

**T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ANADOLU'DA ORTAÇAĞ DEMİR METALÜRJİSİ:
KUBAD ABAD, SAMSAT, KİNET HÖYÜK,
HİSN AL-TİNAT VE YUMUKTEPE KAZI BULUNTULARI**

Doktora Tezi

**Hazırlayan
ÜMİT GÜDER**

**Tez Danışmanı
PROF. DR. AYŞE ÇAYLAK TÜRKER**

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT TARİHİ ANABİLİM DALI

ANADOLU'DA ORTAÇAĞ DEMİR METALÜRJİSİ:
KUBAD ABAD, SAMSAT, KİNET HÖYÜK, HİSN AL-TİNAT VE YUMUKTEPE KAZI
BULUNTULARI

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan
Ümit GÜDER

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ayşe ÇAYLAK TÜRKER

Ek Danışman
Prof. Dr. Ünsal YALÇIN

Bu çalışma TÜBİTAK 2214/A Doktora Sırası Yurtdışı Araştırma Burs Programı tarafından desteklenmiştir.

Çanakkale – 2015

TAAHHÜTNAME

Doktora Tezi olarak sunduğum "Anadolu'da Ortaçağ Demir Metalürjisi: Kubad Abad, Samsat, Kinet Höyük, Hisn al-Tinat ve Yumuktepe Kazı Buluntuları" adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

07/12/2015

Ümit GÜDER



Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne
Ümit GÜDER'e ait Anadolu'da Ortaçağ Demir Metalürjisi:
Kubadabad, Samsat, Kinet Höyük, Hisn al-Tinat ve Yumuktepe Kazı
Buluntuları adlı çalışma, jürimiz tarafından Sanat Tarihi Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİ olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



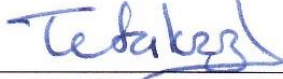
Üye Prof. Dr. Ayşe ÇAYLAK TÜRKER

(Danışman)

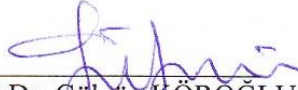


Üye Prof. Dr. Ünsal YALÇIN

(Ek Danışman)



Üye Prof. Dr. Turan TAKAOĞLU



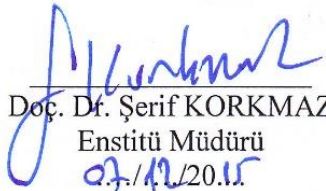
Üye Prof. Dr. Gülgün KÖROĞLU



Üye Prof. Dr. Ali Osman UYSAL

Tez No : 10035031
Tez Savunma Tarihi : 02.11.2015

ONAY



Doç. Dr. Şerif KORKMAZ
Enstitü Müdürü
02/11/2015

Canım Aileme...

an meine liebe Familie...

ÖZET

Arkeolojik kazı çalışmalarında Demir Çağı sonrası tabakalarda ele geçen metal buluntular arasında sayıca en kalabalık grubu oluşturan demir objeler kolaylıkla korozyona uğraması, restorasyon ve koruma süreçlerinin zahmetli olması nedenleriyle arkeologlar ve sanat tarihçileri tarafından çalışılması zor malzemeler olarak görülmektedir. Demir buluntular üzerinde yapılan arkeometalürjik incelemeler bu tip malzemelerden, arkeolojik ve tarihsel soruların cevaplanmasında çok değerli bilgiler elde edilmesini sağlamaktadır.

Bu doktora tez çalışması ile Anadolu'da beş kazı alanının Ortaçağ tabakalarında ele geçmiş olan demir buluntular başta metalografi olmak üzere çeşitli arkeometalürjik yöntemlerle incelenmiş, bu buluntuların üretimlerinde kullanılan malzemeler ve yöntemler tespit edilmiştir. Şekillendirme işlemleri tamamlanmış demir ürünlerin yanı sıra demirci başlangıç malzemeleri, cürufklar ve luppe artıkları gibi metalürjik buluntular da çalışmaya dâhil edilerek üretim süreçlerinin detaylarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Demir içerikli buluntuların ele geçtiği Kubad Abad, Samsat, Yumuktepe, Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat kazı alanlarının seçiminde farklı teknolojik kültürlerle sahip olabilecek topluluklara ait tabakaların bulunmasına dikkat edilmiştir. Böylelikle Anadolu'da Ortaçağ demir metalürjisinin ana hatlarının ortaya konması amaçlanmıştır.

Buluntuların türlerine göre ayrılarak incelenmesi ile elde edilen sonuçlar demir üretiminin ve şekillendirmesinin tarihi ile ilgili arkeolojik, arkeometalürjik, tarihsel ve deneysel çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesi ile Anadolu'da Ortaçağ'da doğrudan izabe yöntemi ile üretilmiş luppenin en çok kullanılan üretim malzemesi türü olduğu görülürken yüksek karbonlu pota çeliğinden üretilmiş kesici aletlere Anadolu Selçuklu kültürel tabakalarını içeren Kubad Abad ve Samsat'tan incelenen örnekler arasında rastlanmıştır. Kesici aletlere ek olarak okucu, mızrak ucu, çivi, nal ve kullanım amaçları tespit edilemeyen buluntuların üretiminde kullanılan çeşitli teknikler ve uygulanan ısı işlemler sınıflandırılarak kazı alanlarına göre dağılımları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arkeometalürji, Arkeometri, Demir, Çelik, Ortaçağ, Metalografi, Kubad Abad, Samsat, Yumuktepe, Kinet Höyük, Hisn al-Tinat.

SUMMARY

Iron finds which create the greatest group in whole metal finds revealed from cultural levels dated post Iron Age in archaeological excavations, are seen as difficult materials to study due to their tendencies to corrode and difficulties to be restored and conserved by archaeologists and art historians. On the other hand archaeometallurgical studies realised on iron finds help to gain precious information to answer several archaeological and historical questions.

With this dissertation study, iron finds from Medieval cultural levels of five Anatolian excavation sites were examined using archaeometallurgical techniques, in particular metallography. At the end of this study on iron finds, the production methods and materials were identified. In addition to the inspections on iron products, by analysing forgers' starting materials and metallurgical finds like luppe pieces and slags, it is aimed to find out the details of production processes. During selection of the archaeological sites; Kubad Abad, Samsat, Yumuktepe, Kinet Hoyuk ve Hisn al-Tinat, it is attented that they have cultural levels belonging to societies which might have had different technological cultures. Thus it is targeted to present the general overview of iron metallurgy in Medieval Anatolia.

The results which were handled by analysing finds, categorized according to their types, were compared to archaeological, archaeometallurgical, historical and experimental studies related to history of iron production and processing. After evaluation of results it is found out that in Medieval Anatolia the most preferred production materials were blooms coming from direct production method. Nevertheless cutting tools made of high carbon crucible steel were detected from the iron finds of Anatolian Seljuks in Kubad Abad and Samsat. In this study addition to knives, the variety of production and processing techniques used for arrowheads, spearheads, nails, horse shoes and some unidentified objects were presented with classifications and distribution to the excavation sites.

Keywords: Archaeometallurgy, Archaeometry, Iron, Steel, Middle Ages, Metallography, Kubad Abad, Samsat, Yumuktepe, Kinet Hoyuk, Hisn al-Tinat.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR CETVELİ	vi
RESİMLER LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
TABLolar LİSTESİ	xvi
PLANLAR LİSTESİ	xvii
EKLER LİSTESİ	xviii
ÖNSÖZ	xix
GİRİŞ	1
1. Araştırmanın Amacı, Niteliği ve Kapsamı	1
2. Araştırmanın Yöntemi.....	2
3. Konuyla İlgili Kaynak ve Yayınlar.....	2
4. Tezin Bölümleri	3
BÖLÜM I	
DEMİRİN ÖZELLİKLERİ, ÜRETİMİ VE TARİHİ	5
1.1 Demirin Fiziksel Özellikleri	5
1.2 Demirin Kaynakları	5
1.3 Demir Cevherinin Anadolu'da Dağılımı	7
1.4 Demir Alaşımları ve Sınıflandırılması	8
1.5 Demir Üretim Yöntemleri.....	12
1.5.1 Doğrudan İzabe Yöntemi	12
1.5.2 Dökme Demir Üretimi	14
1.5.3 Pota Çeliği	16
1.6 Demircilik İşlemleri ve Metalürjik Uygulamalar	18
1.6.1 Sıcak kaynak	19
1.6.2 Su Verme	19
1.6.3 Menevişleme	20
1.6.4 Soğuk dövme	20
1.6.5 Karbürleme.....	21
1.7 Anadolu'da Demirin Tarihi.....	22
BÖLÜM II	
ANALİTİK SÜREÇ VE METODOLOJİ	25
2.1 Kazı Alanlarının Seçimi.....	25
2.2 İncelenecek Buluntuların Seçimi.....	26
2.3 Buluntu Türleri ve Sınıflandırılması	27
2.3.1 Kesici Aletler.....	27
2.3.2 Okuçları – Mızrak uçları	29
2.3.3 Çiviler	33
2.3.4 Metalürjik Buluntular	33
2.3.5 Cüruf Kalıntıları.....	35
2.4 Numune Hazırlık Süreci.....	35

2.5	Uygulanan Arkeometrik Analiz Yöntemleri	37
2.5.1	Metalografi.....	38
2.5.2	Taramalı Elektron Mikroskopu ve Enerji Dağılımlı X Işını Spektrometresi .	40
2.5.3	Mikro-Sertlik Analizi	41
2.5.4	İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma ve Kütle Spektrometresi.....	41
2.5.5	X-Işını Toz Kırınımı.....	41
BÖLÜM III		
KAZI ALANLARI ve BULUNTULAR ÜZERİNDE UYGULANAN ANALİZLER	43	
3.1	Kubad Abad.....	43
3.1.1	İnceleme İçin Seçilen Buluntular	44
3.1.2	Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler	45
3.2	Samsat	94
3.2.1	İnceleme İçin Seçilen Buluntular	96
3.2.2	Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler	98
3.3	Yumuktepe	111
3.3.1	İnceleme İçin Seçilen Buluntular	112
3.3.2	Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler	113
3.4	Kinet Höyük	126
3.4.1	İnceleme İçin Seçilen Buluntular	129
3.4.2	Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler	130
3.5	Hisn al-Tinat	159
3.5.1	İnceleme İçin Seçilen Buluntular	161
3.5.2	Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler	162
BÖLÜM IV		
ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	190	
4.1	Kesici Aletler	190
4.1.1	Üretim Yöntemlerine Göre	191
4.1.2	Metal Gövde Kimyasal Analizlerine Göre	197
4.1.3	Cüraf Kalıntıları Kimyasal Analizlerine Göre	199
4.1.4	Sertlik Değerlerine Göre	202
4.1.5	Genel Değerlendirme.....	204
4.2	Okucu - Mızrak Ucu	205
4.2.1	Üretim Yöntemlerine Göre	205
4.2.2	Metal Gövde Kimyasal Analizlerine Göre	210
4.2.3	Cüraf Kalıntıları Kimyasal Analizlerine Göre	211
4.2.4	Sertlik Değerlerine Göre	214
4.2.5	Genel Değerlendirme.....	215
4.3	Çiviler	217
4.3.1	Üretim Yöntemlerine Göre	217
4.3.2	Metal Gövde Kimyasal Analizlerine Göre	220
4.3.3	Cüraf Kalıntıları Kimyasal Analizlerine Göre	221
4.3.4	Sertlik Değerlerine Göre	222
4.3.5	Genel Değerlendirme.....	223
4.4	Bilinmeyen Objeler.....	224
4.4.1	Üretim Yöntemlerine Göre	225
4.4.2	Metal Gövde Kimyasal Analizlerine Göre	225
4.4.3	Cüraf Kalıntıları Kimyasal Analizlerine Göre	226
4.5	Metalürjik Buluntular	226
4.5.1	Oluşum Süreçlerine Göre	226

4.5.2	Kimyasal Analizlerine Göre.....	229
4.5.3	Genel Değerlendirme.....	232
4.6	Demir - Çelik Üretim Yöntemleri ve Ara Ürünler.....	233
4.7	Ortaçağ'da Anadolu'da Kullanılan Metalürjik Uygulamalar.....	234
4.7.1	Karbürleme (Kabuk Sertleştirme).....	234
4.7.2	Katmanlı Çelik.....	235
4.7.3	Sıcak Kaynak.....	235
4.7.4	Su verme.....	236
4.7.5	Menevişleme.....	236
4.7.6	Soğuk Dövme.....	237
4.7.7	Desenli Kaynak.....	237
4.7.8	Pota Çeliği Şekillendirme.....	237
4.7.9	Ekstrüzyon.....	238
SONUÇ	239
KAYNAKÇA	241
EKLER	248

KISALTMALAR CETVELİ

ASTM	: American Society for Testing and Materials.
Bkz.	: Bakınız.
Çev.	: Çevirmen, Çevirmenler.
Ed.	: Editör, Editörler.
EDX	: Enerji Dağılımlı X Işını Spektrometresi (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy).
HMK	: Hacim Merkezli Küp.
ICP-MS	: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma- Kütle Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry).
KH	: Kinet Höyük.
KU	: Kubad Abad.
MÖ	: Milattan Önce.
MS	: Milattan Sonra.
No	: Numara.
SA	: Samsat.
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopu (Scanning Electron Microscope).
SEM-BSD	: Taramalı Elektron Mikroskopu Geri Saçımlı Elektron Algılayıcısı (Scanning Electron Microscope- Back Scattered Electron Detector).
SEM-SE	: Taramalı Elektron Mikroskopu İkincil Elektron Algılayıcısı (Scanning Electron Microscope- Secondary Electron Detector).
TF	: Tüpraş Field (Hisn al-Tinat kazı alanına verilen isim).
YMK	: Yüzey Merkezli Küp.
YT	: Yumuktepe.
XRD	: X-Işını Toz Kırınımı (X-Ray Diffraction).

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1.1.a) Eş eksenli ferrit taneleri b) Martensit görünümü.	11
Resim 1.2.a) Perlitli çelik b) Widmanstatten ferrit ve dejenere perlit.	11
Resim 1.3.a) Üstten çekişli izabe fırınının yüklenme sonrası yanmadan önceki görünümü	
b) Aynı fırının yanma sonrası içeriğinin görünümü.	13
Resim 1.4. 15. Yüzyıl bir yazmada Çin tipi yüksek fırın.	15
Resim 1.5. Orta Asya'da (solda) ve Güney Asya'da (sağda) kullanılan pota türleri.....	17
Resim 1.6. Karagündüz oda mezarlarında bulunmuş çeşitli demir bilezik, halhal ve halkalardan genel bir görünüm....	23
Resim 2.1. Formlarına ve içeriklerine göre cüruf kalıntıları.	35
Resim 2.2.a) Kesilen numunelerin bakalite gömülmeden önce ve b) Gömülme, zımparalama işleminden sonraki görünümü.	36
Resim 2.3.a) Cürufumsu malzemeden hazırlanan toz numune b) Metal içerikli cürufumsu malzemeden soğuk gömme yöntemi ile hazırlanmış metalografi numunesi.	37
Resim 2.4. Metalografi incelemesinde kullanılan ekipmanlar.	39
Resim 2.5. İçyapı görüntüsünde mikro-cetvelle tane boyutlarının ölçümü.	39
Resim 2.6.a) Ötektik öncesi ferrit ve perlitli içyapı b) Bu içyapının siyah-beyaz görünümü.	40
Resim 2.7. Toz Numunelerin incelendiği XRF ekipmanı.	42
Resim 3.1. Kubad Abad Küçük Saray'da yapılan arkeolojik çalışmalar.	44
Resim 3.2. KU No.04-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	46
Resim 3.3.a) İçyapıyı oluşturan yönlenmiş sementit adaları ve homojen fon b) Sementit adaları arasında oluşan mikro-boşluklar ve fonu meydana getiren küreselleşmiş perlitli yapının SEM-SE görüntüsü.	47
Resim 3.4. KU No.04-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	48
Resim 3.5. Korozyon sınırında oksitlenmemiş sementitler.....	48
Resim 3.6.a) KU No.07-A ve b) KU No.07-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	50
Resim 3.7.a) Resim 3.6.a'da yer alan 1 numarada iğne martensit ve dönüşmemiş östenit b) 2 numarada birleşme sınırına yakın uzamış cüruf kalıntıları düşük karbonlu perlit, orta karbonlu perlit ve martensit ve c) 3 numarada birleşme sınırının solunda <i>iri</i> taneli ferrit.	50
Resim 3.8.a) KU No.07-B iğne martensit bölgesi b) Aynı numunede cüruf kalıntılarını takip eden mikro çatlak.	51
Resim 3.9.a) Metalografi incelemesinde açık renkli olarak görülen bölge ve düşük karbonlu perlitli bölgenin SEM görüntüsü b) Aynı bölgenin EDX çizgisel taramasında C ve Mn derivasyonu.	52
Resim 3.10. KU No.11-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	54
Resim 3.11.a) Ötektik öncesi ferrit, ince perlitli taneler ve bazılarının içinde martensit b) Ortada martensitli bölgenin her iki tarafındaki muhtemel kaynak çizgilerinin perlitli bölge ile sınır oluşturması.	54
Resim 3.12. KU No.11-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	55
Resim 3.13.a) Martensitli bölgede yer yer dönüşmemiş östenitler b) İğne martensitler arasında dağlayıcıdan etkilenmemiş beyaz çizginin SEM görüntüsü.....	55

Resim 3.14.a) KU No.14 kodlu numune ve görüntü alınan bölgeler b) Numunede 1 ile gösterilen bölgenin dağlanmamış görüntünde uzamış çok fazlı cüruf kalıntıları.	57
Resim 3.15.a) 1 numaralı bölgenin ve b) 2 numaralı bölgenin dağlanmış görüntüleri c) Birbirlerine paralel sementit plaka gruplarının SEM-SE görüntüsü d) Aynı yapıda uzamış bir cüruf kalıntısı (sağda).	58
Resim 3.16. KU No.06-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	60
Resim 3.17.a) İki farklı boyuta sahip ferrit taneleri ve korozyonlu cüruf kalıntıları b) Küresel tek fazlı ve çok fazlı (vüstit-cam) cüruf kalıntılarının SEM görüntüsü.	61
Resim 3.18. KU No.06-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	62
Resim 3.19. KU No.08-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	64
Resim 3.20.a) Büyük taneli ferritlerin sınırlarındaki perlit oluşumları b) Numunenin yüzeye yakın bölümünde karbonca zengin bölge.	64
Resim 3.21. KU No.08-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	65
Resim 3.22.a) KU No.09-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) Solda eş eksenli sağda Widmanstatten görünümünde ferrit taneleri.	66
Resim 3.23. KU No.09-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	66
Resim 3.24. Resmin sol tarafında ortalama karbon oranı %0,2'ye yaklaşan bölge ve sağda karbon oranı sıfır olan ferritli bölge.	67
Resim 3.25.a) KU No.09-C dağlanma sonrası görünümü b) Korozyon bölgesine yakın Widmanstatten ferrit taneleri.	68
Resim 3.26. KU No.10-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	69
Resim 3.27.a) Bozulma (dejenere) eğiliminde ince perlitler ve zincir ferrit taneleri b) Sağda birleşme sınırına yakın ferrit taneleri.	69
Resim 3.28. KU No.10-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	70
Resim 3.29.a) Solda ince perlit yoğunluklu bölge sağda ferrit tanesi artmaktadır b) Deformasyona uğramış perlit ve ferrit taneleri.	70
Resim 3.30. KU No.12-A dağlanma öncesi ve sonrası.	71
Resim 3.31.a) SEM-BSD görüntüsünde uzamış cüruf kalıntıları b) Tane büyüklükleri ve cüruf kalıntısı yoğunluğu açısından farklılıkları olan iki bölge.	72
Resim 3.32. KU No.12-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	72
Resim 3.33.a) Eş eksenli sıfır karbonlu ferritli yapı b) Kalın cüruf tabakasının açılı ve çok fazlı görünümü.	73
Resim 3.34. KU No.15 kodlu numunenin dağlanma sonrası görünümü.	74
Resim 3.35.a) <i>Küçük</i> ve <i>iri</i> boyutlu ferrit taneleri b) Karbürleme sonucu oluşan perlitli bölgeler.	75
Resim 3.36. KU No.01-A dağlanma sonrası görünümü.	76
Resim 3.37.a) İç bölgedeki eşkesenli ferrit taneleri ve tane sınırlarındaki perlit adacıkları b) Kesitin tek yüzeyinde karbon difüzyonu ve perlit oluşumu.	76
Resim 3.38. KU No.01-B dağlanma sonrası görünümü.	77
Resim 3.39.a) Gövdeyi oluşturan çeşitli boyutlara ve formlara sahip ferrit taneleri ve yarı küresel cüruf kalıntıları b) Karbürleme bölgesinde ötektik kompozisyondaki ince perlitli bölge.	77
Resim 3.40. KU No.02-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	78
Resim 3.41. KU No.02 kodlu numunenin baş bölgesine ait kesit ve dağlanmış halii.	79
Resim 3.42. Aynı yönde deforme olmuş ferrit taneleri.	79
Resim 3.43. KU No.03-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	80
Resim 3.44.a) Uzamış, tek fazlı cüruf kalıntısı b) Genel yapıya hâkim ferrit ve perlit birlikteliği.	81
Resim 3.45.a) Kenarlarda karbürizasyon sonucu oluşan ötektik civarı kompozisyon b) Aynı bölgenin dağlanmadan önceki halinde tek fazlı çok açılı cüruf kalıntıları.	81

Resim 3.46.a) KU No.05-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) KU No.05-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	82
Resim 3.47.a) Genel yapıya hâkim eş eksenli ferrit taneleri b) Numunenin alt kenarında kaba perlit oluşumları.....	82
Resim 3.48.a) Kenarda karbürizasyon nedeniyle var olan perlit oluşumları ve sınırdan uzaklaştıkça sementit ağları b) Ferrit-perlit sınırında görülen cüruf kalıntısının SEM görüntüsü.....	83
Resim 3.49. KU No.13 kodlu numunenin dağlanma sonrası görünümü.....	84
Resim 3.50.a) KU No.13 kodlu numunede yaklaştıracı merceklerle görüntü alınan bölgeler b) 1 numaralı bölgede orta ve az karbonlu bölgelerin birleşim sınırı dağlanma sonrası görünümü c) 2 numaralı bölgede eş eksenli ferrit taneleri ve tane sınırlarında perlit oluşumları d) 3 numaralı bölgede iri perlit taneleri aralarında Widmanstateren görünümü ferrit oluşumları.....	85
Resim 3.51.a) KU-CU No.06 kodlu numunenin dağlanmamış görüntüsü b) Aynı numunenin dağlanmış görüntüsünde Widmanstateren ferrit ve perlit taneleri.....	87
Resim 3.52.a) KU-CU No.02 kodlu numunede görüntü alınan noktalar b) KU-CU No.13 kodlu numunede görüntü alınan noktalar.....	88
Resim 3.53.a) KU-CU No.02 kodlu numunede 1 numaralı noktanın dağlanmış görüntüsü b) KU-CU No.02 kodlu numunede 2 numaralı noktanın dağlanmış görüntüsü.....	89
Resim 3.54.a) KU-CU No.13 kodlu numunede 1 numaralı noktanın dağlanmış görüntüsünde vüstit - metalik demir dönüşümü b) KU-CU No.02 kodlu numunede 2 numaralı noktanın dağlanmış görüntüsü.....	89
Resim 3.55.a) KU-CU No.11 kodlu cüruf b) Aynı cürufun ince kesitinde yumrular ve dendritler halindeki vüstit yapıları.....	91
Resim 3.56.a) KU-CU No.08 kodlu cüruf ince kesitinde korozyona uğramış demir pulları plakaları ve odun kömürü kalıntıları b) KU-CU No.10 ince kesitinde bir önceki yapıya benzer oluşumlar gözlemlenmiştir.....	91
Resim 3.57.a) KU-CU No.07 kodlu cüruf ince kesitinde uzun dendritik vüstit kristalleri b) Vüstitlerin arka fonunda cam ve manyetit kristalleri.....	92
Resim 3.58. Eski Samsat ilçe merkezi, Samsat höyüğü.....	94
Resim 3.59. Samsat okuçlarının Prof. Dr. Erkanal tarafından yapılmış tipolojik sınıflandırması.....	97
Resim 3.60. SA No.13-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	98
Resim 3.61.a) Dağlanmamış numunenin korozyon ve metal bölgesi b) Dağlanma esnasında asitten farklı oranlarda etkilenecek renklenmiş bölgeler c) Yönlenmiş yarı yumrulaşmış sementit adacıkları d) Sementit adacıklarının aralarına yerleşmiş cüruf kalıntıları ve yarı yarıya yumrulaşmış perlitik fon.....	99
Resim 3.62. SA No.13-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	100
Resim 3.63.a) Dağlanmış metalde ve korozyon alanlarında sementit uzanımları b) Sementit adacıklarının aralarına yerleşmiş cüruf kalıntıları ve nerdeyse tamamen yumrulaşmış perlitli fon.....	101
Resim 3.64. SA No. 07-A iğne kesiti tahmini dövme eksenleri.....	102
Resim 3.65.a) SA No.02-B ve b) SA No.04-A dağlanma öncesi görünümünde açılı cüruf kalıntılarının bazı bölgelerde yoğunlaşması.....	103
Resim 3.66.a) SA No.01-A ve b) SA No.04-B dağlanma sonrası görünümünde iri ferrit taneleri (üstte) ve küçük ferrit taneleri (altta).....	104
Resim 3.67.a) SA No.03-B dağlanmış görüntüsünde tane sınırları içerisindeki iğnesel çökelti b) Tane sınırları arasındaki çökelti SEM-SE görünümü.....	104
Resim 3.68. SA No.02-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	105

Resim 3.69. Karbürlemeden etkilenmiş bölgede ince perlit ve ötektoid öncesi ferrit ağları.	105
Resim 3.70.a) Cüruf kalıntılarının oluşturduğu yükseltiller b) cüruf kalıntılarının gövdede oluşturduğu oyuklar.	106
Resim 3.71.a) SA No.08-A kodlu numunede cüruf kalıntıları b) SA No.09-A'da benzer cüruf kalıntılarının SEM-SE görünümü.	106
Resim 3.72.a) SA No.11-B kodlu numuneyi çevreleyen kalın korozyon tabakası b) SA No.07-B'de gelişen korozyon nedenli büyük çatlak.	107
Resim 3.73.a) SA No.07-A dağlanma sonrası görünümü b) Aynı numunenin kenarında <i>iri</i> ve <i>küçük</i> ferrit taneleri.	107
Resim 3.74.a) SA No.10-B korozyon sınırında ince perlit ve ötektoid öncesi ferrit b) SA No.09-B üst korozyon sınırında ötektoid öncesi sementit.	108
Resim 3.75. SA No.12 numunelerin korozyonlu içyapısı.	109
Resim 3.76. a) KU No.04'de korozyonun sementit kitlelerini etkileyişi b) SA No.12'nin korozyona uğramış içyapısında sağda muhtemel perlitli bölgeye ait hayalet yapı.	110
Resim 3.77. Tamamen korozyona uğramış demir kerpeten.	113
Resim 3.78. YT No.01'in sırt kısmında çakma yöntemi ile oluşturulmuş dalga motifi.	114
Resim 3.79. YT No.01-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	115
Resim 3.80.a) Çok fazlı cüruf kalıntısı b) YT No.01-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	115
Resim 3.81. YT No.01-C dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	116
Resim 3.82.a) Beyaz renkli ötektoid öncesi ferrit taneleri b) SEM-SE görüntüsünde ferrit tanelerine ek olarak ince perlit ve martensit yapıları (bunlara ek olarak oksitlenme bulutları).	116
Resim 3.83.a) YT No.08-D'de Dağınık cüruf kalıntıları b) YT 08-B'de oluşmuş çatlak ve büyük oksit havuzu.	118
Resim 3.84. YT No.08-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	119
Resim 3.85. YT No.07 kodlu okucu.	120
Resim 3.86. a) YT No.05-A ve b) YT No.06-A dağlanma sonrası görünümü.	121
Resim 3.87. YT No.05-B içyapısında ferrite ait iki farklı tane boyutu.	121
Resim 3.88.a) YT No.02-A dağlanmamış görüntüsü b) Yaklaştırılmış mercekde deformasyona uğramış ferrit taneleri ve tane sınırlarında az sayıda perlit oluşumları.	122
Resim 3.89. YT No.02-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	123
Resim 3.90.a) YT No.03-A ve b) YT No.09-A dağlanmış görüntülerde <i>iri</i> taneli ferritler.	124
Resim 3.91. YT No.03-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	125
Resim 3.92. Kinet Höyük'ün havadan görünüşü.	126
Resim 3.93. Kinet Höyük'te ısıtma işlemlerinde kullanılmış ocak kalıntıları.	128
Resim 3.94.a) KH No.13 kodlu örnekte balçak bölümü b) KH No.16 kodlu tamamen korozyona uğramış örneğin kesiti.	131
Resim 3.95. KH No.03-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	132
Resim 3.96.a) Ötektoid öncesi ferrit ve ince perlit taneleri b) Ağza yakın bölümde yumrulaşma eğiliminde perlit ve ötektik kompozisyonun aşıldığını gösteren muhtemel sementitlere ait daha kütleli yumrular.	133
Resim 3.97. KH No.03-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	133
Resim 3.98.a) Koyu renkli korozyonlu bölgelerde okside olmamış açık renkli yapılar b) Aynı yapıların SEM-BSD görünümü.	134
Resim 3.99. KH No.06-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	135
Resim 3.100. KH No.10-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	136
Resim 3.101.a) Perlitli çelik yapısı b) Aynı yapının SEM-SE görünümü.	137

Resim 3.102. KH No.10-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	137
Resim 3.103.a) İnce perlitli çelik yapısı b) Aynı yapının SEM-SE görünümü.	138
Resim 3.104. İlk resimde görülen cüruf kalıntısının içeriğindeki yüksek sülfür, mangan ve düşük demir.	138
Resim 3.105. KH No.11-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	139
Resim 3.106.a) Widmanstatten ferrit ve dejenere perlitli bölüm b) İnce perlit ve yumrulaşmış perlitli bölüm.....	140
Resim 3.107. Ağız bölgesinde menevişlenmiş martensit görüntüsü.	140
Resim 3.108. KH No.13-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	141
Resim 3.109. KH No.13-B dağlanma sonrası görünümü.	142
Resim 3.110.a) Martensite dönüşmüş perlit taneleri ve ötektoid öncesi ferrit b) Benzer bir bölgenin SEM-SE görünümü.....	142
Resim 3.111.a) KH No.13-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) Katmanlar halindeki farklı karbonlu yapılar.....	143
Resim 3.112. KH No.15-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	144
Resim 3.113.a) Martensite dönüşmüş perlitli bölge b) Aynı bölgenin SEM-SE görünümü.	144
Resim 3.114.a) Korozyon nedeniyle kırılmış kesici aletin kesiti b) Kesici aletin farklı bir bölümündeki kesit.	145
Resim 3.115. KH No.04-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	146
Resim 3.116.a) KH No.04-A kodlu numunede perlitli kabuk b) KH No.07-A kodlu numunede karbürleme sonucu gelişen perlitli yapı.....	146
Resim 3.117.a) KH No.09-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) Aynı numunede karbürleme bölgesi.	147
Resim 3.118.a) KH No.09-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) Aynı numunede karbürleme bölgesi.	148
Resim 3.119.a) Eş eksenli ferrit ve sınırlarında <i>küçük</i> perlit taneleri b) Sadece ferrit tanelerinden oluşan bölgede uzamış iki fazlı cüruf kalıntısı.	149
Resim 3.120.a) Karbürleme sonucu ötektik üstüne çıkmış kompozisyona ait içyapı b) Aynı yapının SEM-SE görüntüsünde yumrulaşmış eğilimli perlit.	149
Resim 3.121.a) KH No.02-A'da farklı tane boyutlarına sahip ferritli yapı ve uzamış cüruf kalıntıları b) Aynı özellikteki yapıların KH No.02-B'deki görünümü.	150
Resim 3.122.a) KH No.02-A'da deforme olmuş ferrit taneleri b) KH No.02-B'deki deforme olmuş tanelerin SEM-SE görünümü.	151
Resim 3.123. KH No.01-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.	152
Resim 3.124. KH No.01-C'de karbonitrit iğneleri ve Neumann bantları.....	153
Resim 3.125.a) KH No.18-A'nın dağlanmış içyapısı b) Çoğunluğu orta boyutta eş eksenli ferrit taneleri.....	154
Resim 3.126.a) Korozyonun etkilediği KH-CU No.01 b) Aynı durumdan etkilenmiş olan KH-CU No.02.....	155
Resim 3.127.a) KH- CU No.03'te bir kısmı indirgenerek metalik demir oluşturmuş vüstit ağırlıklı bölge b) KH-CU No.05'de iri vüstit dendritleri.	156
Resim 3.128.a) KH-CU No.07'de köşeli manyetit kristalleri b) KH-CU No.08'de iri vüstit yapılarının korozyondan etkilenişi.	156
Resim 3.129. TF No.12 kodlu bıçağın kabza bölümü ve kaplama bağlantı çivisinin üstten görünüşü.....	162
Resim 3.130. TF No.07-A dağlanma sonrası görünümü.....	163
Resim 3.131. TF No.07-B dağlanma sonrası görünümü.....	164
Resim 3.132. TF No.07-C dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	164

Resim 3.133.a) TF No.07-C ferritli tanelerin birleşim bölgesindeki kaynak kumu cüruflarının SEM-SE görüntüsü b) Cüruf kalıntıları arasında zikzak yapan su verme çatlağı.	165
Resim 3.134. TF No.11-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	166
Resim 3.135.a) TF No.12-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) Orta karbonlu bölgelerde ince perlit – Widmanstatten ferrit yapıları.....	166
Resim 3.136. TF No.12-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	167
Resim 3.137.a) TF No.12-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) Korozyona uğramamış bölgede değişik boyutlara sahip ferrit taneleri.....	167
Resim 3.138.a) TF No.12-D dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) Orta karbonlu bölge ile çevrelenmiş <i>çok iri</i> taneli ferritler.....	168
Resim 3.139.a) Büyük taneli perlitlerde muhtemel martensit dönüşümü b) Sırtta yakın bölgedeki ferrit tanelerinde Neumann bantları.....	169
Resim 3.140. TF No.01-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	170
Resim 3.141.a) Ötektik kompozisyona yakın çelik bölgesi b) Saf demir bölgesi.....	171
Resim 3.142.a) TF No.01-C dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) TF No.01-B ince perlitli yapıların SEM-SE görünümü.....	171
Resim 3.143. TF No.02-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	173
Resim 3.144.a) TF No.08-B dağlanma sonrası heterojen az karbonlu bölgeler b) TF No.08-A az karbonlu yapı.....	173
Resim 3.145.a) TF No.03-A kodlu numunenin dağlanma öncesi görünümü b) Aynı bölgenin dağlanma sonrası görünümü.....	174
Resim 3.146. TF No.03-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	175
Resim 3.147. TF No.03-C dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.....	175
Resim 3.148.a) TF No.05-A kodlu numunede taneler arası korozyon b) Karbürlemeden etkilenmiş bölümde ince perlit ve az sayıda sementit iğnesi.....	176
Resim 3.149.a) TF No.13-A kodlu numunede bir bölümün dağlanmamış görüntüsü b) Aynı bölgenin dağlanma sonrası hali.....	178
Resim 3.150.a) TF No.06-A kodlu numunede bir bölümün dağlanmamış görüntüsü b) Aynı bölgenin dağlanma sonrası hali.....	179
Resim 3.151.a) TF No.06-B kodlu numunede bir bölümün dağlanmamış görüntüsü b) Aynı bölgenin dağlanma sonrası hali.....	179
Resim 3.152. TF No.06-B kodlu numunede korozyona uğramamış bölümün dağlanmamış görüntüsü.....	180
Resim 3.153.a) TF No.10-A kodlu numunede bir bölümün dağlanmamış görüntüsü b) TF No.10-B kodlu numunenin dağlanmamış görüntüsü.....	181
Resim 3.154. TF No.10-B kodlu numunede yaklaşıtııcı mercekle gözlenen <i>küçük</i> ve <i>çok küçük</i> taneli ferrit ve perlit yapıları.....	181
Resim 3.155.a) TF No.14-A kodlu numunede yüksek karbonlu bölümün dağlanmamış görüntüsü b) Aynı bölgenin SEM-SE görüntüsünde kalınlaşmış sementit ağ yapısı ve ince perlit taneleri.....	182
Resim 3.156.a) TF No.14-B kodlu numunenin dağlanmamış görünümünde dağınık cüruf kalıntıları b) Aynı numunede dağlanma sonrası dejenere perlit ve Widmanstatten ferrit görünümü.....	183
Resim 3.157.a) TF-CU No.07'den kesilme sonrası görülen demirce zengin bir bölge b) Cürufların ele geçtiği kuzeybatı açmaları TF 09 (aşağıda) ve TF 11 (yukarıda) (Eger 2010).	184
Resim 3.158.a) Kazı alanının güneybatısında bulunan büyük cüruf kütlesi b) Aynı cüruf kütlesinden alınan TF-CU No.01 kodlu cüruf örnekleri.....	185

Resim 3.159.a) TF-CU No.03 kodlu numunede metalik gövde (beyaz) ve cürüflü, korozyonlu bölge (siyah) b) TF-CU No.03 numune grafiğinde işaretlenmiş bölgenin metalografi görüntüsü.....	185
Resim 3.160.a) TF-CU No.07 kodlu numunede metalik gövde (beyaz) ve cürüflü, korozyonlu bölge (siyah) b) TF-CU No.07 numune grafiğinde işaretlenmiş bölgenin metalografi görüntüsü.....	186
Resim 3.161.a) TF-CU No.08 kodlu numunede metalik gövde (beyaz) ve cürüflü, korozyonlu bölge (siyah) b) TF-CU No.08 numune grafiğinde işaretlenmiş bölgenin metalografi görüntüsü.....	186
Resim 3.162.a) TF-CU No.01 kodlu numunede vüstit ağırlıklı yapı b) TF-CU No.06 kodlu numunede vüstit ve metalik demir.....	187

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Demir cevheri oluşumu açısından yoğun bölgelerin Türkiye haritasında gösterimi.	8
Şekil 1.2. Demir-Karbon faz çizelgesi ve farklı türdeki alaşımların renkli gösterimi.	10
Şekil 1.3. Demirin sıcaklığa bağlı olarak renk değişimi.	19
Şekil 2.1. Kazı alanlarının konumunun haritada gösterimi.	26
Şekil 2.2. Kesici alete ait bölümlerin adlandırılması.	28
Şekil 2.3. Kesici aletlerin sırt ve ağız eğimlerine göre sınıflandırılması.	28
Şekil 2.4. Tip C.x, Tip C.y ve Tip C.z kesici aletlerinin bir arada gösterimi.	29
Şekil 2.5. Okucu veya mızrak ucu bölümlerinin adlandırılması.	30
Şekil 2.6. Çalışma kapsamında incelenen okucu-mızrak uçlarının ağırlıkları.	31
Şekil 2.7. Okucu ve mızrak uçlarının formlarına göre sınıflandırılması.	32
Şekil 2.8. Çivilerin baş bölümlerine göre sınıflandırılması.	33
Şekil 2.9. Metalürjik buluntularda görülebilen geometriler.	34
Şekil 3.1. KU.No.07 sertlik haritası.	52
Şekil 3.2. KU No.07 kodlu bıçağın malzeme tasarımı.	53
Şekil 3.3. KU No.12'de yer alan cüruf kalıntılarının SiO_2/FeO oranları.	73
Şekil 3.4. Kubad Abad demirci ocağı cüruflarında Al_2O_3 ve MnO miktarları.	92
Şekil 3.5.a) YT No.01'de yer alan cüruf kalıntılarında $\% \text{FeO}/\% \text{P}_2\text{O}_5$ b) $\% \text{FeO}/\% \text{MnO}$ değişimi.	117
Şekil 3.6. KH No.11'in ağızında yer alan tekrar eden dişler.	131
Şekil 3.7. Kinet Höyük cüruflarının $\text{FeO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ grafiğinde gösterimi.	157
Şekil 3.8. Kinet Höyük cüruflarının $\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{SiO}_2$ grafiğinde gösterimi.	158
Şekil 3.9. Hisn al-Tinat cüruflarının $\text{FeO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ grafiğinde gösterimi.	188
Şekil 3.10. Hisn al-Tinat cüruflarının $\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}$ grafiğinde gösterimi.	189
Şekil 4.1. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen kesici aletlerdeki mangan ve fosfor elementlerinin ağırlıkça yüzde oranları.	198
Şekil 4.2. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen kesici aletlerdeki mangan ve fosfor elementlerinin ağırlıkça yüzde oranlarının üretim yöntemlerine göre gruplanması.	199
Şekil 4.3. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen kesici aletlerdeki cüruf kalıntılarında FeO/SiO_2 oranları.	201
Şekil 4.4. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen kesici aletlerdeki cüruf kalıntılarında SO_3/MnO oranları.	201
Şekil 4.5. Sertlik ölçümlerinde elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerler.	203
Şekil 4.6. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen aletlerdeki mangan ve fosfor elementlerinin ağırlıkça yüzde oranları.	210
Şekil 4.7. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen aletlerdeki alümina ve silika elementlerinin ağırlıkça yüzde oranları.	211
Şekil 4.8. Cüruf kalıntılarının kimyasal analizi sonucu oluşturulan MnO/CaO grafiği.	212
Şekil 4.9. Cüruf kalıntılarının kimyasal analizi sonucu oluşturulan FeO/SiO_2 grafiği.	212
Şekil 4.10. Samsat numunelerinde tespit edilen cüruf kalıntılarında ait kimyasal kompozisyonlara göre SiO_2/FeO ağırlık yüzdesi grafiği.	213
Şekil 4.11. Anortit- SiO_2 - FeO kompozisyon grafiğinde SA No.09 cüruf kalıntılarının yeri.	214
Şekil 4.12. Sertlik ölçümlerinde elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerler.	215

Şekil 4.13. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen aletlerdeki mangan ve fosfor elementlerinin ağırlıkça yüzde oranlar.....	220
Şekil 4.14. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen çivilere ait cüruf kalıntılarında FeO/SiO ₂ oranları.	221
Şekil 4.15. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen üç çivide yer alan cüruf kalıntılarında CaO/SiO ₂ oranları.....	222
Şekil 4.16. Sertlik ölçümlerinde elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerler.	223
Şekil 4.17.a) SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen objelerde yer alan cüruf kalıntılarında SiO ₂ /Al ₂ O ₃ ve b) SiO ₂ /CaO oranlarının grafiksel gösterimi.	226
Şekil 4.18. Cürufların FeO-SiO ₂ -Al ₂ O ₃ grafiğinde gösterimi.	230
Şekil 4.19. Cürufların MgO-SiO ₂ -Al ₂ O ₃ grafiğinde gösterimi.	231
Şekil 4.20. Cürufların MnO-TiO ₂ grafiğinde gösterimi.	231

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Türlerine göre incelenen buluntu sayısı.	27
Tablo 2.2. Kazı alanlarına göre hazırlanan numune türleri ve sayıları.	37
Tablo 2.3. Yapılan analizler ve uygulandıkları numune sayıları.	38
Tablo 2.4. ASTM standartlarına göre tane boyutları ve tanımları.	39
Tablo 3.1. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.	45
Tablo 3.2. Resim 4.15.d'de yer alan cüruf kalıntısının SEM-EDX analizi.	59
Tablo 3.3. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.	97
Tablo 3.4. Numune A'da cüruf kalıntıları kimyasal kompozisyonu.	99
Tablo 3.5. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.	113
Tablo 3.6. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.	130
Tablo 3.7. Hisn al-Tinat'ta bulunan fazların tarihsel dönemleri.	160
Tablo 3.8. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.	162
Tablo 4.1. Kullanılan malzemeler ve üretim yöntemlerine göre kesici aletler.	191
Tablo 4.2. Kesici aletlerde yapılan arkeometrik analiz bulguları.	192
Tablo 4.3. Cevher, odun kömürü ve fırın/ocak duvarlarındaki elementlerin üretim yöntemlerine göre davranışları.	197
Tablo 4.4. Cüruf kalıntılarındaki oksitlerin muhtemel kaynakları.	200
Tablo 4.5. Okucu ve mızrak uçlarında yapılan arkeometrik analizlerin bulguları.	206
Tablo 4.6 (Tablo 5.5 devamı) Okucu ve mızrak uçlarında yapılan arkeometrik analizlerin bulguları.	207
Tablo 4.7. Kullanılan malzemeler ve üretim yöntemlerine göre okuçları ve mızrak uçları.	208
Tablo 4.8. Çivilerde yapılan arkeometrik analizlerde elde edilen bulgular.	218
Tablo 4.9. Kullanılan üretim malzemelerine göre çiviler.	219
Tablo 4.10. Bilinmeyen objelerde yapılan arkeometrik analizlerin bulguları.	224
Tablo 4.11. İçerikleri ve formlarına göre metalürjik buluntular.	227

PLANLAR LİSTESİ

Plan 3.1. Kubad Abad arkeolojik kazılarında ortaya çıkarılan bazı yapıların yerleşim planı ve çalışma kapsamında incelenen buluntuların yerleri.	45
Plan 3.2.a) Samsat Höyüğü kazı açmaları ve Kule'nin yeri b) Kule'nin planı ve okuçlarının bulunduğu oda.	96
Plan 3.3. Demir objelerin bulunduğu ve metinde bahsi geçen zirve açmaları: M-N-O-P 17, M-N 16.	112
Plan 3.4. Kinet Höyük kazı planı ve incelenen buluntuların çıkarıldığı açmalar.	129
Plan 3.5. Hisn al-Tinat kazı planı ve incelenen buluntuların çıkarıldığı açmalar.	161

EKLER LİSTESİ

- EK 1.** Çalışma kapsamında incelenen Kubad Abad kazı alanında ele geçmiş buluntular.
- EK 2.** Çalışma kapsamında incelenen Samsat kazı alanında ele geçmiş buluntular.
- EK 3.** Çalışma kapsamında incelenen Yumuktepe kazı alanında ele geçmiş buluntular.
- EK 4.** Çalışma kapsamında incelenen Kinet Höyük kazı alanında ele geçmiş buluntular.
- EK 5.** Çalışma kapsamında incelenen Hisn al-Tinat kazı alanında ele geçmiş buluntular.
- EK 6.** Numunelerin metal gövdelerinde yapılan Enerji Dağılımlı X Işını Spektrometresi (EDX) analizlerinde elde edilen en düşük (Min), en yüksek (Maks) ve ortalama değerler.
- EK 7.** Numunelerin metal gövdelerinde yapılan mikro sertlik testlerinde ölçülen en düşük (Min), en yüksek (Maks) ve Ortalama değerler (Ortalama değerlerde noktadan sonrası yuvarlanmıştır).
- EK 8.** Cürüflardan hazırlanan toz numunelerde uygulanan ICP-MS analizinde tespit edilen oksitlerin ağırlık yüzdeleri.
- EK 9.** Cürüflardan hazırlanan toz numunelerde uygulanan XRD analizi sonucu tespit edilen mineraller.

ÖNSÖZ

Prof. Dr. Ayşe Çaylak Türker ve Doç. Dr. Alptekin Yavaş'a tezimi arkeometalürji alanında hazırlamam konusunda beni cesaretlendirdikleri, Prof. Dr. Ünsal Yalçın'a bu yolda yön gösterici ve destekleyici olduğu, Prof. Dr. Rüçhan Arık, Prof. Dr. Gülgün Köroğlu, Doç. Dr. Marie Henriette-Gates, Dr. Scott Redford, Dr. Asa Eger'e kazı malzemelerini çalışmam konusundaki izinleri ve kazı alanlarıyla ilgili sorularımı yanıtızsız bırakmadıkları, Dr. Cem Taşan ve Prof. Dr. Dierk Raabe'ye çalışmaya yakın ilgileri ve yardımları için teşekkür ederim. En önemlisi eşime ve aileme, çalışmalar esnasındaki yokluğumu çocuklarıma hissettirmedikleri için şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleşmesi bazı kurumsal desteklerle mümkün olmuştur.

TÜBİTAK, 2224/A Bilimsel Etkinliklere Katılım Programı ile University College London tarafından düzenlenen "Archaeometallurgy Summer School" etkinliğine katılımımı ve 2214/A Doktora Sırası Yurtdışı Araştırma Programı ile çalışmanın Almanya ayağını gerçekleştirmemi desteklemiştir.

Deutsches Bergbau Museum, Bochum ve Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf farklı dönemlerde konuk araştırmacı olarak bana kapılarını açarak numune hazırlık, analiz ve değerlendirme süreçlerinde değerli imkanlarından yararlanmama olanak vermiştir.

GİRİŞ

1. Araştırmanın Amacı, Niteliği ve Kapsamı

Metal üretiminin, şekillendirilmesinin, dağılımının ve kullanımının tarihini incelemekte olan arkeometalürji, arkeometri biliminin bir alt disiplini dir. Arkeometride olduğu gibi arkeometalürjide de fen bilimlerine ait analitik yöntemler kullanılarak arkeolojik ve tarihsel sorulara cevap aranmaktadır. Bu yapılırken başta metalürji bilimi olmak üzere kimya, jeoloji, maden bilimi gibi birçok alanın bilimsel birikimlerinden ve yöntemlerinden faydalanılmaktadır (Rehren & Pernicka 2008).

Dünyanın değişik bölgelerindeki metalürjik faaliyetlerin ortaya çıkışında ve gelişimindeki farklılıkları incelemek sadece toplumların tek başlarına teknoloji kültürleri hakkında bilgi vermekle kalmamakta aynı zamanda birbirleriyle olan bilgi alışverişlerini ve ilişkilerini aydınlatacak ipuçları sunmaktadır. Bu tez çalışması ile öncelikle Anadolu'da Ortaçağ'da kullanılan demir aletlerin üretim yöntemleri ve malzemelerinin ortaya konması amaçlanmaktadır. Çalışma konusunu oluşturan beş kazı alanı; Kubad Abad, Samsat, Yumuktepe, Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat'tan seçilen demir içerikli buluntular bu amaç doğrultusunda arkeometalürjik yöntemlerle incelenmişlerdir. İnceleme sonuçları değerlendirilirken, ayrıca kazı alanlarının birbirleriyle karşılaştırılmalarının da yapılması, böylelikle değişik topluluklara ait kültürel tabakalardan gelen buluntuların üretim süreçlerinde farklılıkların olup olmadığının tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Arkeometrik analizler uzun ve hassas numune hazırlık süreçleri gerektirirken, çoğunlukla kullanılan cihazların yüksek teknolojik özelliklere sahip olması bu tip incelemelerin maliyetlerini arttırmaktadır. Bu tez çalışması için sağlanan burslar ve kurumsal desteklerle çok sayıda numunede nitelikli analizlerin yapılmasının yolu açılmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen buluntuların çok geniş bir zaman dilimini ifade eden Ortaçağ'ın belli bir dönemini temsil etmesine dikkat edilmiştir. Bu amaçla seçilen buluntuların çoğunluğu MS 9. – 13. yüzyıl arasına tarihlendirilmektedir.

2. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada arkeolojik buluntular üzerinde uygulanan arkeometrik analizler ile veri elde edilmesi ve bu verilerin literatürde yer alan çalışmalar ile karşılaştırılması yöntemi takip edilmektedir.

Kazı alanlarının ve buluntuların seçimi, numune hazırlık süreci, uygulanan analiz teknikleri ve buluntuların sınıflandırılması detaylı bir şekilde “Yöntem ve Metodoloji” başlıklı ikinci bölümde anlatılmaktadır.

3. Konuyla İlgili Kaynak ve Yayınlar

Tez çalışması esnasında arkeoloji, arkeometri, arkeometalürji, madencilik ve metalürji alanındaki sempozyum, konferans ve toplantı bildirimleri, bilimsel dergiler, kitaplar, sözlükler, raporlar ve doktora tezleri türlerinde kaynaklardan yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında yer alan kazı alanlarının tarihçeleri, buralardaki arkeolojik araştırmaların detayları ve incelenen buluntuların çıkarıldığı açmaların özellikleri için Kültür Bakanlığı tarafından düzenli olarak gerçekleştirilen Kazı Sonuçları Toplantıları'na ait bildiri kitapları ve kazı ekipleri tarafından hazırlanmış kitaplar, makaleler ve kazı raporları incelenmiştir.

Arkeometri ve arkeometalürji alanında aralıklarla düzenlenmiş olan “Archaeometry” ve “Archaeometallurgy in Europe” konferanslarına ait bildirimler, “Historical Metallurgy”, “Archaeomaterials”, “Archaeometry”, “Metallo” ve “Journal of Archaeological Sciences” adlı bilimsel dergilerde yayınlanan makaleler arasında özellikle demir alanındaki çalışmaları içerenler, yöntemin belirlenmesinde ve sonuçların karşılaştırılmasında yardımcı olmuştur.

Metalürji tarihi ve metal buluntuların incelenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirmiş, arkeolog ve teknoloji tarihçilerinden Tylecote'un “A History of Metallurgy - Metalürji Tarihi”, Rostoker & Bronson'un “Pre-Industrial Iron - Endüstri Öncesi Demir”, Pleiner'in “Iron in Archaeology: Early European Blacksmiths- Arkeoloji'de Demir: Erken Avrupalı Demirciler” ve “Iron in Archaeology: Early European Smelters - Arkeoloji'de Demir: Erken Avrupalı İzabeciler” eserleri ve Ünsal Yalçın'ın makaleleri demir üretim, şekillendirme tekniklerinin tarihi konusunda başvurulan başlıca eserler olmuştur.

Çalışma başında incelenen örnek doktora tezleri arasında; Blakelock'un “The Early Medieval Cutting Edge of Technology – Erken Ortaçağ Kesici Kenar Teknolojileri”,

McConchie'nin "Archaeology at the North-East Anatolian Frontier: Iron Technology and Iron-Making Communities of First Millenium BC – Kuzeydoğu Anadolu Sınırında Arkeoloji: MÖ İlk Binyıl Demir Üretici Toplulukları ve Demir Teknolojisi", Feuerbach'ın "Crucible Steel in Central Asia - Orta Asya'da Pota Çeliği" yer almaktadır.

Analitik çalışmalarda ve yorumlamalarında Scott'un metalografi incelemelerini içeren eserlerinden (Scott 1991; 2013) ve Callister tarafından hazırlanmış "Material Science and Engineering: An Introduction – Malzeme Bilimi ve Mühendisliği'ne Giriş" gibi temel metalürji mühendisliği kaynaklarından yararlanılmıştır.

Kullanılan kaynakların çoğunluğu başta İngilizce olmak üzere yabancı dillerde yazılmışlardır. Bu kaynaklarda kullanılan terminolojilerin Türkçe'ye çevrilmelerinde yaşanan zorluklar ise Tekin tarafından hazırlanmış "İngilizce - Türkçe Metalbilim ve Gereçbilim Karşılıklar Sözlüğü" adlı çalışmasından faydalanılarak aşılmıştır.

4. Tezin Bölümleri

Tez "Giriş" bölümü hariç beş bölümden oluşmaktadır. Araştırma hakkında genel bilgiler içeren "Giriş" bölümünün ardından birinci bölümde demirin malzeme olarak özellikleri, demirin nasıl ve nereden elde edildiği, Anadolu'da demirin tarihi gibi konular içeren tezin sonraki bölümlerine hazırlayıcı bilgiler sunulmaktadır.

Çalışma esnasında takip edilen yöntem ve analitik süreç ise detaylı bir şekilde "Yöntem ve Metodoloji" başlıklı ikinci bölümde anlatılmaktadır. Ayrıca bu bölümde çalışma esnasında incelenen buluntuların tanımlanmasında kullanılan terminoloji ve tipolojiye yönelik bir alt bölüm de yer almaktadır.

Kazı alanlarının, buluntuların ve her bir buluntu üzerinde uygulanan analitik çalışmaların detaylı bir şekilde sunulduğu üçüncü bölümde buluntuların üretiminde kullanılan malzemeler ve üretim yöntemleri ile metalürjik buluntuların kaynağını oluşturan süreçler tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi bölümünde ise tüm buluntular türlerine göre değerlendirilmekte, kullanılan demir şekillendirme ve ısıl işlem yöntemleri örnekleri ile açıklanmaktadır. Bu bölümle birlikte Anadolu'da Ortaçağ Demir Metalürjisinin ana hatlarının ortaya konması hedeflenmektedir. Sonuç bölümünde ise çalışma ile elde edilen önemli bulgular özetlenmektedir.

İncelenen buluntuların fotoğraflarının ve bilgilerinin sunulduğu katalog bölümüne ek olarak analiz sonuçları ise tezin sonunda yer alan “Ekler” bölümünde sunulmaktadır.

BÖLÜM I

DEMİRİN ÖZELLİKLERİ, ÜRETİMİ VE TARİHİ

1.1 Demirin Fiziksel Özellikleri

Saf halde gümüşümsü bir renge sahip olan demir, Fe sembolü ve 55,85 gram atomik ağırlığı ile periyodik tablonun sekizinci grubunda yer alan bir metal elementidir. Nemli havada kolaylıkla oksitlenen ve paslı görünüm alan demirin erime sıcaklığı 1538 °C olup soğuk ve sıcak halde dövülebilir. Oda sıcaklığında manyetiktir ve mıknatıstan güçlü bir şekilde etkilenir (Pleiner 2006: 18-22).

Demir atomlarının oluşturduğu kristal yapı 910 °C'ye kadar hacim merkezli küp (HMK) ve alfa-demir ya da ferrit olarak adlandırılmaktadır. 910 – 1390 °C arası yüzey merkezli küpe (YMK) dönüşen yapı östenit faza denk gelmektedir. YMK yapı HMK'ya göre şekillendirme ve tokluk açısından daha iyi bir kombinasyona sahip olduğu için dövme işlemi genellikle ısıtılarak östenit dönüşüm sıcaklığı üzerine çıkmış demir üzerinde gerçekleştirilir (Scott & Eggert 2009: 1).

1.2 Demirin Kaynakları

Demir evrende en çok bulunan altıncı element olup ağır metaller arasında ise birinci sırada yer almaktadır (Scott 1991). Yerküre kabuğunda ise kütleli olarak %5,4 ile oksijen, silika ve alüminyumdan sonra en çok bulunan dördüncü elementtir (Öygür 1991:4).

Demir doğada üç farklı tipte kaynaktan elde edilebilmektedir. Bunlardan ilki oldukça nadir bulunan nabit (saf) demirdir. Orta Avrupa'da ve kuzeyinde dağınık bir şekilde nabit demire rastlanmaktadır (Pleiner 2006: 20). Grönland Oviyak'ta bulunan bazıları 28 ton ağırlığındaki nabit demir kütleleri bu kaynakların en bilinenlerindedir (Yalçın 1999: 180). İkinci demir kaynağı olarak meteoritler içyapılarına göre hekzahedrit, oktahedrit ve ataksit olarak üç gruba ayrılırlar. Demir içerikli meteoritlerin en büyük özelliği %6-20 arasında değişen miktarlarda nikel içermesidir (Photos 1989). Dünyadaki nikelce zengin demir cevherlerinde nikel oranı %0,5 - %4 arasındaki değerlerde olup genellikle meteoritlerle karşılaştırıldıklarında bu oran düşük kalır. Bu nedenle %5'den az nikel içeren demirlerin meteorit kaynaklı olmadığı kabul edilir (Yalçın 1999: 180).

Son olarak demirin doğadaki en büyük kaynağı demirce zengin cevherlerdir. Yeryüzünde hemen hemen tüm toprak türlerinde demire rastlansa da üretim için cevher olarak kabul edilecek kaynakların belli bir miktarın üzerinde demir içermesi gerekmektedir. Gelişmiş endüstri öncesi dönemlerde büyük ihtimalle demirce %55 ve üzeri zengin kaynaklar cevher olarak değerlendirilmiştir (Pleiner 2000:87). Günümüzde ise sadece demir içeriğine göre değil aynı zamanda mineral türü, minerallerle birlikte bulunan cüraf oluşturacak diğer katışkılar, cevher yataklarının morfolojisi ve işlenebilirliği gibi birçok faktör göz önünde bulundurularak cevherlerin işlenmesinin ekonomik olup olmadığına karar verilmektedir (Oygür 1991:1-2).

Demir içerikli mineral türü sayısı yüzlerce olsa da bunların çoğunda üretim sürecini ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyecek yüksek oranda kükürt ya da silika gibi içerikler bulunmaktadır (Cihnioğlu et al. 1994: 6). Üretime uygun mineral türleri içeren demir cevherlerinden tarih boyunca en çok tercih edilenler limonit (kahverengi demir taşı), balçıkı demir cevheri, götit, hematit ve siderittir.

$FeO(OH) \cdot nH_2O$ kimyasal formülüne sahip olan limonit rengi sayesinde kolaylıkla ayırt edilmesi ve ilkel izabe fırınlarında ergitmeye oldukça uygun olması nedeniyle metalürji tarihinde önemli bir yere sahiptir. Çok çeşitli tipte limonit mevcuttur. Kaliteli limonitler %60'a kadar demir, bazı yataklar %0,5 - %2 arası mangan ve %0,1 - %0,2 arası P_2O_5 formunda fosfor içerir. Katışkılar açısından saf limonit yatakları da bulunmaktadır (Pleiner 2000: 88-89).

Balçıkı demir cevheri, nehir taşkın yataklarında, sulu çayırlarda, dere setlerinde ve bataklıklarda birikmiş olan ikincil tortul limonit ve demir hidroksitlerden (götitten) oluşmaktadır. Balçıkı cevherler gözenekli yapıdadır ve kolaylıkla indirgenebilirler. Ancak demir içerikleri oldukça değişkendir. Çoğunlukla yüksek oranda fosfor ve bazıları da mangan içerirler (Piaskowski 1989). Demir çağında kaliteli demir cevherine ulaşamayan topluluklar tarafından yoğunlukla kullanılmışlardır.

Kimyasal formülü $FeO(OH)$ olan Götite antik dönemlerde bazı bölgelerde kullanılmış %60'a kadar Fe içeren hidratlı demir oksitten oluşan demir cevheridir. Götitler, limonit ve balçıkı demir cevherleri gibi kahverengiden koyu sarıya değişen renklere bazen de lüsterli siyah renge sahiptir.

Kırmızı demir taşı olarak da bilinen hematit (Fe_2O_3) saf haldeyken %69,99 oranında demir içermektedir. Hematit cevherlerinde ise genellikle %40 ile %60 arası demir bulunmaktadır.

Oldukça yaygın bir demir cevheri türü olan hematit çoğunlukla düşük seviyede mangan ve fosfor içermektedir. Çoğunlukla aşınarak oluşmuş limonit tabakalarının altındaki ana damar olarak yer alır. Yumuşak topraksı ya da gözenekli biçimlerde gevrek ya da sert biçimlere kadar çeşitli görünümde olabilir (Cihnioğlu et al. 1994: 8). Hematitin, bazen kendisine çok benzeyen bakır içerikli kuprit ile beraber bulunması nedeniyle çok erken zamanlardan beri izabe için kullanıldığı düşünülmektedir.

Bu demir cevheri türlerine ek olarak demirin karbonatlı bir türevi olan siderit'in ($FeCO_3$) de antik dönemlerde demir üretiminde kullanılmasına rastlanmıştır. Almanya, Siegerland'da ortaya çıkarılan, MÖ 500'den itibaren aktif hale geldiği görülen büyük demir üretim merkezinde sideritin başlıca kullanılan demir cevheri olduğu tespit edilmiştir (Gassmann et al. 2010).

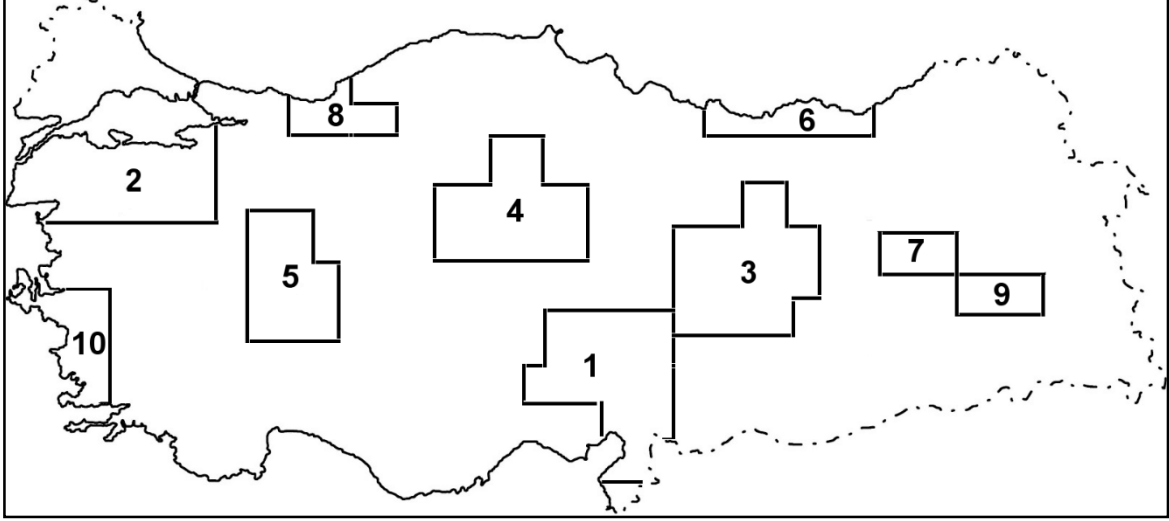
Erken Ortaçağ'da demir cevherinin elde edilmesi için yeraltı galeri sistemleri, derin madencilik çukurları açılmamıştır. Çünkü demir, oksitler halinde düşük seviyelerde her türlü toprakta bulunur ve daha yoğun demir depozitlerine oldukça yaygın bir şekilde rastlanır. Jeolojik zamanlar boyunca gerçekleşen fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda demir içerikli mineraller yeryüzüne yakın bölgelerde diğer metal tür tabakalarının üst katmanlarında yoğunlaşmışlardır. Demir üretimi ve dolayısıyla demir cevheri ihtiyacı artıncaya kadar demir üreticileri yüksek içerikli cevherleri kolaylıkla yeryüzüne yakın bölgelerden elde edebilmişlerdir. Demir ihtiyacı arttıkça, istenilen miktarda ve kalitedeki demir cevherini elde etmek için diğer metal türleri (bakır, kurşun, gümüş ve altın vb.) için kullanılan daha karmaşık yeraltı madencilik yöntemleri uygulanmaya başlamıştır (Pleiner 2000:87).

1.3 Demir Cevherinin Anadolu'da Dağılımı

Demir cevheri rezervleri yeryüzünde hemen hemen bütün bölgelere yayılmış durumdadır. Dünyadaki toplam demir cevheri rezervinin 167 milyar ton olduğu düşünülmektedir. Demir rezervi açısından en zengin ülkeler arasında Rusya, Çin, Avustralya, Kanada, Kazakistan ve Hindistan yer almaktadır (Tuncer et al. 2001).

Türkiye'de bugüne değin yaklaşık 900 demir cevheri oluşumu tespit edilmiştir. Tespit edilen demir cevheri oluşumlarından işletilebilecek özelliklere sahip 500 kadarının etüt analizleri tamamlanmıştır. Toplam 499,5 milyon ton demir içerdiği düşünülen bu demir cevheri oluşumlarının coğrafik dağılımı dikkate alındığından bazı bölgelerde yoğunlaştıkları görülmektedir (Cihnioğlu et al. 1994: 52).

Şekil 1.1 Demir cevheri oluşumu açısından yoğun bölgelerin Türkiye haritasında gösterimi (Cihniöğlu et al. 1994: 54).



Şekil 1.1'de görülen bölgelerdeki demir cevheri zuhur sayısı yüzdeleri şu şekildedir: 1. Kayseri – Adana Bölgesi (%24,98), 2. Balıkesir-Kütahya Bölgesi (%19,72), 3. Sivas-Malatya Bölgesi (%13,09), 4. Kırşehir-Yozgat Bölgesi (%10,85), 5. Eskişehir-Afyon Bölgesi (%7,45), 6. Giresun-Trabzon Bölgesi (%3,20), 7. Elazığ-Muş Bölgesi (%2,40), 8. Adapazarı Bölgesi (%1,20), 9. Van Güneyi Bölgesi (%1,20), 10. Aydın Bölgesi (%1).

1.4 Demir Alaşımları ve Sınıflandırılması

Cevher ya da üretim aşaması kaynaklı bazı elementler demirin yapısına karışmış halde bulunarak alaşımlar oluştururlar. Bu alaşım elementlerinden en önemlileri nikel, fosfor, mangan ve karbondur.

Demir cevherlerinde genellikle nikel oranının düşük olması nedeniyle yüksek nikel içerikli demirlerin meteorit kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Tylecote 1992: 50).

Geçmiş dönemlerde demir üretiminde kullanılan balçıksı demir cevheri gibi kaynaklar nedeniyle en çok karşılaşılan alaşım elementlerinden birisi de fosfordur. Fosforlu cevherlerden üretilen demirlerin diğerlerinden daha sert olduğu ve işleme esnasında demirde kırılma oluştuğu antik demirciler tarafından da bilinmektedir (Piaskowski 1989).

Mangan ve demir minerallerinin birlikte yer aldığı cevherlere sıklıkla rastlanmaktadır. Üretim aşamasında yüksek ısı ve indirgen atmosfer gibi bazı koşulların sağlanması durumunda elde edilen demirde manganın düşük oranlarda katışı olarak yer alması mümkündür. Manganlı

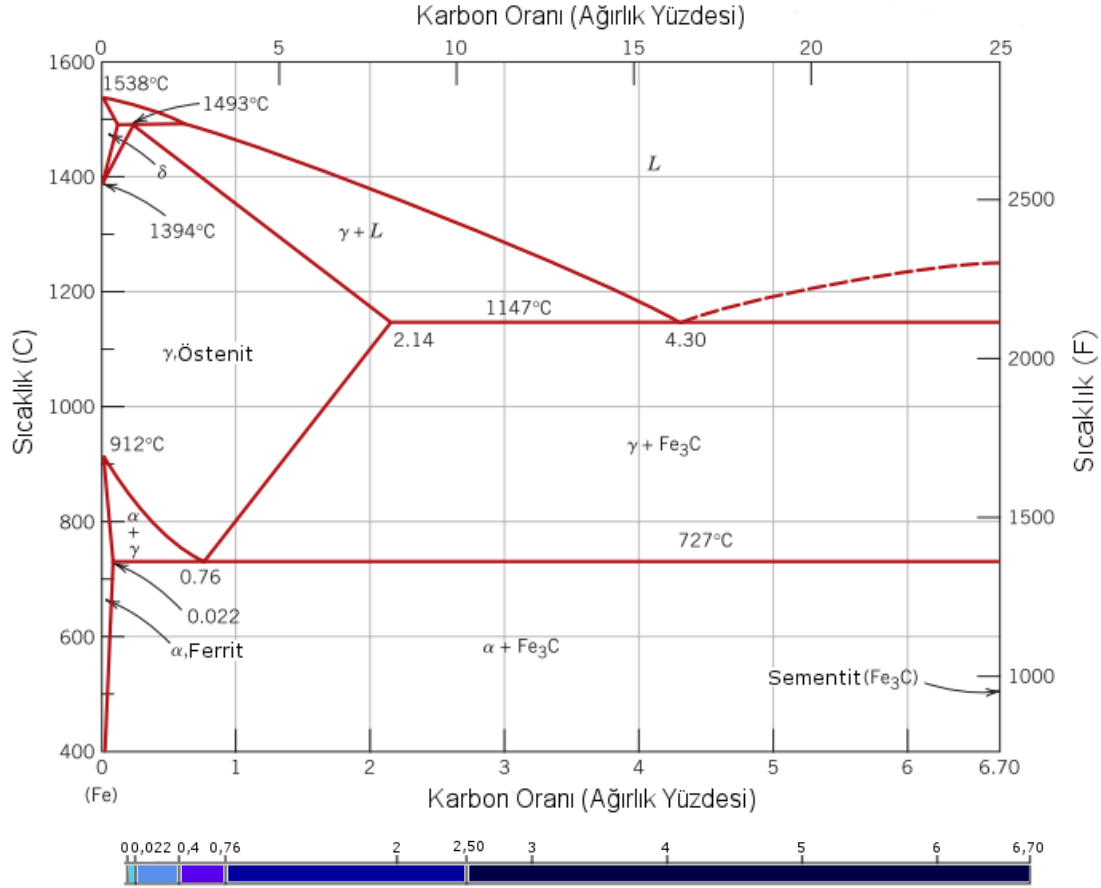
cevherlerden demir üretim verimi diğerlerine göre daha yüksektir. Manganın demirin sertleştirilebilmesi üzerinde olumlu etkisi vardır (Rostoker & Bronson 1990: 20).

Demir metalürjisi için en önemli alaşım oluşturan element karbondur. Demirin malzeme özellikleri üzerinde büyük etkiye sahip olan karbonun en büyük kaynağı demir üretimi ve şekillendirilmesi esnasında yakılan odun kömürüdür. Karbon sadece yanma reaksiyonu ile ısıyı üretmez aynı zamanda metal oksitlerin indirgenmesini sağlayarak demirin oluşumuna ortam oluşturur. Bunların ötesinde demirin kristal yapısının içerisine girerek çelik ve türevi alaşımları meydana getirir.

Karbonun alaşım malzemesi olarak etkilerinin farkında olmayan demirciler 18. yüzyıla kadar odun kömüründe ısıtılan demirin saflaştığını bu nedenle değişim geçirdiğini düşünmüşlerdir (Stanley 1964: 151). Aslında farklı karbon oranlarına sahip olması nedeniyle farklı özelliklere sahip olan demir karbon alaşımlarını, kendi düşüncelerine göre saflıklarına göre değerlendirmişler ve üretimlerinde uygulamışlardır (Feuerbach 2000).

Metalürjik işlemlerde karbonun demir ile birlikte oluşturacağı yapılar (fazlar) sıcaklık ve atmosfer ile doğrudan ilişkilidir. Karbonca zenginleşme, yani karbürizasyon, esnasında ve sonrasında oluşabilecek yapılar değişken sıcaklığa ve sabit atmosfer basıncına göre faz çizelgesinde görülmektedir (Şekil 1.2). Demirle alaşım oluşturan karbon miktarı malzemenin türünü de belirlemektedir. Karbonun %0 ile %0,03 arasında olduğu malzemelere dövme demir denirken, %0,03 ile %0,4 aralığında düşük karbonlu çelik, %0,4-%0,76 aralığında orta karbonlu çelik ve %0,76 ile %2,5 aralığında ise yüksek karbonlu çelik oluşur. Düşük ve orta karbonlu çelik aynı zamanda ötektik altı çelik, yüksek karbonlu çelik ötektik üstü çelik olarak da bilinmektedir. %2,5 ve üstü karbona sahip demirler ise dökme demir olarak adlandırılmaktadır.

Şekil 1.2. Demir-Karbon faz çizelgesi ve farklı türdeki alaşımların renkli gösterimi (Callister 2007).



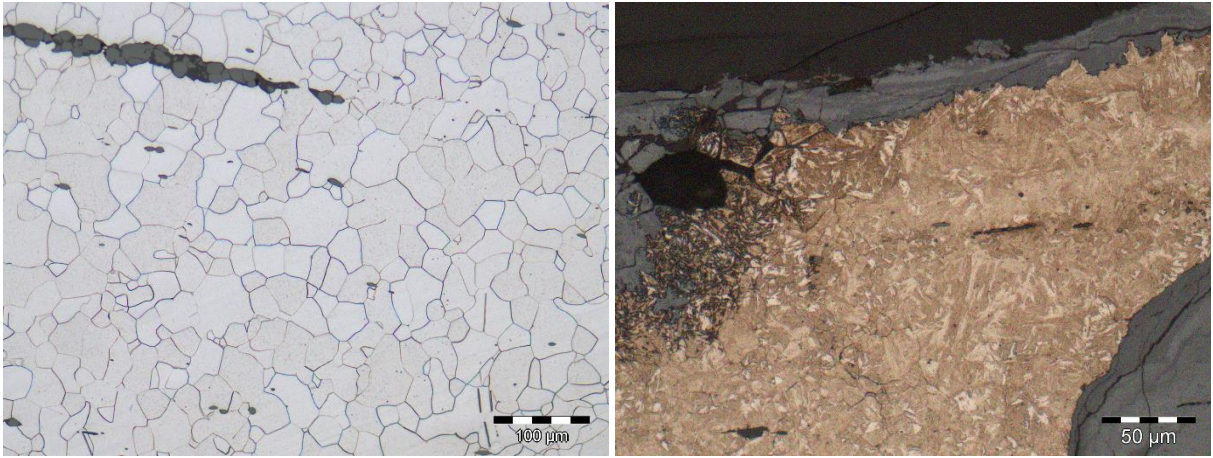
Faz çizelgesinde yer alan ve metalografi görüntülerinin yorumlanmasında kullanılacak olan fazlara ait tanımlar şu şekildedir:

Ferrit (α): Saf demirin kristal yapısıdır. Mikroskopta açık renk görünüm sergileyen ferritin tane sınırları dağlama işlemi esnasında aşınarak ortaya çıkar (Resim 1.1.a). Oluşum sürecinde ve sonrasında ısıl ve mekanik işlemlere bağlı olarak belli kristal düzenlerini izleyen Widmanstatten formunda, büyüklük ve şekil olarak benzerlikler gösteren eşksenli ve deforme olmuş formlarda görülebilir.

Östenit (γ): 727 °C'nin üzerindeki demir ve çeliğe ait kristal yapı olup çok geniş bir kompozisyon aralığında oluşmaktadır. Soğuma ile birlikte östenit farklı fazlara dönüşürken tane sınırlarını muhafaza eder.

Martensit: Belli bir oranın üzerinde karbona sahip östenitin çok hızlı soğuması ile karbonun difüzyonla faz dönüşümü gerçekleştiremediği durumlarda oluşan çok sert aynı zamanda kırılgan içyapıdır. İçeriğindeki karbon oranına göre iğne ya da plaka martensit olarak adlandırılır (Resim 1.1.b).

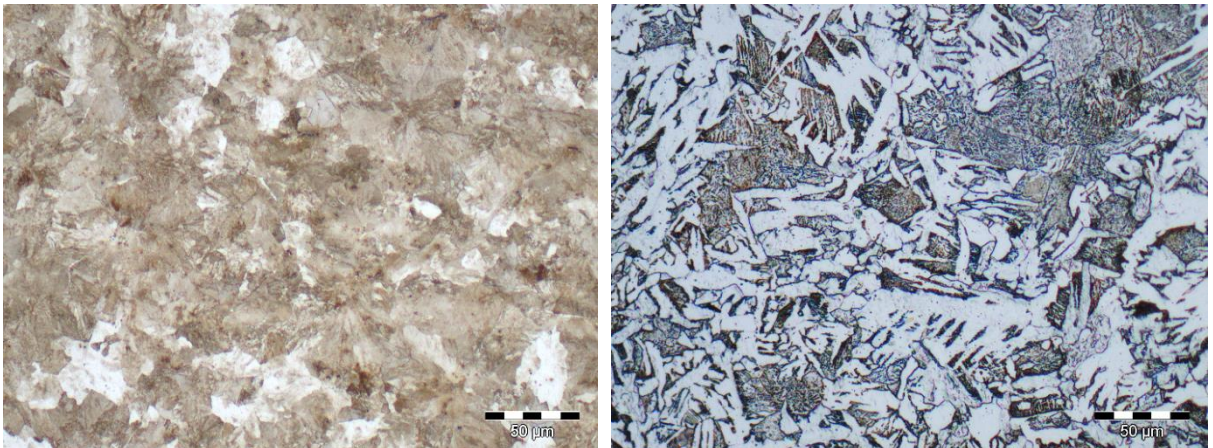
Resim 1.1.a) Eş eksenli ferrit taneleri **b)** Martensit görünümü.



Perlit ($\alpha + Fe_3C$): Östenitin soğuması esnasında ferrit ve sementit fazlarına ayrışması sonucu oluşturduğu içyapıdır. Soğuma hızına bağlı olarak ince veya kalın düzende gözlenir. Karbürleme ya da karbonsuzlaşma süreçlerinde perlit yapılarında bozulmalar sonucunda dejenere perlit yapıları oluşabilir (Resim 1.2.a ve b).

Sementit (Fe_3C): Demir ve karbonun oluşturduğu sert ve kırılgan kimyasal yapıdır. Östenit soğuma hızı ve sonrasında uygulanan ısı işlemlere bağlı olarak sementit ağı, iğne ve yumrulaşmış formlarda görülür.

Resim 1.2.a) Perlitli çelik **b)** Widmanstatten ferrit ve dejenere perlit.



1.5 Demir Üretim Yöntemleri

Metalürji tarihinde demirin cevherden elde edilmesinde iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlar demirin erimeden oksitlerinden kimyasal indirgenmesi ile üretildiği doğrudan izabe yöntemi ve daha yüksek sıcaklıklarda erimesiyle elde edildiği dökme demir yöntemidir.

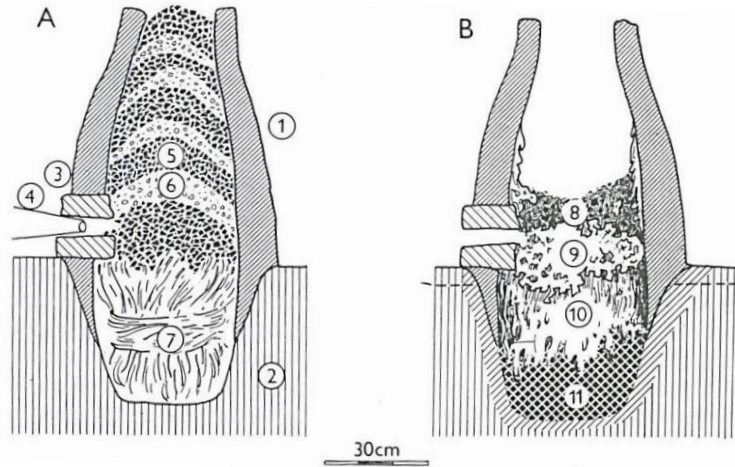
1.5.1 Doğrudan İzabe Yöntemi

Demir cevherinin çoğunluğunu oluşturan demir oksit, karbon monoksitin etkisiyle 800 °C gibi düşük sıcaklıklarda erimeden indirgenerek metalik demiri oluşturabilmektedir. MÖ 2000'den 20. yüzyılın ortalarına kadar uygulanan doğrudan izabe diye adlandırılabilir yöntemde demirin bu özelliği kullanılarak, odun kömürü ile ısıtılan fırınlarda cevherden metalik demir elde edilmiştir. Farklı dönemlerde ve coğrafyalarda değişik tasarımları gözlenen izabe fırınlarında karbon monoksitin kaynağı olan odun kömürünün yakılması ile 1200 – 1300 °C gibi sıcaklıklara çıkılabilmektedir. Bu sıcaklıklarda cevherdeki demir oksitle beraber cüruf oluşturuca oksitler eriyik hale geçerek metalik demir globüllerinin arasından süzülme ve süngerimsi demir kütesinin oluşmasına olanak vermektedir. Luppe ya da bloom olarak da bilinen bu kütle halen çok miktarda cüruf, odun kömürü ve büyük gözenekler içerdiği için sıcak halde fırından çıkarılarak dövülüp saflaştırılmış, böylelikle bazı bölgelerde blok bazı bölgelerde çubuk formlarına sahip demirci başlangıç malzemeleri üretilmiştir (Tylecote 1992: 48; Pleiner 2000: 131-132).

Kaliteli luppelerin üretimi cevher seçimi ve hazırlık süreci, fırın tasarımı, yanma sürecinde fırın sıcaklığının ve atmosferinin ayarlanmasına bağlı olduğu için yüksek teknik tecrübe ve beceri gerektirmektedir. İzabe işlemi esnasında oluşması gereken çoğunluğunu demir oksitin oluşturduğu cürufun erimeye başlama sıcaklığı 1200 °C civarında olup bu sıcaklığa ancak fırın içerisine bol miktarda hava girişi sağlanması ile mümkün olmaktadır. Öte yandan fırın atmosferine üflenen aşırı hava karbon monoksit seviyesini düşürerek metalik demir oluşum verimliliğini azaltmaktadır. Yüksek sıcaklık ve doğru atmosfer dengesini sağlanmadığı durumlarda tüm cevherin cürufa dönüşmesi veya oluşan metallerin kütleleşmemesi gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Sadece bu durum bile prensipte oldukça kolay görünen doğrudan izabe işleminin aslında hiç de öyle olmadığını göstermektedir (Gordon & Killick 1993: 245 - 246).

İzabe işleminin dünya üzerindeki uzun soluklu tarihinde inşa edilmiş çok farklı tipteki fırınlara ait kalıntılar arkeologlar tarafından gün yüzüne çıkarılmıştır. Bu kalıntılardan anlaşıldığı üzere toprakta kâse formunda kazılmış basit çukurlarda demir üretildiği gibi körüklerle farklı noktalardan hava girişlerini sağlandığı, üstten çekişli uzun bacalı fırınlar gibi daha karmaşık yapılar da aynı amaç için inşa edilmiştir (Resim 1.3 a ve b). Yerel imkânlar doğrultusunda ulaşılabilen demir cevherini, odun kömürü ateşi ile ergitebilecek ısı yalıtımına ve hava akışına sahip fırın haznesi tasarımından sonra en verimli ürünün elde edilebileceği cevher hazırlık süreçleri, hava girişlerinin ve çıkışlarının planlanması, yanma esnasında yakıt ve cevher beslemelerinin nasıl yapılacağı, cürufu fırının dışına akıtacak kanalların konulması gibi teknik deneyimler ve birikimler bu teknolojinin farklılaşmasına neden olmuştur (Rostoker & Bronson 1990: 29).

Resim 1.3.a) Üstten çekişli izabe fırınının yüklenme sonrası yanmadan önceki görünümü **b)** Aynı fırının yanma sonrası içeriğinin görünümü.



1)Fırın duvarları 2) Toprak zemin 3) Tuyere 4) Körük 5) Demirce zengin cevher 6) Odun Kömürü 7) Cüruf akışını kolaylaştıracak saman ve ot karışımı 8) Yanmamış odun kömürü ve ergimemiş cevher karışımı 9) Luppe 10) Ergimemiş cevher, cüruf karışımı 11) Cüruf (Pleiner 2000: 150).

İzabe işleminin en büyük dezavantajlarından birisi cevherde bulunan demir oksitin büyük bir bölümünün cürufun erime sürecine karışması ile birlikte sistemden atılmasıdır. Bu durum sürecin verimsizliğine neden olmaktadır. Günümüzde doğrudan izabe yöntemi ile elde edilebilecek demir miktarının hesaplanmasına yönelik yapılan deneysel çalışmalarda %58 demir içeriğine sahip götit mineralindeki 41 kilogram cevherden sadece 13,5 kilogram luppe elde edilebildiği görülmüştür. Luppenin saflaştırılma aşamasının ardından ortaya çıkan demirci başlangıç malzemesi ise sadece 8,5 kilogramdır. Cevherdeki demir miktarı dikkate alındığında bu deneydeki ürün verimliliği %36'dır (Sauder & Williams 2002).

İzabe işleminde cevherden demir elde edilmesindeki verimsizlik yeryüzünde demir cevherlerine çokça rastlanması nedeniyle sadece insan gücü sorunu olarak değerlendirilebilir. Ancak bu işlem esnasında tüketilen diğer önemli bir malzeme, yakıt olarak kullanılan odun kömürüdür. Odun kömürü cevherin kavrulmasında, fırının ön ısıtmasında, izabe işleminde, luppenin saflaştırılmasında ve demirin şekillendirmesi için demirci ocaklarında gerekli olan sıcaklıklara erişmek için kullanılmıştır. Deneysel arkeometalürji çalışmalarında cevherin kavrulması hariç diğer tüm işlemler için izabe edilecek cevherin ağırlık olarak yaklaşık dört katı odun kömürüne ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır (Senn et al. 2010: 133). İki deney birleştirildiğinde kabaca bir hesaplama ile 1 kg demirci başlangıç malzemesi üretmek için 20 kg odun kömürüne ihtiyaç vardır. Bu miktarda odun kömürü orman örtüsünce zengin bölgeler için elde etmesi güç olmasa da yoğun insan popülasyonu nedeniyle erken dönemlerden itibaren ağaç sıkıntısı çeken Çin ve Orta Avrupa'nın bazı bölgeleri gibi coğrafyalar için pek de ekonomik olmayan bir durum yaratmıştır (Craddock 2003).

İzabe işlemindeki ikinci en büyük dezavantaj elde edilen luppedeki çok sayıdaki cüruf parçacığı ve içerik olarak heterojen yapıdır. İzabe işleminin gerçekleştiği sıcaklıklarda cevherde yer alan katışkıların neredeyse hepsi cürufta kalarak çok saf demirin üretilmesine olanak verir. Luppedeki karbon oranı çoğunlukla düşük olsa da fırında olduğu bölgeye bağlı olarak karbürleşmiş bölgelere de rastlanmaktadır. Karbon açısından heterojen içyapıdan daha büyük bir sorun ise cüruf kalıntılarıdır. İzabe işlemi esnasında luppede kalan birincil cüruf kalıntıları dövme işlemi esnasında eriyerek ve uzayarak kırılğan yapısı nedeniyle malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kalıntıların yapıdan uzaklaştırılması için aşırı dövme yoluna gidildiğinde yüzeyde oksitlenme nedeniyle malzeme kaybı yaşanmaktadır. Dövme ve şekillendirme işleminde oksitlenmeyi azaltmak için demircinin yüzeye kumlama yaptığı durumlarda ise kumla birleşen demir oksidin oluşturduğu yapılar ikincil cüruf kalıntıları olarak içyapıya karışmaktadır (Gordon & Killick 1993: 246). Bu durumun farkında olan izabeciler ve demirciler farklı amaçlarda kullanılabilecek farklı kalitelerde demirci başlangıç malzemeleri üretmişlerdir.

1.5.2 Dökme Demir Üretimi

İzabe işleminin yarattığı ekonomik sorunlar ve elde edilen demirin kalitesi antik dönem metalürjicilerini farklı üretim yöntemlerine doğru arayışa itmiştir. Bu konuda izabeye alternatif oluşturacak demir üretim yönteminin geliştirilmesi Uzak Doğu'da Çinliler tarafından inşa edilen yüksek fırınlarla MS 500'lü yıllarda mümkün olmuştur. Yüksek fırınlarda demirin yüksek

indirgen ortamda eriyebileceği sıcaklıklara çıkmış, cevherdeki cüruf ve demir birbirinden tamamen ayrıştırılmasıyla döküm metal külçeler elde edilmiştir (Needham 1980: 516). Bu süreçte en kritik nokta fırın içerisinde yaratılan karbon monoksitçe zengin atmosferdir. Karbon monoksit cevherdeki demirin silikatlarla birleşip cüruflaşmasını engellemekte, demir ile alaşım oluşturarak erime sıcaklığını düşürmektedir. Bu esnada cevherde yer alan mangan, fosfor ve sülfür gibi elementler de indirgenerek karbonla beraber demire karışmaktadır.

Resim 1.4. 15. yüzyıl bir yazmada Çin tipi yüksek fırın (Rostoker & Bronson 1990: 34).



İzabe işleminden dökme demir teknolojisine geçiş aslında sanıldığı kadar büyük teknik zorlukların aşılmasını gerektirmemektedir. İzabe fırınlarında elde edilen sıcaklıklardan sadece 100 - 200 °C yukarısı ve uygun atmosferin, odun kömürü ve cevher besleme oranıyla ayarlanması, demirin eritilmesi için yeterlidir. Fırın sıcaklığını arttırmak için su değirmenleri ile çalışan körükler yerine Çinlilerin geliştirdiği birkaç insan gücü ile çalışan körük sistemleri yeterli olmuştur (Resim 1.4). Aslında Avrupalı metalürjiciler de kendi sistemlerindeki birkaç ayarlama ile demiri eritebileceklerini farketmiş olmalıdırlar. Hatta Güney Almanya'nın Schwäbische Alb bölgesinde Metzingen'de MÖ 11. yüzyıla tarihlenen Renn fırınından daha büyük fırınlarda dökme demirin üretildiği tespit edilmistir. Fırında oluşan cürufların çok az demir içermeleri yöntemin verimli olduğunu göstermektedir. Elde edilen yüksek karbonlu demirin ne amaçla ve nasıl kullanıldığı ise henüz bilinmemektedir (Yalçın & Hauptmann 2003). İngiltere'de Roma dönemine ait izabe fırınlarının yakınında bulunan dökme demir artıkları da benzer özelliklere

sahiptir (Craddock 2003: 234). Ancak bu tip buluntulara düzenli bir şekilde rastlanmayışı üretimlerin istisna olduğunu düşündürmektedir. Demiri eritmeden sadece dövme demir ile yetinilmesinin nedeni yüksek karbonlu, bazı durumlarda yüksek fosforlu veya kükürtlü, oldukça kırılğan ve gözenekli dökme demir ile ne yapılacağı sorusunun cevabında yatmaktadır.

Dökme demirin kalıplarda şekillendirmesi uygulamasına rastlansa da yüksek fırınlardan elde edilen dökme demir türü, döküm sonrası % 4-5 oranında küçülmekte ve içeriğinde kalan gaz kabarcıkları zaten kırılğan olan yapıyı daha da kullanılmaz hale getirmektedir. Kullanım aletlerinin üretilmeyeceği dökme demir ile ne yapılacağı sorununa Çinliler yüksek fırınlardan gelen dökme demiri, dövme demire dönüştürmek için sıvı demire bol hava giriş sağlanan saflaştırıcı yeni fırınlar kullanarak bir çözüm bulmuşlardır. Böylelikle dökme demir karbonundan arındırılmış, yumuşatılmış ve dövmeye hazır hale gelmiştir (Craddock 2003: 235).

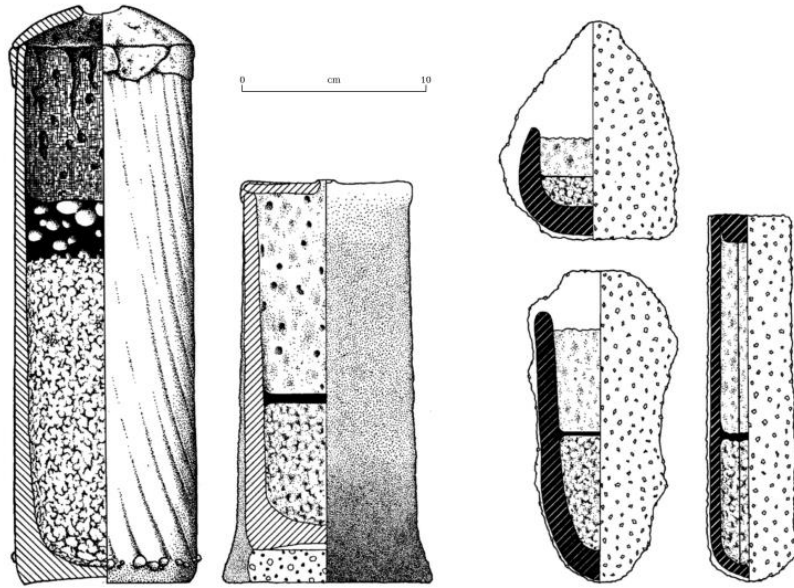
1.5.3 Pota Çeliği

Seramik potalar içerisinde dövme demire organik, anorganik malzemelerin ve bazı durumlarda dökme demirin eklenerek birlikte yüksek sıcaklıklarda eritildiği yöntem olan pota çeliği homojen karbon oranına sahip, cüraf kalıntılarında arındırılmış üstün kaliteli çelik yaratma sürecidir. Burada amaç cevherden demir elde etmek değil, doğrudan izabe ya da yüksek fırın yöntemiyle üretilmiş demirin kalitesini arttırmaktır. Pota çeliği üretiminin geçmişi Orta Asya ve Hindistan'da oldukça eskilere dayanmaktadır. Zozimos'un MS 4. yüzyıldan kalan eserindeki *Hint Çeliği* adını verdiği malzemenin, potalar içerisinde nasıl hazırlandığına dair reçeteleri, bu yöntemle dair günümüze ulaşmış en eski kanıtları sunmaktadır (Craddock 1998). Türkmenistan Merv'de ve Özbekistan Aksiket'de gerçekleştirilen arkeolojik kazılar ise bu bölgelerin Erken İslam uygarlığında, MS 9. yüzyılda ve sonrasında, pota çeliği üretimi merkezleri olduğunu gösteren pota kalıntılarını ortaya çıkarmıştır (Feuerbach et al. 1997). Ayrıca el-Biruni, al-Kindi gibi yazarlar eserlerinde pota çeliği reçetelerini ve üretim yöntemlerini detaylı bir şekilde anlatmışlardır (Lang et al. 1998).

Pota içerisine konan malzemelere göre ikiye ayrılan yöntemde, dövme ve dökme demirin beraber eklenerek yüksek karbonlu çelik elde edilen türü, bu türdeki buluntuların en çok yer aldığı bölgelerin adları verilerek, Hyperabad, dövme demir ile karbürleyici malzemelerin bir arada eritildiği türü ise Myesor olarak adlandırılmaktadır. Orta Asya'daki arkeolojik kazılarda ele geçen çeliklerin Hyperabad türü olduğu düşünülmektedir. Hatta Hyperabad türünün Müslüman, Myesor türünün ise Hindu demirciler tarafından üretildiği iddia edilmektedir (Craddock 1998).

Pota çeliği üretiminde iki farklı yöntemin oluşu aynı zamanda hazırlanan seramik potaların formlarında ve malzemelerinde de kendini göstermektedir. Orta Asya'da kullanılan potaların formları silindirik, alt tabanları düz olup Güney Asya'dakilere göre iç hazneleri daha büyüktür. Güney Asya örneklerinin ayakları olmayışı nedeniyle, bu potalar muhtemelen fırın içerisinde odun kömüründen oluşturulmuş yatağa daldırılarak ayakta kalması sağlanmıştır. Orta Asya potaları açık renkli refrakter özellikte kilden üretilmişken, Güney Asya potalarını oluşturan koyu renkli kil rengini içeriğine eklenen pirinç kepekleri gibi organik malzemelerden almaktadır. Bu malzemeler pişirim esnasında yanarak kilde gözenek oluşturmakta, karbürlemeye ve küle yer alan silika içeriğiyle cüruf oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Rehren 2002).

Resim 1.5. Orta Asya'da (solda) ve Güney Asya'da (sağda) kullanılan pota türleri (Rehren 2002: 38).



Pota çeliklerinin en dikkat çekici özelliklerinden birisi; bu çeliklerden üretilen aletlerin bazılarının yüzeylerinde oluşan, damask olarak adlandırılan su akışını andıran motiflerdir. Bu motiflerin oluşum sürecinde dökme demirin ve dövme demirin eritilmesi ile birbirine karışmamasının etkili olduğunu ifade eden el-Biruni, damask özelliğinin sadece Hyperabad türü çeliklerde olduğunu anlaşılmasına yardımcı olsa da motifin nedeni konusunda yanılmaktadır (Said 1989: 216). Bazı pota çeliği kaynaklı külçelerin östenitleşme sıcaklığının¹ altında

¹ Östenitleşme sıcaklığından kasıt Demir-Karbon faz çizelgesinde ferrit-sementit bölgesinden östenit-sementit bölgesine geçiş sıcaklığıdır. Bu nedenle demircinin çeliği dövme sıcaklığı 727 °C civarı bir sıcaklığın altında olmalıdır.

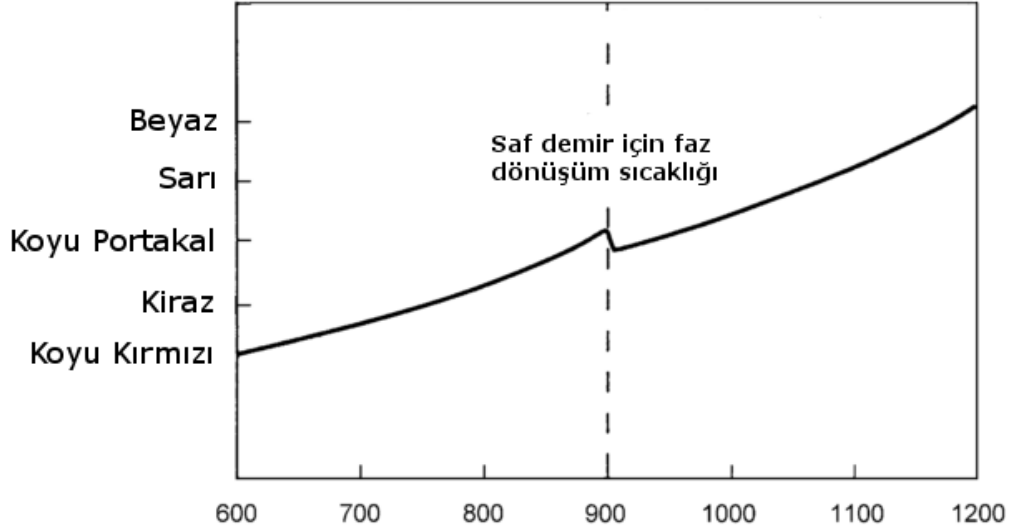
dövülmesi ve menevişlemesi işlemlerinin defalarca tekrarlanması ile içyapıda oluşan sıralı yumrulaşmış sementit ve yumrulaşmış perlit fonun, yüzeyde damask motifleri şekilde görülebildiği deneysel çalışmalarla ispatlanmıştır (Verhoeven & Jones 1987). Dolayısıyla içyapı sadece pota çeliğinin türüne değil aynı zamanda işleyen demirci ustasının teknik becerisine ve tecrübesine de bağlıdır.

1.6 Demircilik İşlemleri ve Metalürjik Uygulamalar

Antik dönem ve Ortaçağ demircileri günümüzdeki teknolojik cihazlara ve metalürji bilgisine sahip olmamalarına rağmen demiri işlerken kullanabilecekleri tecrübe ve bilgi aktarımı sonucu geliştirilmiş birçok metot kullanmışlardır. Demircilerin bu metotları uygulayabilmesi, elektronik ölçüm cihazlarının yerine kullandıkları duyularına çok iyi hâkim olmalarını gerektirmiştir. Demirci, ocağının ve ocakta ısınan demirin sıcaklığını alevin ve malzemenin renklerinden anlarken, doğru dövme anını çekiçlerini ara ara ocaktan çıkardıkları alete vuruşları esnasında hissettikleri dirençle tespit etmişlerdir. Farklı karbon oranlarına sahip farklı malzemeleri bazen metallere vururken çıkardıkları seslerden bazen dövme esnasındaki ateşe karşı davranışlarından ayırt etmişlerdir. Bitmiş ürünlerindeki kalite kontrollerini sert ve sivri aletleri ile yüzeylerini çizerek yapmışlar, memnun olmadıkları durumlarda dövme veya ısıl işlemleri tekrarlama yoluna gitmişlerdir (Pleiner 2006: 53-54).

Bu metotlardan kuşkusuz en önemlisi demirin veya çeliğin ısınırken çeşitli sıcaklıklarda ışımaya yaptığı renk tonlarının gözlenmesidir. Bu gözlemin kusursuz gerçekleşmesi için demirciler atölyelerini her zaman karanlıkta tutmuşlardır. Saf demir yaklaşık 600 °C'de soluk kırmızı rengini alır, 900 °C civarında ise ışılda bir süreliğine koyu portakal renginde çok güçlü olur ve bu renk değişimi beyaza doğru ilerler. Özellikle portakal rengine yaklaştığında demirci bir yandan ara ara ateşten çıkardığı başlangıç malzemesini ya da ürününü döverek sertlikte bir değişiklik olup olmadığını test eder. Bunun nedeni malzemedeki gerçekleşen ani sertleşme anının yakalanmasıdır. Çünkü aslında modern faz çizelgesinde faz dönüşümünü işaret eden bu değişimden sonra demir dövülmesi için en uygun evresine ulaşır. Demirci ürün şekillendirmesi bitene kadar bu sıcaklıkta kalmaya çalışır. Çeliklerde ise ışımaya anı kiraz renginde yani daha düşük sıcaklıkta gerçekleşir. Demirci bütün bu ısıtma ve dövme işlemlerini uygularken bir yandan zamana karşı hareket etmektedir, çünkü demir ve çelik özellikle dövme sıcaklığında karbonsuzlaşmakta, çok çabuk oksitlenmekte ve bu da malzeme kaybına neden olmaktadır (Sherby & Wadsworth 2001: 250).

Şekil 1.3. Demirin sıcaklığa bağlı olarak renk değişimi (Sherby & Wadsworth 2001: 250).



Dövme işlemi süresince ve sonrasında uygulanan bazı önemli metalürjik işlemler şu şekilde sıralanabilir:

1.6.1 Sıcak kaynak

Dövme demirden şekillendirilen aletlerde birbirine tutturulması gereken bölümler, normal dövme sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara ısıtılıp, üst üste getirilerek dövülmesi ile kaynatılmıştır. Kaynak yapılan bölümlerin birbirlerini sıkı tutması için aralarında oksitlenmiş yüzeylerin bulunmaması gerektiğinden bu yüzlere ince kum atılarak oksitlenme temizlenmiştir. Bazı bölgelerde nehir kenarlarından toplanan bu ince kum (Ziniakov 1988:90) aynı zamanda kaynak kumu olarak da bilinmektedir. Aynı tür malzemelerde döverek kaynatma işlemi çok karmaşık bir yöntem olmasa da demir ve çeliğin kaynatılması gerektiği durumlar farklı dövülme sıcaklıklarına sahip olmaları nedeniyle ustalık gerektirmiştir. Aletin yumuşak bölümünü oluşturacak dövme demir, açık sarı sıcaklığında tutulurken çelik bölüm parlak kiraz renginde ısıtılmış ve ardından bu parçalar malzeme tasarımına göre dövülerek kaynatılmıştır. Bu tip kaynatma işleri daha çok bıçak gibi belli bir bölümü sertlik gerektiren aletlerde uygulanmıştır.

1.6.2 Su Verme

Dövme işleminin tamamlanmasının ardından nasıl soğutulduğu, ürünün mekanik özellikleri üzerinde doğrudan etkisi vardır. Eğer ürün dövüldükten sonra ocak içerisinde bırakılarak soğutulursa içyapıyı oluşturan tanelerde meydana gelen büyüme malzemenin yumuşamasına neden olur. Dövülme ile elde edilen yapı ve özellik korunmak isteniyorsa fırın

dışında havada soğuma işlemi gerçekleştirilir. Havada soğuma sürecinde oksitlenme yaşanmasının engellenmesi için ise alet kül havuzu içine gömülür.

Eğer ürünü oluşturan malzeme çelik (karbon oranı %0,2'den fazla) ise şekillendirme sonrası sıcak halde suya veya farklı sıvılara daldırma aşırı sertleşmeyi sağlamaktadır. Sıcak halde suya daldırma martensit denilen oldukça sert ancak kırılğan içyapıların oluşmasına olanak vermektedir. Su dışında yağda soğutma yapılması ya da su verme işleminin yarıda kesilmesi gibi durumlarda ise soğuma hızı düşmekte, martensit ile birlikte perlit, beynit gibi farklı içyapılar da oluşmaktadır. *Yavaş Su Verme* olarak bilinen Ortaçağ'da da uygulamalarına rastlanılan bu işlem normal *Su Verme* işlemine göre daha düşük sertlikte ancak daha dayanıklı ürünler elde edilmesiyle sonuçlanır (Lang 1975: 204).

Homeros'un *Odyssea* adlı eserinde Odysseus'un mitolojik yaratığın gözüne soktuğu yanar haldeki bir sırığın, demircilerin kor halindeki demirin suya sokuldukları anda çıkardığı sesi çıkarması tanımlaması, *Su Verme* işleminin Antik Yunan demircileri tarafından MÖ 8. yüzyılda yaygın bir şekilde kullanıldığını işaret etmektedir (Rickard 1939: 97; Bauerman 1882: 6). Pliny MS 77-79 yıllarında yazdığı *Doğa Tarihi* adlı eserinde küçük ebatlı demir aletlerde *Su Verme* işlemi uygulandığında kırılğanlığın kabul edilir düzeyden fazla olması nedeniyle, yağ ile *Yavaş Su Verme* işleminin tercih edildiğini anlatmaktadır (Bostock 1855). *Su Verme* işleminin bilinçli bir şekilde uygulandığı en eski dönemlerin ise MÖ 12. yüzyılı civarı olduğu arkeolojik buluntular sonucunda ortaya çıkarılmıştır (Pleiner 1979: 91).

1.6.3 Menevişleme

Su verme işlemi sonrası oluşan yapının kırılğanlığını bir miktar azaltmak için düşük ısılarda tutulması işlemi menevişleme olarak adlandırılmaktadır. Menevişleme sürecinde malzemenin sertliğinde de bir miktar düşüş yaşanır. Su verme işlemi sonrası menevişleme uygulamasının yazılı kaynaklarda en erken MS 16. yüzyılda rastlanmaktadır. Bu tekniğin geçmişinin ne kadar geriye uzandığı ise tam olarak bilinmemektedir (Stanley 1964: 150).

Menevişlemenin uzun süreli uygulanması durumunda sementit ve perlitli yapılarda yumrulaşma meydana gelmekte (Callister 2007: 329) ve bu da malzemenin yumuşamasına yol açmaktadır (Pleiner 2006: 66).

1.6.4 Soğuk dövme

Demir veya çelik içerikli aletlerin soğumaya yakın ya da soğuk halde dövülmeye devam etmesi içyapılarını oluşturan tanelerde deformasyona neden olmaktadır. Deformasyonun

miktarına bağılı olarak malzemenin sertliği de artmaktadır (Scott 1991: 139). Demirin içyapısını oluşturan ferrit taneleri soğumaya yakın halde dövüldüklerinde iki kata yakın bir oranda sertleşebilmektedirler (Sherby & Wadsworth 2001: 348).

1.6.5 Karbürleme

Demiri çeliğe dönüştüren karbonun en büyük kaynağı metalürjik işlemlerde ısı kaynağı olarak kullanılan odun kömürüdür. İlk çelik örnekleri muhtemelen demirin demirci ocağında uzunca süre odun kömürünün içinde ısıtılmasıyla elde edilmiştir (Stanley 1964). Karbonca zengin atmosferde ve yüksek sıcaklıklarda tutulan aletlerde karbon emilimi difüzyon yoluyla öncelikle yüzeyden başlar. Aletin karbonca zengin bölgesinin bir başka deyişle kabuğunun ne kadar kalın olacağı difüzyon parametreleri olan zaman, sıcaklık ve atmosfer ile doğrudan bağlantılıdır. Ayrıca karbürleme işlemi sonrası aletin nasıl soğutulduğu da sürecin verimliliğini etkilemektedir (Feuerbach 2005: 28).

Bir demir aletin odun kömürü kullanılan demirci ocağında ısıtılması ve dövülmesi döngüsü içerisinde yüzeyinden karbon emiliminin doğal yollarla gerçekleşmesi beklenmektedir. Ancak demirci ocağının sürekli kömürle beslenen açık bir sistem olduğu düşünüldüğünde karbürlemenin dağınık ve çok belirgin olmayacağı düşünülmektedir. Karbonca zengin alete mekanik özellikler kazandıracak bir kabuğun oluşması ancak 900 °C'ya yakın sıcaklıklarda ve her tarafı karbon verebilecek bir malzemeyle örtülmüş halde bulunmasıyla mümkün olabilmektedir. Demirci atölyesinde en sık uygulanan yöntemlerden birisi odun kömürüne gömülmüş sıcak aletin üzerinin refrakter malzemelerle kaplanmasıdır. MS 10. yüzyılda Altay Türkü demircilerinin kilden çömler içerisine doldurdukları yanıcı malzemeler içerisine aletlerini gömüp, bu çömleri yüksek sıcaklıklarda ısıttıkları bildirilmektedir (Ziniakov 1988:90). Kabuk sertleştirme için kullanılan bu yöntemin gelişmiş versiyonu ile Myesor türü pota çeliklerinin üretilmesi bu coğrafya için oldukça anlamlıdır. Theophilus MS 12. yüzyıla ait eserinde ege gibi aletlerin ince dişlerinin karbürlenmesi için eğenin üzerine domuz yağı sürüldükten sonra deri ile sarıldığını ve en üzerine kilden bir zar kaplandığını anlatmaktadır. Kil ile birlikte ısıtılan sistem dişlerin karbon emmesine ve sertleşmesine yeterli olmaktadır (Rehder 1989: 35). Aletin belli bir bölümünün karbürleme işleminden etkilenmesi istenmeyen durumlarda ise bu bölümler kille kaplanarak karbürleme işlemi uygulanmıştır. Seçici karbürleme olarak da adlandırılan bu uygulama örneklerine kesici aletlerde rastlanmaktadır.

1.7 Anadolu'da Demirin Tarihi

İnsanlık tarihinde demirden üretilmiş en eski buluntulara Samarra (Güney Irak), Tepe Sialk (Kuzey İran) ve El-Gerzeh (Mısır)'da rastlanmıştır. MÖ 5000 ile 3100 arasında tarihlendirilen toplam sayısı 14 olan erken demir buluntuları arasında küre formunda parlatma işlevinde kullanıldığı düşünülen demir parçaları, boncuklar ve bir de yüzük yer almaktadır (Waldbaum 1980: 69).

MÖ 3000 ile birlikte Anadolu'da görülmeye başlanan erken demir içerikli buluntuların sayıca en büyük kaynağı Alacahöyük'tür. MÖ 2800 – 2500 yılları arasına tarihlendirilen altın kabzalı ve demir namlulu hançer, Alacahöyük buluntuları arasında en dikkat çekici olanıdır. Hançerde yapılan kimyasal analizlerde demir bölümde nikel rastlanmamıştır. Bu durum nabit demirin doğada nadir bulunuşu göz önüne alındığında, hançerin Anadolu'da cevherden doğrudan izabe işlemi ile demir üretiminin en eski kanıtlarından birisi olduğunu düşündürmektedir. Hançer ile aynı döneme tarihlendirilen Anadolu kaynaklı bir başka demir içerikli buluntu ise Troya'da Schliemann tarafından bulunmuş olan demirden asa başıdır. Bu buluntunun hem tarihlendirilmesi hem de içeriği konusunda bazı şüpheler bulunmaktadır. Yapılan kimyasal analizler malzemenin oksitlerden, hidratlardan oluşan ve oldukça fazla su içeren bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Malzemenin kompozisyonu ve makroskopik yapısı düşünüldüğünde bunun demirden üretilmiş bir alet değil okside olmuş bir demir cevheri parçası olduğu tahmin edilmektedir (Yalçın 1999: 180).

Bu dönemde diğer bölgelerde elde edilmiş demir içerikli buluntular gibi Anadolu'da ele geçen buluntular da özel objelerdir. Silah ve aletler günlük değil açıkça törensel amaçlarla kullanılmış, demir, değerli bir metal olarak kabul görmüştür (Waldbaum 1980: 72).

Demir buluntu sayısının Anadolu'da ciddi oranda arttığı dönem Geç Tunç Çağı'dır (MÖ 1600-1200). Bu dönemde demirin değerli metal özelliğinin yanı sıra Alacahöyük ve Boğazköy'de ele geçmiş Hitit örneklerinde olduğu gibi, balta ve okucu gibi basit eşyaların üretiminde de kullanıldığı ortaya çıkmıştır. Ancak halen bronzun bu tip aletlerin üretiminde tercih edilen ana malzeme olduğu buluntu sayılarındaki farklarla görülmektedir. Alacahöyük buluntuları arasında yer alan bir bıçağın kabza bölümünde yapılan metalografi incelemesinde perlitli bölgeler ve uzamış cüruf kalıntıları gözlenmiştir. Boğazköy'den incelenen balta örneğinde ise sap ve kesici kısımda farklı karbon oranları tespit edilmiştir (Muhly et al. 1985: 78). Kesici bölümde görüldüğü bildirilen %0,6-0,7 civarındaki karbon oranı demircinin bilinçli bir karbürleme işlemi uyguladığını düşündürmektedir. Hititlere ait arkeolojik çalışmalarda ele

geçmiş demir içerikli buluntu sayısı çok olmasa da yazılı kaynaklarda demir ve demircilikle ilgili ifadeler Hititlerin uzunca bir süre demiri izabe etmeyi bilen ve üreten tek toplum olduğunun kabul edilmesini sağlamıştır (Childe 1998: 156-157). Hattusilis III (MÖ 1289-1265) mektubunda demir talebinde bulunan Asurlulara demir üretimi için kötü bir zaman olduğu ve bir demir hançeri hediye olarak kabul etmesini rica etmektedir (Maxwell-Hyslop 1974: 142).

Anadolu'da ve Yakın Doğu'da Demir Çağının başlangıcı MÖ 1250 yıllarına tarihlendirilmektedir. Demir metalürjisinin gelişmesi ile özellikle MÖ 1000'den itibaren Anadolu'da demir, bronz kadar yaygın olarak tercih edilen malzeme halini almaya başlamıştır (Yalçın 1999: 177). Van çevresinde yürütülen kazılarda MÖ 11. yüzyıldan başlayarak demir buluntu sayısında önemli bir artış gözlemlenmektedir. Erniş ve Karagündüz kazılarında bulunan demir objeler daha önceki dönemlerle karşılaştırılmayacak kadar çoktur. Özellikle Karagündüz mezarlık kazılarında, MÖ 11. ve 10. yüzyıla tarihlenen Urartu uygarlığına ait demir bilezikler, halhallar, yüzükler, kolye uçları ve boncuklar gibi mücevher parçalarının yanı sıra çok miktarda silah ve alet bulunmuştur (Resim 1.6). Karagündüz demirleri genellikle düşük karbonlu olarak üretilmiştir, ender olarak yüksek karbon içeren örneklerle de rastlamak mümkündür. Karagündüz'de bronz buluntular demire kıyasla son derece azdır (Sevin & Kavaklı 1996: 27).

Resim 1.6. Karagündüz oda mezarlarında bulunmuş çeşitli demir bilezik, halhal ve halkalardan genel bir görünüm (Sevin & Kavaklı 1996: 30).



Büyüktepe, Sos Höyükleri, Van Kale ve Ayanis'te ele geçen Urartu uygarlığına ait diğer buluntularla birlikte demirin MÖ 10. yüzyılın başlarının, Urartu'nun hızla artan gücünün ve genişleyen etkisinin kültürel sembol malzemesi olduğu görülmüştür. Urartu hâkimiyetinin

bölgede genişlemesi demir teknolojisinin Doğu Anadolu'da yerel topluluklara da nüfus etmesine yardımcı olmuştur. Böylelikle kırsal yayla yerleşimlerinde küçük çaplı atölyelerde üretilmiş MÖ 500'den sonrasına tarihlendirilen demir aletlerin izlerine rastlanmaya başlamıştır. Arkeometalürjik incelemeye tabi tutulan bu döneme ait 33 buluntu arasında Büyüktepe kaynaklı orta karbonlu bölümlerin bulunduğu bıçakta başarılı bir sıcak kaynak ve ardından su verme işleminin uygulandığı tespit edilmiştir (McConchie 2004: 177-178).

Anadolu'da demir çağı ile birlikte sadece Doğu'da değil Batı'da da demir alet üretiminin yoğunlaştığını gösteren önemli arkeolojik buluntular mevcuttur. Bunlardan en önemlisi Phokaia'da ortaya çıkarılmış demirci ocağıdır (Özyiğit 2005).

Demir içerikli buluntu sayılarındaki artış ve incelenen örneklerdeki demircilik yöntemlerinin izleri, takip eden dönemlerde demirin, Anadolu genelinde çok tercih edilen ve ustalıkla işlenen bir malzeme olduğunu ortaya koymaktadır. Demir cevherlerinin Anadolu'nun geneline yayılışı antik dönemlerde kentlerin kendi demirlerini üretmesine ardından bu ara ürünleri, kent içlerindeki demirci atölyelerinde ihtiyaçları doğrultusunda şekillendirmesine olanak vermiştir. Arkaik Klazomenai'de, nekropol ve kentin yaşam alanı arasındaki atölyeler bölgesinde yer alan demirci atölyesi, kuzey rüzgârlarını alacak şekilde konumlanmıştır. Buradaki kazılarda ortaya çıkarılan örs ve demirci ocağı gibi buluntular, dönemin demirci atölyelerinin çalışma süreçleri konusunda önemli bilgiler elde edilmesine yardımcı olmuştur (Cevizoğlu & Yalçın 2012). Sagalassos antik kentinde MS 1. - 7. yüzyıllar arası Roma – Erken Bizans dönemine tarihlendirilen cüruf kalıntıları, demir külçeler ve bitmiş ürünler buradaki demircilerin kentte ihtiyaç duyulan demir içerikli çivi gibi yapı malzemelerini kendilerinin ürettiğini göstermektedir. Bu kentin yakınlarında yer alan Beydağları'nda MS 6.- 7. yüzyılda cevherden demir üretildiğini gösteren çok miktarda izabe cürufları ve işlenmiş cevher bulunmuştur. Kimyasal kompozisyon açısından cevher ve izabe cürufları ile Sagalassos demir buluntuları arasında büyük farklar olduğu ortaya çıksa da, bulgular antik metalürjicilerin cevhere ulaşım ve demir üretimi konusunda herhangi bir sıkıntı yaşamadıklarını göstermektedir (Kellens et al. 2003: 252-253).

Anadolu'da Ortaçağ buluntuları üzerinde yapılan arkeometalürjik çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu tez çalışması ile birlikte Ortaçağ'da Anadolu'da kullanılan demir içerikli malzemelerin ve şekillendirme yöntemlerinin hangi seviyelere ulaştığı sunulacak böylelikle Anadolu'da demirin tarihinde karanlıkta kalan bazı noktalar aydınlatılmaya çalışılacaktır.

BÖLÜM II

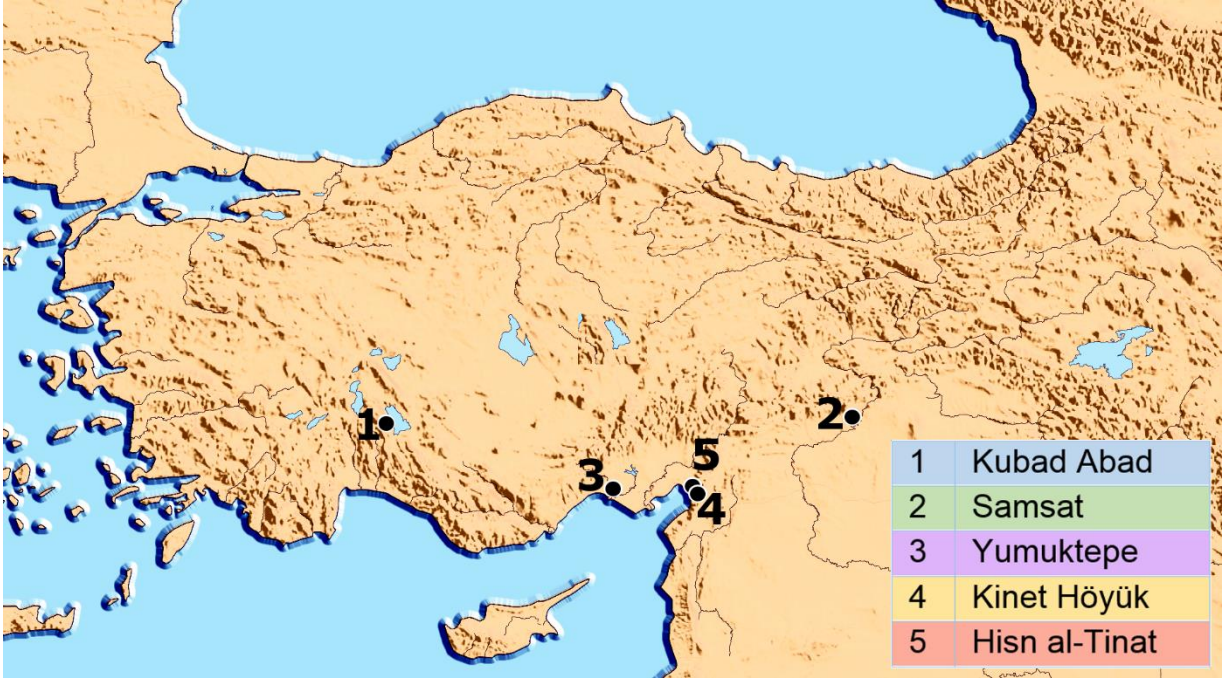
ANALİTİK SÜREÇ VE METODOLOJİ

Anadolu'da Ortaçağ Demir Metalürjisinin ana hatlarını ortaya koymaya çalışan bu projede kazı alanlarının ve bu alanlardan gelen buluntuların seçiminin, sonuçlar üzerinde doğrudan etkisi olması kaçınılmazdır. Ortaçağ'ın çok geniş bir zaman dilimini ifade etmesi ve bu dönemde Anadolu'da var olmuş muhtemelen farklı teknolojik kültürlere sahip çok sayıda topluluğun bulunması, çalışma kapsamında yapılan tercihlerin önemini daha da arttırmaktadır. Bu nedenle tezin Giriş bölümünde anlatıldığı gibi bazı bilinçli kısıtlamalara gidilmek durumunda kalınmıştır. Bilinçli kısıtlamaların dışında ise çalışmanın doğası gereği karşılaşılan güçlükler ve nasıl bir yöntem takip edildiği bu bölümde detayları ile anlatılmaktadır.

2.1 Kazı Alanlarının Seçimi

Kazı alanlarının seçimi aşamasında ilk olarak Kültür Bakanlığı tarafından düzenlenen Kazı Sonuçları Toplantılarına ait yayınlar taranmıştır. Bu tarama esnasında demir buluntu sayısı, niteliği ve metalürjik işlemlere ait izlere dair dikkat çekici ifadelerin ait olduğu raporlardan kazı alanları, sorumlu kazı ekibi, kazı alanında rastlanan kültürel tabakalar, çalışma ile ilgili olabilecek buluntu türleri listelenmiştir. Bu aşamadan sonra listedeki ayıklama, ulaşılabilen ve çalışma konusunda istekli kazı başkanları ile görüşülerek yapılmıştır. Kazı alanları ya da kazı buluntularını içeren depolar ziyaret edilerek buluntular, korozyon durumları ve içerikleri açısından gözlemlenmiş ve sorumlulara çalışma kapsamında bilgi verilmiştir. Son olarak farklı topluluklara ait ancak tarihsel ve konum olarak birbirlerine yakın kazı alanları olan Yumuktepe, Samsat, Hisn al-Tinat ve Kinet Höyük üzerinde karar verilmiştir. Bu kazı alanlarından daha farklı bir konuma sahip Kubad Abad ise coğrafik farklılıkların etkilerinin gözlenmesi ve zengin demir içerikli buluntu grubu nedeniyle çalışmaya dâhil edilmiştir.

Şekil 2.1. Kazı alanlarının konumunun haritada gösterimi.



2.2 İncelenecek Buluntuların Seçimi

Öncelikle kazı alanlarının buluntuları arasında yer alan metalürjik ısıtma işlemlerinin izlerini taşıyan cürufumsu malzemeler tespit edilmiştir. Kubad Abad ve Hisn al-Tinat'ta kazı esnasında toplanan cürufumsu malzemelerin sayısının az olması nedeniyle bunlardan hepsi numune almak üzere seçilmiş, Kinet Höyük'te ele geçen bu tip malzemelerin hepsinin incelenmesi mümkün olmadığı için kazı raporları okunarak cürufuların yoğunlaştığı farklı bölgelerden örnekler seçilmiştir.

Demir içerikli buluntulardan kazı raporlarında demir obje olarak kaydedilmiş etütlük örneklerin manyetik özellikler taşıyıp taşımadığı mıknatıs yardımıyla tespit edilmiştir. Her kazı alanındaki korozyonun tamamen tahrip etmediği örnekler arasında yer alan kesici alet, okucu ve çivi türlerinin her birinden iki ya da üç tanesi seçilmeye çalışılmıştır. Diğer türlerde ise Hisn al-Tinat'ta ele geçen demir blok gibi, metalürjik açıdan dikkat çekici özelliklere ve geometrilere sahip örnekler ve Kinet Höyük'teki at nalları gibi o bölgede çok sayıda bulunan türlerden birer tanesi incelenmek üzere ayrılmıştır.

Tablo 2.1. Türlerine göre incelenen buluntu sayısı.

Türler	Kesici Alet	Okucu Mızrak ucu	Çivi	Nal	Tanımsız Objeler	Metalürjik Buluntular	Toplam
Buluntu sayısı	16	26	12	2	10	33	99

İncelenmek üzere seçilen buluntuların ağırlık ölçümleri hassas terazilerde yapılmış ve buluntular, fotoğraf çekimleri gerçekleştirilerek kodlanmıştır. Buluntu fotoğrafları, ağırlıkları, kazı alanında buldukları yerler, görsel özellikleri ve numune alınan bölgeleri gösteren fotoğrafları içeren katalog tezin sonunda (Ek 1-5) yer almaktadır.

2.3 Buluntu Türleri ve Sınıflandırılması

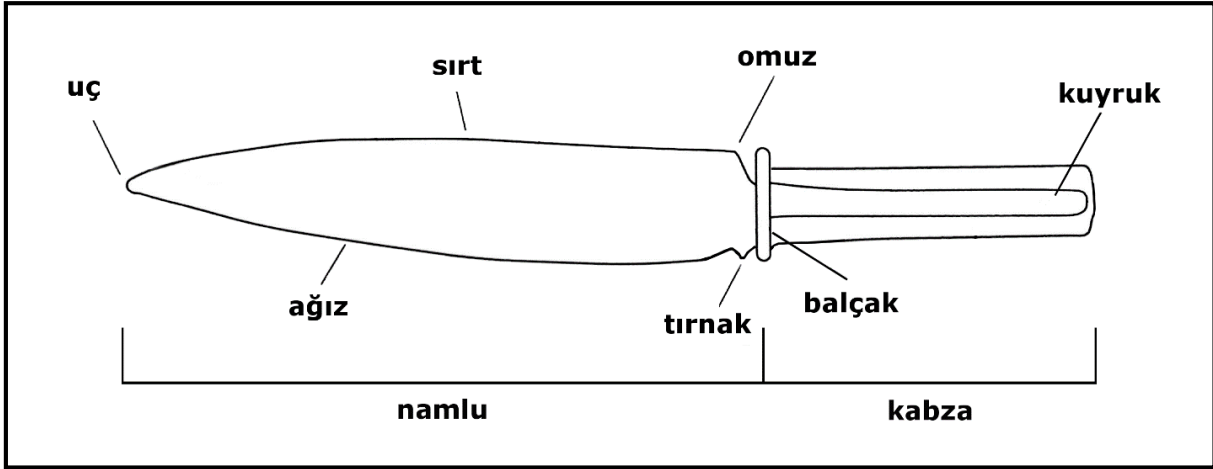
Çalışmada seçilen demir içerikli buluntular üzerinde yapılan analizlerin, daha verimli değerlendirilebilmesi için tür ve alt tür sınıflandırmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Seçilen demir aletler, kullanım amaçlarına göre beş ana sınıfta değerlendirilmektedir. Kesici alet, okucu ya da mızrak ucu, çivi, nal ve tanımsız obje sınıflarına ek olarak cüruflar-ara ürünler, metalürjik buluntular olarak adlandırılacaktır. Yapılan sınıflandırma sadece bu çalışma kapsamında incelenen buluntular dikkate alınarak yapılmıştır.

En fazla örneğin yer aldığı türler olan kesici alet, okucu-mızrak ucu, çivi ve cürufların değerlendirilmesinde kullanılacak terimler ve tür başlıkları aşağıda sunulmaktadır. Burada bazıları yeni ifadeler içeren bölümlerle arkeoloji alanında tipoloji ve terminoloji çalışmalarına önerilerde bulunmaktan çok bu çalışma kapsamındaki arkeometalürjik analizleri değerlendirmede kolaylık sağlanması hedeflenmektedir.

2.3.1 Kesici Aletler

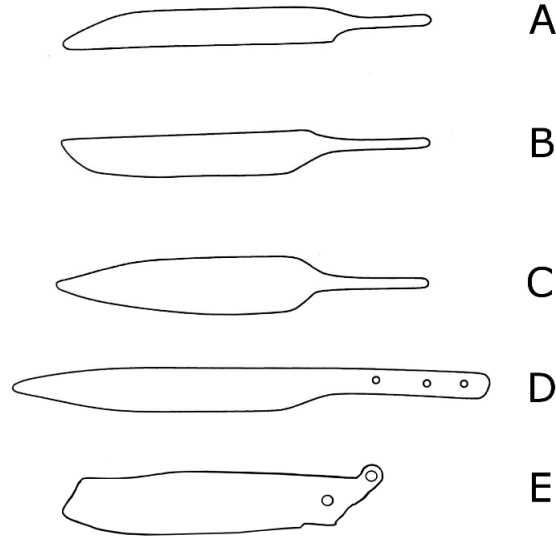
Bu çalışma kapsamında kesme ve delme işlevi gerçekleştirmek üzere üretilmiş hançer, bıçak, testere gibi tüm objeler Kesici Aletler sınıfı içerisinde değerlendirilecektir. Kesici aletlerin üretim özellikleri belirtilirken kullanılacak terimler Şekil 2.2'de görülmektedir.

Şekil 2.2. Kesici alete ait bölümlerin adlandırılması.



Kesici aletler sırt ve ağız eğimlerine göre 5 farklı tipe sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada A, B, C ve D tipleri için Goodall tarafından yapılan sınıflandırma sadeleştirilmiş ve tez çalışmasına uyarlanmıştır (Goodall 2011: 106-108). E tipi ise buluntu dikkate alınarak çizilmiştir. D ve E tiplerinden sadece birer örnek incelenmiş olup, tipleri belirlenemeyecek kadar korozyon sonucu malzeme kaybına uğramış örnekler de bulunmaktadır.

Şekil 2.3. Kesici aletlerin sırt ve ağız eğimlerine göre sınıflandırılması.



Tip A. Ağızın ve sırtın namlu kuyruk birleşiminden uca doğru paralel uzandığı, uca yakın bir bölgede sırtın kıvrılarak ağızla buluştuğu bıçak türüdür.

Tip B. Ağızın ve sırtın namlu kuyruk birleşiminden uca doğru paralel uzandığı, uca yakın bir bölgede ağızın kıvrılarak sırtla buluştuğu bıçak türüdür.

Tip C. Ağızın ve sırtın namlu kuyruk birleşiminden uca doğru paralel uzandığı, uca yakın bir bölgede hem sırtın hem de ağızın kıvrılarak ortada buluştuğu bıçak türüdür.

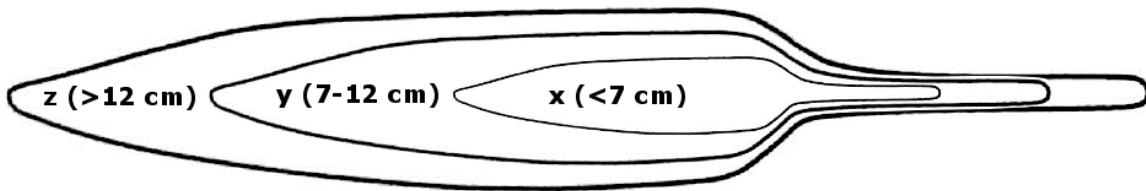
A, B ve C tipleri kesici aletlerin uçlarının yerlerine göre de ayırt edilebilirler. Sivri uç kısmı ağza yakın olan *Tip A*, sırta yakın olan *Tip B* ve ortada olanlar ise *Tip C* olarak değerlendirilmektedir.

Tip D. Ağız ve sırt eğimleri *Tip B*'ye benzer olan bu formda sırt uca doğru hafif bir eğim yapmaktadır. Kabza namlunun uzantısı şeklindedir. Bu uzantıdaki deliklerden geçirilen çivilerle ahşap, kemik ya da metal kaplama tutturulmuştur.

Tip E. Ustura işlevi gördüğü düşünülen formda sırt uca yakın hafif bir eğim dışında düzdür. Ağız ise kıvrımlıdır. Ağız ve sırt fazladan eğik bir düzlemle buluşmaktadır. Omuzda ve namlu bitimine yakın yüzeyde iki muntazam yuvarlak delik bulunmaktadır. Üstteki delikten asılmasını sağlayacak metal bir halka geçtiği, aşağıdaki deliğin ise usturanın ahşap ya da kemik koruması içerisine katlanmasının sağlayacak metal çivi için olduğu düşünülebilir.

Bıçakların farklı namlu uzunluklarını ifade edebilmek için de ayrıca üç grup belirlenmiştir (Şekil 2.4). Bu gruplar x, y ve z olarak adlandırılmakta ve kesici aletin tipinin sonuna eklenerek ifade edilmektedir.

Şekil 2.4. Tip C.x, Tip C.y ve Tip C.z kesici aletlerinin bir arada gösterimi.



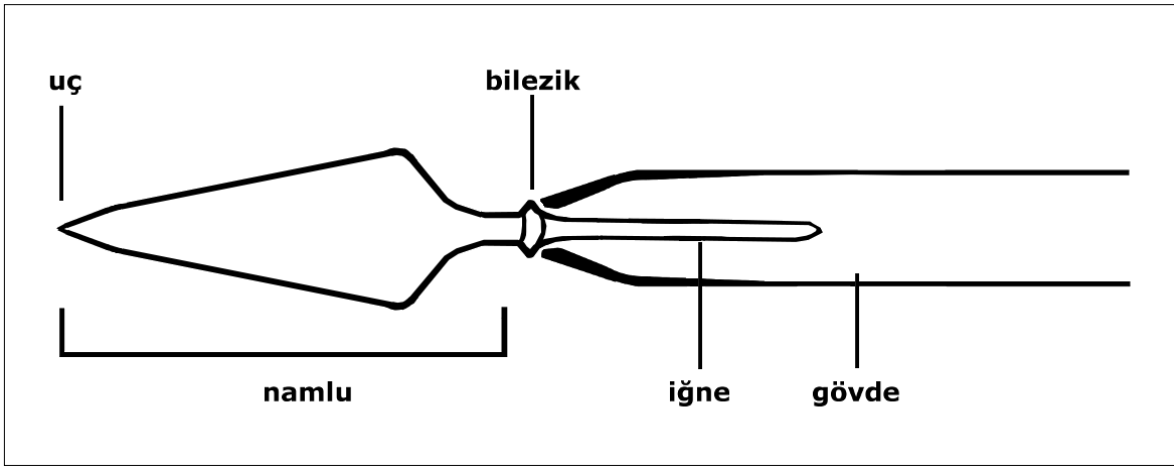
2.3.2 Okuçları – Mızrak uçları

Oklar ve mızraklar sadece savaşlarda değil, talimlerde, avlarda ve eğlence amaçlı yarışlarda da kullanılmışlardır. Bu da diğer unsurlarıyla birlikte okuçlarının ve mızrak uçlarının kullanım amacı doğrultusunda farklı malzemelerden ve farklı formlarda üretilmesine neden olmuştur. Uygun malzemelere ulaşım olanakları ve teknolojik birikimler de göz önüne alındığında bu tip aletlerdeki çeşitlilik daha da zenginleşmektedir. Bu çalışma kapsamında

incelenen demir okuçları ve mızrak uçları beklentiler doğrultusunda değişik formlardadır. Benzer ya da farklı türde okuçlarının ve mızrak uçlarının malzeme özelliklerinin ve üretim yöntemlerinin karşılaştırılması arkeometrik analizler sonucunda yapılacaktır.

Kazı alanlarından incelemek üzere seçilen okuçları ve mızrak uçları tanımlanırken ve türlerine göre sınıflandırılırken bölümlerini tarif etmek için Yücel tarafından önerilen (Yücel 1999); uç, namlu, iğne, bilezik ve gövde terimleri kullanılmaktadır.

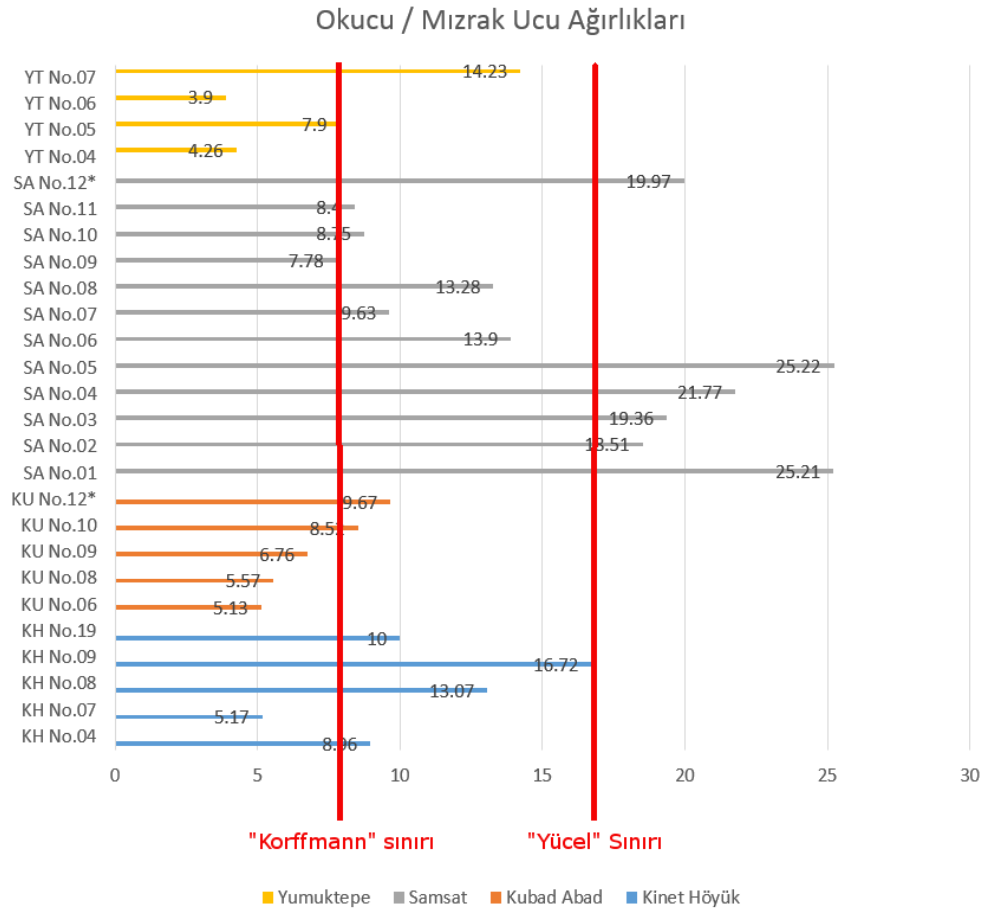
Şekil 2.5. Okucu veya mızrak ucu bölümlerinin adlandırılması.



Benzer formlara sahip olması nedeniyle okuçları ve mızrak uçlarını ayırt edebilmek oldukça güçtür. Oku fırlatmak için kullanılan yayın belli bir ağırlığın üstündeki yükü istenilen uzaklığa atamaması beklenmektedir. Bu nedenle okucu ve mızrak uçlarını ayırmaya yönelik çalışmalar uçların ağırlıklarına yoğunlaşmıştır.

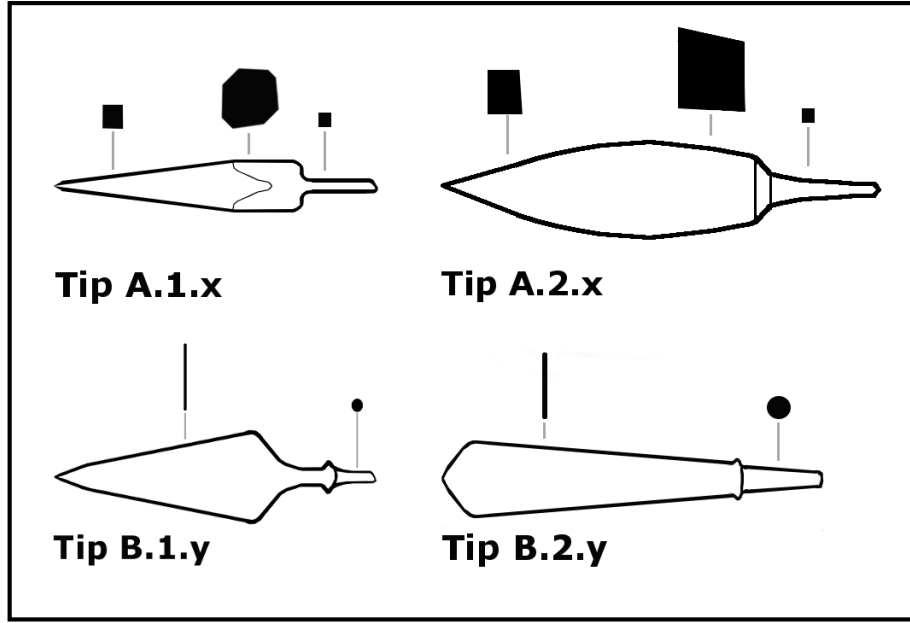
Korfmann, Arap atıcılık eğitimini konu alan kaynaklardan yararlanarak yaptığı tespitlerde bir okucunun en fazla 8,3 gram ağırlığında olabileceğini belirtmiştir (Korfmann 1972). Öte yandan Yücel Osmanlı okuçları arasında 16-17 gramı bulan örnekler olduğunu savunmaktadır (Yücel 1999). Bu alışma kapsamında ise incelenen örneklerden 17 gramı aşanlar mızrak ucu olarak kabul edileceklerdir (Şekil 2.6). Ağırlık ölçümü yapılan ve grafikte gösterilen iki okucunun koduna bir işaret eklenmiştir. Bunlardan ilki olan SA No.12 kodlu okucunun ağırlığı 19,97 gram olsa da bu objeye korozyon sonucu başka bir parça yapışmış ve ağırlığını arttırmıştır. KU No.12 ise üretimi yarıda bırakılmış bir okucu olup uç kısmını oluşturan bölümün henüz kesilmediği anlaşılmaktadır.

Şekil 2.6. Çalışma kapsamında incelenen okucu-mızrak uçlarının ağırlıkları.



Demir okuçları ve mızrak uçlarında sınıflandırma yapılırken ilk bakışta namli kesitlerdeki farklılık göze çarpmaktadır. Bu nedenle öncelikle dörtgen kesitliler ve yassı kesitliler, iki ana grup olarak belirlenmiştir. Literatürde bu gruplara ek olarak üçgen, yuvarlak, yıldız kesitli okuçlarının da üretildiği belirtilse de çalışma kapsamında bu gruplardan okucu bulunmamaktadır (Yücel 1999). Alt türlerine ayrılması için aletlerin ağırlıklarına ve namli formlarına göre bir sınıflandırma yapılmıştır (Şekil 2.7).

Şekil 2.7. Okucu ve mızrak uçlarının formlarına göre sınıflandırılması.



Tip A.1: Zırh ve kalkan delmekte etkili bir okucu türüdür. Atılan okucunun hedefe girişinin ardından karşılaştığı direncin artmasını engellemek için namlunun iğneye yakın genişleyen kenarları üretim aşamasında dövülerek yumuşatılmıştır. Kesitleri daha küçük olan okuçlarında bu işleme gerek duyulmamıştır. İğne kısmı korunabilen okuçlarının iğne kesiti dörtgen olanlar *Tip A.x*, yuvarlak olanlar ise *Tip A.y* olarak adlandırılacaktır.

Tip A.2: Ağırlığı 17 gramı aşan uçlar, namluların dörtgen kesitli olması nedeniyle mızrak ucu olarak bu tipe dâhil edilmişlerdir. *Tip A.1*'e göre daha kalın bir kesite sahiplerdir.

Tip B: Yassı kesitli okuçları zırhsız ve yumuşak hedeflere atılmak için tercih edilen bir türdür. Namlu iğne birleşiminde oluşan bileziğin zaman zaman uzadığı örnekler vardır. Yassı kesitli okuçları kendi içinde iki alt tür içinde değerlendirilecektir.

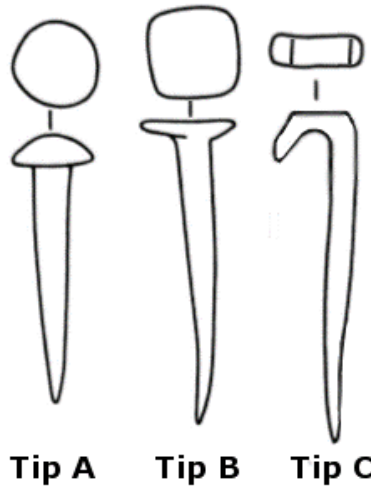
Tip.B.1: Söğüt yaprağı formundaki namlu, sap birleşim noktasından geniş açılı olarak namlu sap birleşimine yakın bir bölgede en geniş noktasına ulaşmakta, ardından uç kısmına doğru dar açılı bir şekilde uzanmaktadır. İğne kısmı korunabilen okuçlarının iğne kesiti kare olanlar *Tip B.1.x*, yuvarlak olanlar ise *Tip B.1.y* olarak adlandırılmaktadır.

Tip.B.2: Namlu sap birleşiminden itibaren genişliğin arttığı ve uç kısmının dik ya da geniş bir açıyla sonlandığı (≥ 90 derece) okuçlarıdır. İğne kısmı korunabilen okuçlarının kesiti kare olanlar *Tip B.2.x*, yuvarlak olanlar ise *Tip B.2.y* olarak adlandırılmaktadır.

2.3.3 Çiviler

Orta Çağ kazı alanlarından ele geçirilen tüm metal buluntular arasında genellikle çiviler en büyük grubu oluşturmaktadırlar. Çalışma alanlarından birisi olan Kubad Abad'da 1981-2012 yılları arasında gerçekleştirilen kazılarda 334 adet, çeşitli boyutlarda çivi bulunmuştur (Yavaş 2015). Çalışma kapsamında seçilen 12 parça çivinin biri hariç hepsi kare kesitli olup uzunlukları 7-13 cm arasında değişmektedir. Çivilerin çekiç vurulan bölümleri olan başları incelendiğinde üç farklı tip tespit edilmiştir (Şekil 2.8).

Şekil 2.8. Çivilerin baş bölümlerine göre sınıflandırılması².



Tip A. Başı mantar şeklinde, baş gövde bağlantısı düz olan çivi türüdür.

Tip B. Baş kesiti yuvarlanmış dörtgen olup baş gövde birleşimi eğimlidir.

Tip C. Başı kanca şeklinde olan kullanım esnasında kıvrılmış izlenimi veren çivi türüdür.

2.3.4 Metalürjik Buluntular

Demirce zengin, ısıdan etkilenmiş; yumrulu, gözenekli bir görünüm sergileyen ve bazı durumlarda içeriğinde odun kömürü kalıntıları, seramik parçaları gözlenen her türlü buluntu, metalürjik buluntu olarak çalışma kapsamına dâhil edilmiştir. Bu buluntu türlerinden en büyük grubu demircilik işlemi sonucu oluşan atıklar, bir başka deyişle cüruflar oluştururken, kendini

² Çivi çizimleri Goodall tarafından hazırlanan daha büyük bir gruptan alınarak bazı değişiklikler yapılmıştır (Goodall 2011:164).

boyutuna göre ağırlığı ve kesildiği anda ortaya çıkan yoğun metalik bölgelerle belli eden luppece zengin buluntular ikinci grupta yer almaktadır.

Kazı alanlarında ele geçen cüruflar çoğunlukla homojen olmayan bir yapıya sahip olup morfolojik olarak da belli bir forma sahip değildirler. Ayrıca cürufların genellikle kırılmış bir halde bulunmaları tipolojik bir sınıflandırma yapmayı daha da zorlaştırmaktadır.

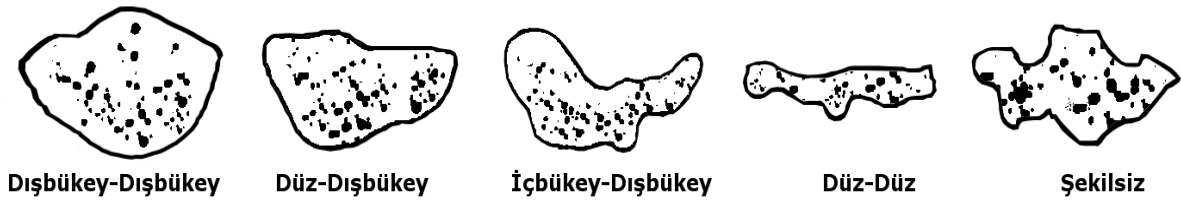
Öte yandan demirci ocağı yatağında oluşan cürufların (Demirci Ocağı Altı – Smithing Heart Bottom) alt yüzeylerinin ocağın zemininin ya da içinde bulunduğu odun kömürü yatağının şeklini aldığı, yüzeylerinin ise körüğün pozisyonuna göre dışbükey, düz ya da içbükey oldukları bildirilmektedir (Serneels & Sebastien 2003). En çok rastlanılan demirci ocağı cürufları düz-dışbükey ya da içbükey - dışbükey formlarındadır. Çapları 2-20 cm arasında değişmekte olup kalınlıklar 3 ile 6 cm arasındadır (Selskiené 2007). Ağırlıkları ise 10 gramdan başlayarak 1 kilogramı aşabilmektedir (Pleiner 2006).

İzabe ocağı ürünü olan luppelerin formları da çoğunlukla düz-dışbükey ya da içbükey-dışbükey şeklindedir. Bazen fırın duvarına yapışık oluşmaları nedeniyle bir kenarları düz olabilmektedir. Boyutlarının ve ağırlıklarının demirci ocağı cürufu sınırları içerisinde yer almaları nedeniyle kazı alanlarında bu tür metalürjik buluntular birbirleriyle karıştırılabilmektedirler. Luppelerin içeriğindeki kesim sonrası tespit edilen kütleli metaller en büyük ayırt edici özellikleridir.

Demirci ocağı cüruflarının kesiminde ise körüğe bakan yüzeye yakın bölgelerin daha uzun süre daha yüksek sıcaklıklara maruz kalması nedeniyle daha az gözenekli ve daha yoğun olduğu görülebilmektedir (Mcdonnell 1991).

Bu çalışma kapsamında metalürjik buluntuların morfolojileri tanımlanırken Şekil 2.9'de görülen geometriler kullanılacaktır.

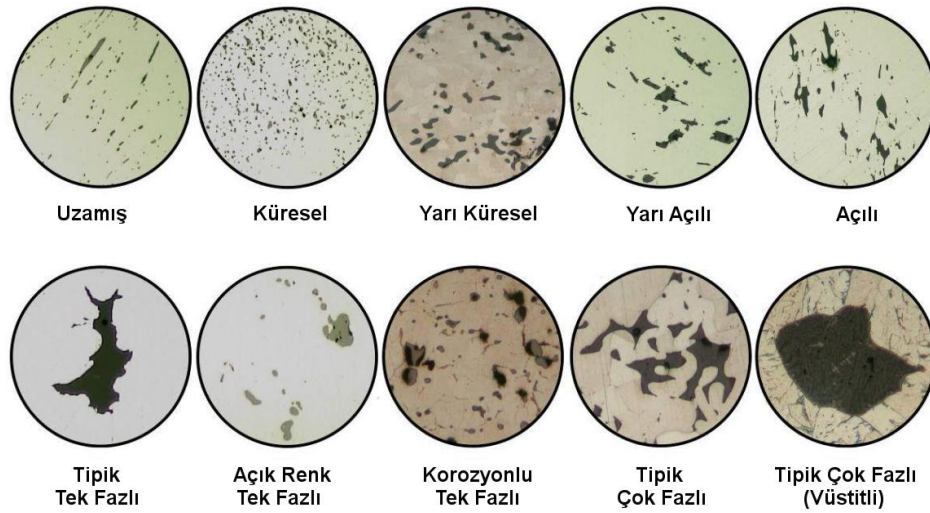
Şekil 2.9. Metalürjik buluntularda görülebilen geometriler.



2.3.5 Cüruf Kalıntıları

İzabe işlemi esnasında ya da saflaştırma, karbonsuzlaştırma, şekillendirme süreçlerinde metal gövdeye karışabilen cüruf kalıntılarının yoğunlukları, büyüklükleri ve formları hem üretim hem de şekillendirme açısından bilgi verici olabilmektedir. Cüruf kalıntılarının formları tarif edilirken Blakelock tarafından hazırlanmış sınıflandırma kullanılacaktır (Blakelock 2011). Bu sınıflandırma hazırlanırken cüruf kalıntılarının içerdikleri fazlar da dikkate alınmıştır. Tek fazlı olarak tanımlanan cüruf kalıntılarının sadece cam fazından oluşurken, çok fazlılar cam ve vüstit, bazı durumlarda da fayalit içermektedirler.

Resim 2.1. Formlarına ve içeriklerine göre cüruf kalıntıları (Blakelock 2011: 88).



2.4 Numune Hazırlık Süreci

Demir buluntulardan numune kesimi ince dişli kuyumcu testeresi ile yapılmıştır. Kesim işlemi aralıklarla gerçekleştirilerek numunede içyapıyı etkileyebilecek ısınmanın oluşmaması sağlanmıştır. Numune alınacak bölgelere karar verilirken buluntu türüne göre tercihler yapılmış ve kesim bölgeleri kayıt altına alınmıştır. Kesim sonrası numuneler gömme aşamasına geçilene kadar hava geçirmeyen poşetlerde nem giderici malzemelerle koruma altına alınmıştır. Kesim aşaması tamamlanan buluntular, ilgili kazı başkanlıklarına, numune alınan bölgelerin bilgilerini içeren formlarla birlikte teslim edilmiştir.

Metalografi hazırlık sürecinde numuneler sıcak bakalite gömülerek sırasıyla P180, 240, 400, 600, 1200 numaralı zımpara kâğıtlarıyla döner diskli cihazlarda, incelenecek yüzeye

ulaşılan kadar zımparalanmışlardır. Gömülme işleminin öncesinde ve sonrasında çekilen fotoğraflar ile numunelerin hangi yüzeylerinin gözleneceği kaydedilmiştir (Resim 2.2.a ve b). Zımparalama aşamasından sonra numuneler 2 ve 1 mikron boyutlarında elmas tozlu süspansiyon uygulanmış döner parlatma çuhası disklerde parlatılmışlardır. Bu işlemdeki amaç kesme ve zımparalama aşamasında oluşan deformasyon izlerinin silinmeye çalışılmasıdır (Salman & Gülsoy 2004: 16). Zımparalama ve parlatma aşamalarının arasında numuneler ultrasonik banyolarda bekletilerek gözeneklerde kalarak yüzeyleri çizebilecek aşındırıcılar temizlenmiştir.

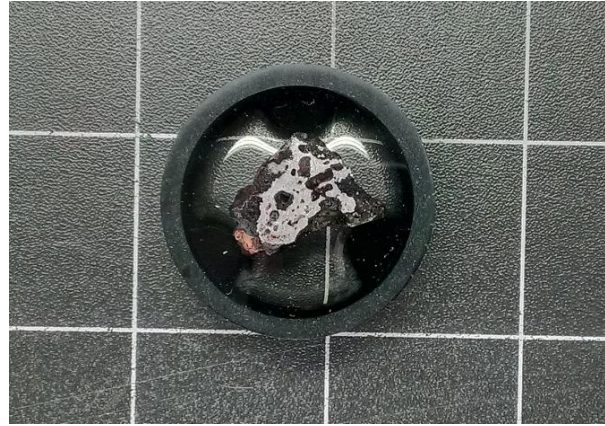
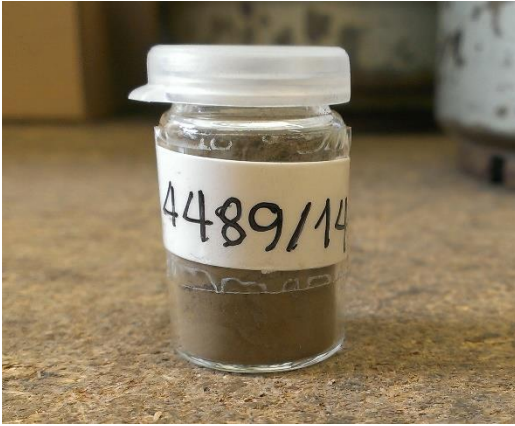
Resim 2.2.a) Kesilen numunelerin bakalite gömülmeden önce ve **b)** Gömülme, zımparalama işleminden sonraki görünümü.



Metalografi numunelerinin hazırlık aşamasının sonuncusu olan dağlama işlemi %2 derişikliğe sahip Nital çözeltisi ile uygulanmıştır. Mikroskop kontrolleri ile süresi ayarlanan dağlanma süreci sonrası numuneler yıkanarak kurutulmuş ve görüntüleme sürecine kadar nem koruyuculu kutularda saklanmışlardır.

Seçilen metalürjik buluntulardan tüm cürufu renk, hacim ve gözenek açısından temsil edebilecek bölümleri jeolojik çekiç yardımıyla kırılarak alınmıştır. Bu bölümlerden su beslemeli döner elmas kesici disk yardımıyla kesiti düzgün iki benzer parça kesilmiştir. Cüruf içeriği yoğun olan malzemelerden kesilen iki parçadan ilki, XRD ve ICP-MS incelemeleri için döner silindir değirmenlerde öğütülmüş (Resim 2.3.a), diğerinden ise ışık geçirmeli metalografi mikroskopunda görüntü alınmak üzere ince kesit numuneleri hazırlanmıştır. Metalik içerik tespit edilen cürufumsu malzemelerden eksilen parçalar ise metalografi incelemesi yapılmak üzere reçine içerisine gömülmüştür (Resim 2.3.b).

Resim 2.3.a) Cürufumsu malzemeden hazırlanan toz numune **b)** Metal içerikli cürufumsu malzemeden soğuk gömme yöntemi ile hazırlanmış metalografi numunesi.



Çalışma kapsamından hazırlanan numune türleri ve sayıları Tablo 2.2'de görülmektedir.

Tablo 2.2. Kazı alanlarına göre hazırlanan numune türleri ve sayıları.

	Kubad Abad	Samsat	Yumuktepe	Kinet Höyük	Hisn al-Tinat	Toplam
Toz Numune	13	---	---	5	5	23
İnce Kesit Numune	9	---	---	8	4	21
Parlak Kesit Numune	31	25	15	31	33	135

2.5 Uygulanan Arkeometrik Analiz Yöntemleri

Toz numuneleri hazırlanan metalürjik buluntularda XRD (X ışını kırınım yöntemi), ICP-MS (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma – Kütle spektrometresi) analizleri uygulanırken, ince kesitleri hazırlanmış olan metalürjik buluntular ve parlak kesitleri hazırlanmış demir buluntularda metalografi, SEM-EDX (Taramalı elektron mikroskopu – Enerji dağılımlı X ışını spektrometresi) ve mikro-sertlik (Vickers sertlik testi) analizleri uygulanmıştır.

Tablo 2.3. Yapılan analizler ve uygulandıkları numune sayıları.

Analiz Tipi	Uygulanan Numune Sayısı	Çekilen Fotoğraf/ Yapılan Analiz Sayısı
Metalografi İncelemesi	156	Yaklaşık 3000
SEM Görüntüleme	61	237
EDX Analizi	61	745
XRD Analizi	23	23
ICP-MS Analizi	23	23
Mikro-Sertlik Testi	47	240

2.5.1 Metalografi

Kristal yapıya sahip metallerin içyapılarının geçirimli florışına mikroskopları ile gözlenerek bu metallerin kompozisyonlarını, geçirdikleri ısı ve mekanik değişimlerin yorumlanmasına yarayan metalografi tekniği (Scott 2013: 93-94) bu çalışmada en çok başvurulan analitik yöntemdir.

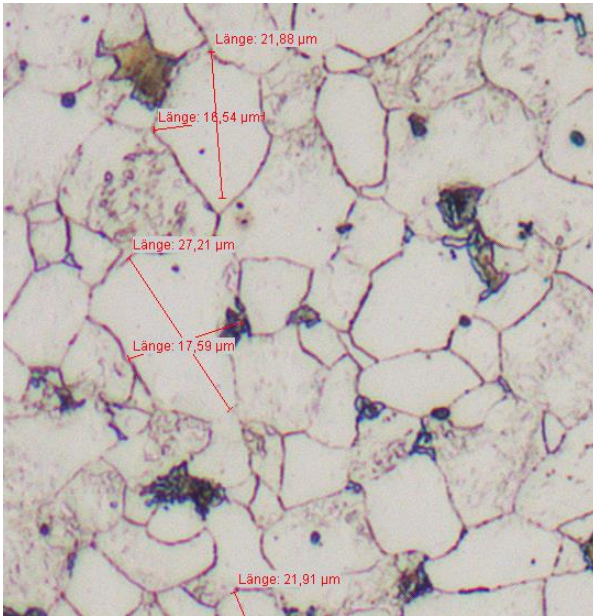
Metalografi incelemesi için hazırlanmış parlak kesit numuneler, dağlama işlemi öncesi Zeiss Axiophot metalografi mikroskobu ile gözlenmiş, korozyon tabakaları ve metal gövdedeki cüruf kalıntısı yapıları görüntülenmiştir. Görüntüler mikroskopa bağlı Olympus ColorviewIII dijital fotoğraf makinesi ile bilgisayara aktarılmış ve AnalySIS adlı yazılım ile kayıt altına alınmıştır. Aynı işlem numunelerin dağlanması sonrası da tekrarlanmış ancak bu sefer ortaya çıkan metalik içyapılar incelenmiştir. Numunelerin incelenmesi esnasında mümkün olması durumunda tüm numunenin parça parça fotoğrafı çekilmiş ve bu fotoğraflar kullanılarak GNU adlı grafik programında yapıştırma (stitching) yöntemi ile haritaları hazırlanmıştır. Numunelerin bölge bölge fotoğrafının çekilmesi için çok büyük olduğu durumlarda ise aynı grafik programı kullanılarak siyah-beyaz haritalar çizilmiş ve görüntü alınan bölgeler bu haritalarda işaretlenmiştir. İkinci aşamada numunelerdeki malzeme ile bilgi verebilecek bölgeler yaklaşımcı merceklerle incelenerek görüntülenmiştir.

Resim 2.4. Metalografi incelemesinde kullanılan ekipmanlar.



Numunelerden çekilen içyapı fotoğraflarında tane boyutlarının belirlenmesi için AnalySIS adlı programın mikro-ölçüm özelliği kullanılarak çok sayıda tanenin çapları tespit edilmiştir (Resim 2.5). Yaklaşık bir ortalamanın tespit edilmesinin ardından ASTM standartları kullanılarak tane boyutları adlandırılmıştır (Tablo 2.4).

Resim 2.5. İçyapı görüntüsünde mikro-cetvelle tane boyutlarının ölçümü.

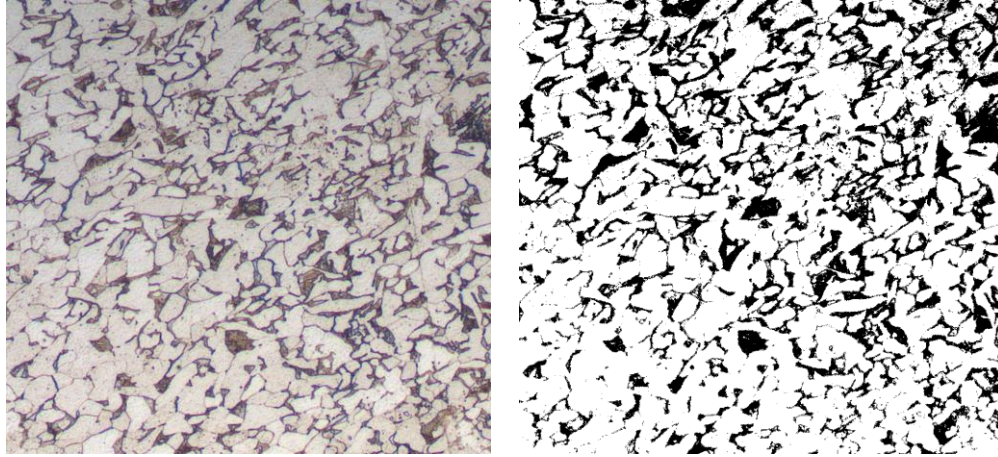


Tablo 2.4. ASTM standartlarına göre tane boyutları ve tanımları (Verhoeven 2007: 72).

ASTM Tane Boyutu	Ortalama Çap (µm)	Büyüklik Tanımı
-1	510	Çok İri
0	360	
1	250	İri
2	180	
3	125	
4	90	Orta
5	65	
6	45	
7	32	Küçük
8	22	
9	16	
10	11	Çok Küçük
11	8	
12	5,6	
13	4	Ultra Küçük
14	2,8	
15	2	

Metalik içyapıda iki farklı faz gözleendiğinde bu fazların kütleli oranları genel kompozisyonun tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Faz çizelgesini temel alan bu hesaplama yöntemi kaldıraç kuralı olarak bilinmektedir (Callister 2007: 262). Bu tez çalışmasında bazı içyapı fotoğraflarındaki yaklaşık karbon oranlarının tespit edilmesi için grafik programıyla içyapılar, siyah-beyaz formata dönüştürülmüş ve yine grafik programı ile hesaplanan siyah/beyaz oranları faz oranları olarak kabul edilerek kaldıraç kuralı uygulanmıştır. Örneğin; Resim 2.6'da görülen siyah-beyaz formata dönüştürülmüş içyapıdaki perlit oranı %24 olup yaklaşık %0,2 karbona sahip bir bölgenin incelenmekte olduğu hesaplanmıştır.

Resim 2.6.a) Ötektik öncesi ferrit ve perlitli içyapı **b)** Bu içyapının siyah-beyaz görünümü.



2.5.2 Taramalı Elektron Mikroskopi ve Enerji Dağılımlı X Işını Spektrometresi

Taramalı elektron mikroskopi (SEM) ve enerji dağılımlı X ışını spektrometresi (EDX) yüksek büyütme isteyen yapıların çözülmesi, kimyasal içeriklerde kalitatif ve yarı-kantatif değerlendirmeler yapılmasına olanak vermesi nedeniyle demir üretim ve şekillendirme yöntemlerinin incelenmesinde çok önemli analitik araçlardır (Gimeno Adelantado et al. 2003: 910).

Bu çalışmada, numunelerin optik merceklerden daha kuvvetli büyütmelemlerle incelenmesi gerektiği durumlarda Zeiss marka Gemini Supra 40VP taramalı elektron mikroskopi (SEM) kullanılmıştır. Görüntüleme işlemlerinde morfolojik yapıların daha belirgin incelenebildiği ikincil elektron algılayıcısı (SE) daha çok tercih edilmiş olup, cüruf kalıntılarının yoğunluğunu gösteren fotoğraflar, kompozisyonel değişiklikleri daha iyi tespit eden geri saçılmış elektron algılayıcısı (BSD) ile çekilmiştir.

Parlak kesit yöntemi ile hazırlanan numunelerde metal gövde ve cüruf kalıntısı kimyasal analizleri SEM cihazına bağlı çalışan Enerji Dağılımlı X Işını Spektrometresi (EDX) ekipmanı kullanılarak yapılmıştır. Bu ölçümlerle elde edilen spektrometreler NSS adlı bilgisayar programı aracılığıyla işlenmiştir. Metal gövde incelemelerinde oksijen ve karbon atomları hariç tutularak atomların ağırlıkça miktarları tespit edilirken (Ek-6), cüruf kalıntısı analizlerinde sadece karbon oranı hariç tutulmuş ve sonuçlar oksit analizi şeklinde kaydedilmiştir.

2.5.3 Mikro-Sertlik Analizi

Mikro-sertlik analizlerinde Zwick marka ZHV10 Vickers sertlik test cihazı kullanılmıştır. Analizler 0,2 kg ağırlık ile her numunede en az 5 farklı nokta seçilerek yapılmıştır. Test noktalarının korozyonsuz ve cüruf kalıntısına denk gelmeyen bölgeler olmasına dikkat edilmiştir. Sertlik ölçümlerinin değerleri TestXpert II adlı bilgisayar programı ile belirlenmiş ve kaydedilmiştir (Ek-7).

2.5.4 İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma ve Kütle Spektrometresi

Cürufların tam kantatif ve kalıntı analizleri Thermo Science Element 2-XR indüktif olarak eşleştirilmiş plazma (ICP) cihazına bağlı Kütle Spektrometre (MS) cihazı ile yapılmıştır (Ek-8). Bu yöntem aynı anda birçok elementin yüksek hassasiyetlerde tespit edilmesine olanak vermektedir (Henderson 2000:10).

2.5.5 X-Işını Toz Kırınımı

X-Işını Toz Kırınımı yöntemi taş, metal, seramik, cam gibi malzemelerdeki kristal yapıların tespit edilmesi için kullanılmaktadır (Henderson 2000:11). Cüruflardan hazırlanan toz numunelerde uygulanan X-Işını Kırınım analizleri (XRD) ile cüruflarda yer alan mineraller tespit edilmiştir. Thermo Scientific X'pert Pro PANanalytical cihazı ile yapılan analizlerde elde edilen kırınım grafikleri X-pert Highscore Plus adlı program ile çözümlenmiştir (Ek-9).

Resim 2.7. Toz Numunelerin incelendiği XRD ekipmanı.



BÖLÜM III

KAZI ALANLARI ve BULUNTULAR ÜZERİNDE UYGULANAN ANALİZLER

3.1 Kubad Abad

Kubad Abad, Konya-Beyşehir Gölü güneybatı kıyısında Anamas Dağı eteklerindeki alüvyon ovada yer alan bir saray sitesidir. Kubad Abad'daki ilk arkeolojik kazılar 1965 yılında Prof. K. Otto Dorn tarafından başlatılmış olup üç dönem devam eden kazıların ardından 1980 yılına kadar alanda herhangi bir arkeolojik çalışma yapılmamıştır (Arık 1987: 351). Bu tarihten itibaren Prof. Dr. Rüçhan Arık başkanlığında sürdürülen düzenli kazılar günümüze kadar devam etmiştir.

Kubad Abad adını kendisini inşa ettiren Anadolu Selçuklu hükümdarı I.Alâeddin Keykubat'tan almaktadır. 1235 yılı civarında inşa edildiği düşünülen saray sitesinin merkezini Büyük ve Küçük Saray isimli köşk binaları oluşturmaktadır. Bu binalar dışında sitede kayikhane, işlik, avlık, hamamlar gibi kapalı ve açık mekânlar bulunmaktadır. Bu yapılar, genel bir surla kuşatılan, iç surlarla ayrılmış bölümler ve teraslarda yer almaktadır. Ayrıca göl içerisinde yer alan Kız Kalesi adasının da bu mekânlar grubunun bir parçası olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Prof. Dorn başkanlığında başlatılan kazılarda bulunan sır altı ve lüster tekniğinde işlenmiş, çeşitli figürleri içeren yıldız ve haç biçimli çiniler Kubad Abad saray sitesinin görkemini ortaya koymuştur. Çinilerin önemli bir kısmı Büyük Saray'da büyük eyvanlı taht salonu ve onun kuzey tarafındaki odanın duvarlarında kaplamalar halinde bulunmuştur (Arık 1992). Ayrıca 2002 yılında yapılan kazılarda İşlik diye tabir edilen sarayın avlağına bakan üç odalı kalıntının kuzey tarafında tabanı kireç harcıyla kaplı, üst üste istiflenmiş durumda çok sayıda duvar çinisi ortaya çıkarılmıştır (Arık 2003).

Kubad Abad, bir Selçuklu Saray Külliyesi olmasının ardından, XIII. yy. sonu XIV. yy. başlarında önce Moğollara bağlı yönetimleri; ardından, Beyşehir ve çevresinde hüküm süren

Eşrefoğlu yönetimini tanımış, Osmanlı döneminde ise zamanın yıkıcı etkisine maruz kalmıştır (Yavaş 2013: 1546).

Resim 3.1. Kubad Abad Küçük Saray’da yapılan arkeolojik çalışmalar.



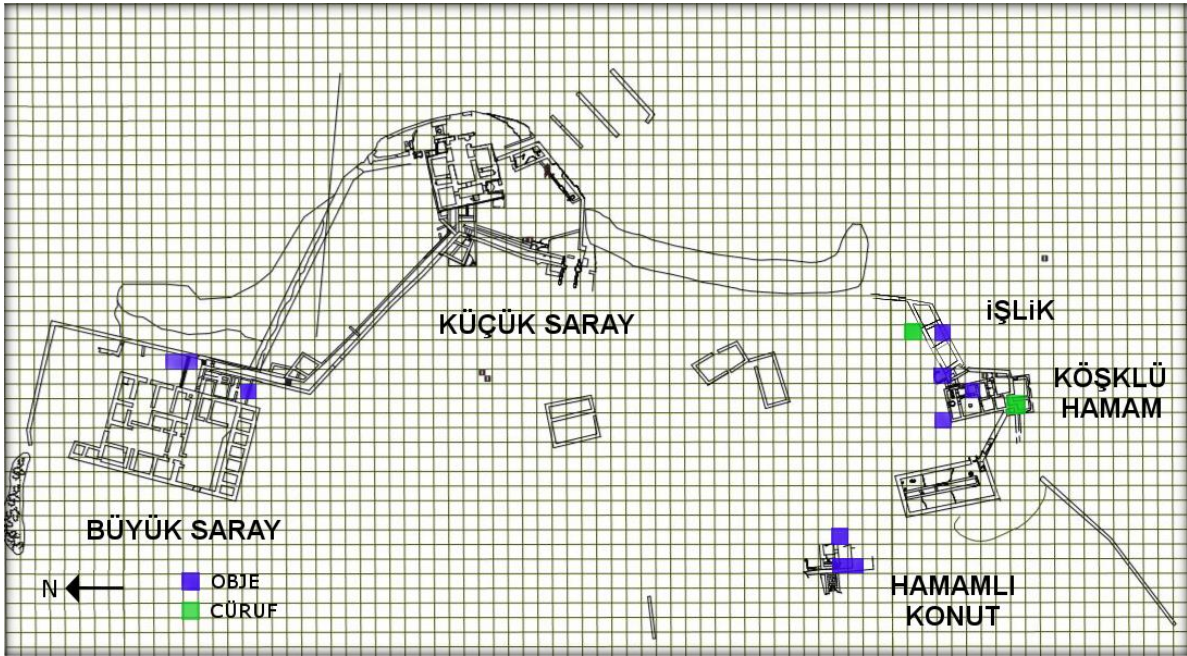
3.1.1 İnceleme İçin Seçilen Buluntular

Kubad Abad buluntuları arasında metaller; okucu, mızrak ucu, bıçak, kapı aksamında ve süslemesinde kullanılan parçalar, zincir, askı, kulp, kemer tokaları, anahtar, kilit, cımbız, iğne, makas, keser, nal, çakmak, giysi aksesuarları, manivela, yüzük, küpe, bilezik, zil, çan ve çivi gibi oldukça çeşitli türlerde yer almaktadır. Metaller içerisinde en çok demirden yapılmış buluntular bunlar arasında ise tür olarak çiviler yer almaktadır (Yavaş 2015).

Kubad Abad arkeolojik kazılarında bulunan demir objelerden 15 ve metalürjik buluntulardan 17 tanesi arkeometalürjik inceleme yapmak üzere seçilmiştir.

Demir buluntular Kubad Abad sitesinin çeşitli kazı dönemlerinde ve kazı açmalarında ele geçmiştir. İncelemek üzere seçilen buluntuların ağırlıklı olarak ortaya çıkarıldığı bölgeler; “İşlik”, “İşlik” bölgesi bitişiğinde yer alan “Köşklü Hamam”, “Büyük Saray Hamamı” ve siteyi batıdan sınırlayan surlara bitişik “Hamamlı Konut” olarak sıralanabilir.

Plan 3.1. Kubad Abad arkeolojik kazılarında ortaya çıkarılan bazı yapıların yerleşim planı ve çalışma kapsamında incelenen buluntuların yerleri³.



Seçilen objelerin türleri kesici alet, okucu ve çividir. Ayrıca bir objenin kullanım amacı tespit edilmediği için bu buluntu, tanımsız obje türünde sınıflandırılmıştır.

Tablo 3.1. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.

Buluntu Türü	Buluntu Sayısı	Numune Sayısı
Kesici Alet	4	7
Okucu	6	12
Çivi	4	8
Tanımsız Objeler	1	1
Metalürjik Buluntular	17	17
Toplam	32	45

3.1.2 Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler

3.1.2.1 Kesici aletler

Seçilen kesici aletlerin üçü namlu kuyruk birleşimine yakın bir bölgeden kırılmış olup uca yakın namlu bölümleri ele geçirilmiştir. Omuzlarından ölçülen namlu boyutları ve sırt, ağız

³ Plan Yavaş'ın çalışmasından (Yavaş 2013b) alınmış olup üzerinde buluntu yerleri işaretlenmiştir.

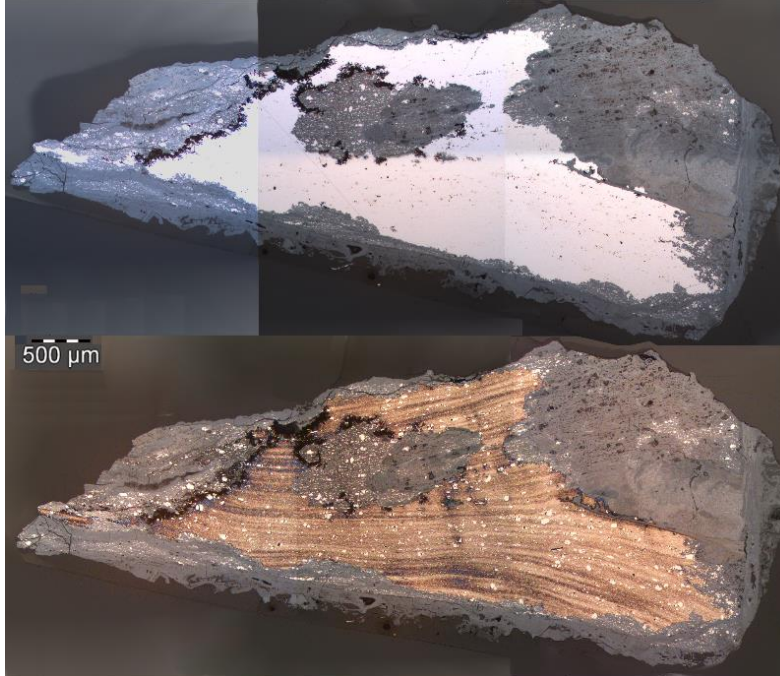
formlarına göre KU No.07 ve KU No.11 *Tip B.x* ve KU No.04 *Tip B.y* sınıflarına aittir. Sınıfı tespit edilemeyen bir bıçağın uca yakın bölümü olduğu düşünülen KU No.14 ise korozyon nedeniyle oldukça hasar görmüştür.

3.1.2.1.1 KU No.04

Numune A

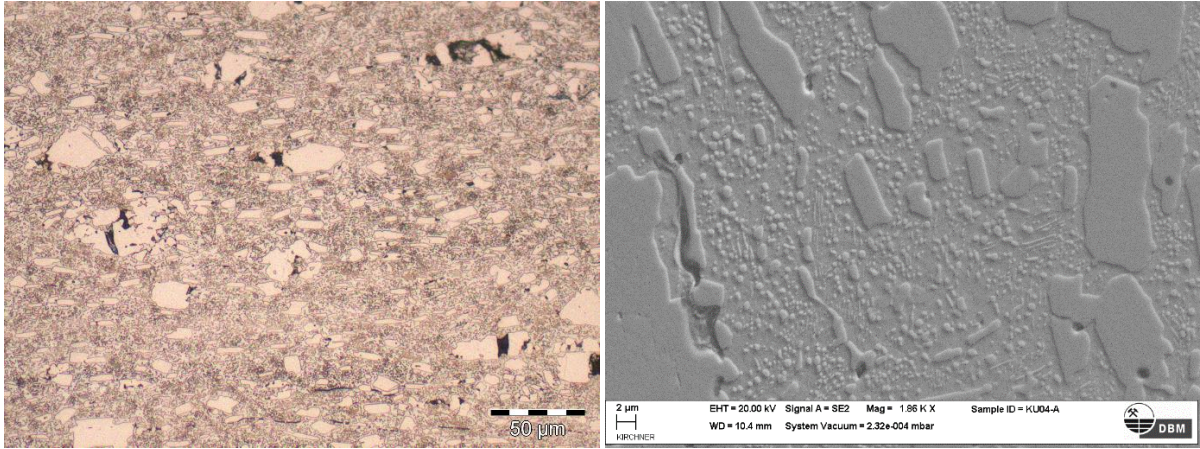
Bıçağın namlu bölümü ile kuyruk bölümü birleşiminden alınan kesit büyük bir korozyon tabakası ile çevrelenmiştir. Numunenin dağlanması ile korozyona uğramamış bölgenin homojen bir kompozisyona sahip olduğu anlaşılmıştır (Resim 3.2). Kesitin alt ve üst kısımlarında kompozisyonda ya da içyapıda herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Yaklaşıtrıcı merceklerle yapılan incelemede içyapıda çeşitli boyutlarda yönlenmiş sementit adaları bulunduğu gözlemlenmiştir (Resim 3.3.a). SEM ile yapılan incelemede ise fonun küreselleşmiş perlitlerden oluştuğu fark edilmiştir (Resim 3.3.b). Dağlanmamış görüntüde yer alan siyah noktaların cüruf kalıntısı değil sementit plakalarının dövme esnasında kırılmasıyla oluşturduğu mikro boşluklar olduğu ortaya çıkmıştır.

Resim 3.2. KU No.04-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Korozyona uğramamış bölgelerde yapılan sertlik ölçümleri ile 290 HV ile 335 HV arası değişen sertliklere sahip noktalar ölçülmüştür. Malzeme içerisinde en sert ve en yumuşak noktalar arasındaki fark çok düşüktür.

Resim 3.3.a) İyapıyı oluşturan yönlenmiş sementit adaları ve homojen fon **b)** Sementit adaları arasında oluşan mikro-boşluklar ve fonu meydana getiren küreselleşmiş perlitli yapının SEM-SE görüntüsü.

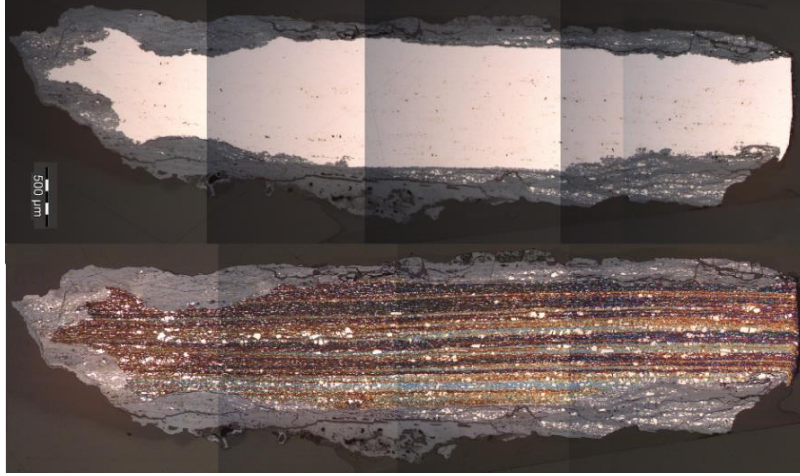


Numunenin korozyona uğramamış bölgelerinde yapılan SEM-EDX ölçümleri sonucunda en çok göze çarpan içerik % 0,51 ortalama ile mangan olmuştur. Mangan oranı bazı noktalarda % 1,15'e kadar çıkabilmektedir.

Numune B

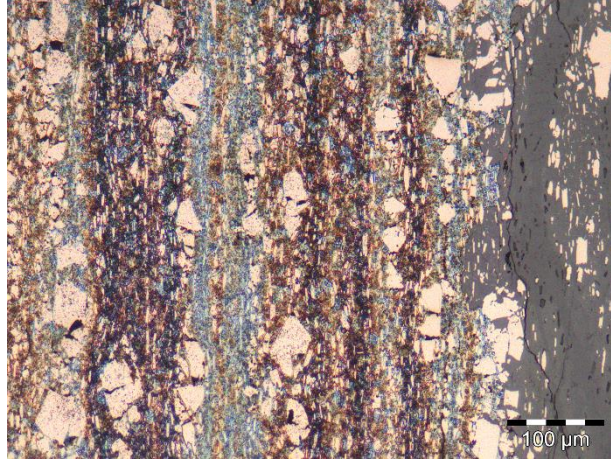
Bıçağın uç kısmından alınan kesitin dağlanmış hali dövme eksenine dik uzanmakta olan sementit adalarını daha belirgin bir şekilde sunmaktadır (Resim 3.4). Nital dağlayıcısından farklı oranlarda etkilenen bölgeler şeritler halinde farklı renk tonları ile kendinin belli etmektedirler. Bu durumun sebebi malzeme içerisindeki katışkılarının şekillendirme sürecinde mikro-segregasyon nedeniyle farklı kompozisyona sahip bantlar oluşturması şeklinde izah edilebilir (Verhoeven 2000).

Resim 3.4. KU No.04-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Yaklaşırıcı merceklerle yapılan incelemede korozyon sınırlarında oksitlenmeye direnen sementit adaları gri fonda beyaz lekeler olarak gözlemlenmiştir (Resim 3.5).

Resim 3.5. Korozyon sınırında oksitlenmemiş sementitler (sağda).



SEM-EDX ile yapılan kimyasal kompozisyon analizlerinde ortalama mangan değeri diğer numuneye çok yakın bir şekilde %0,50 olarak ölçülmüştür.

Toplam 9 noktadan yapılan mikro sertlik ölçümleri 250 HV ile 380 HV arasında değişen sertliğe sahip noktalar bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Malzeme içerisindeki sertlik farklılıklarının mikro-segregasyon bantlarından kaynaklandığı düşünölmektedir.

Üretim Yöntemi

KU No.04 kodlu bıçağın içyapısını yarı küreselleşmiş ötektiköncesi sementit adaları ve fonda perlite ait küreselleşmiş sementit oluşturmaktadır. Ötektiköncesi sementit adaları, daha

büyük plakalardan kopmuş (bazıları zincir şeklinde) ve yuvarlanmış görüntüsü vermektedirler. Ayrıca dövme eksenine dik olarak yönelme eğilimindedirler. Bu yönelme bıçağın ucundan alınan numunede daha iyi görülmektedir. İyapı malzemenin %2 civarı yüksek karbonlu olduğunu işaret etmektedir. Mangan oranı ortalama %0,50 civarındadır. A kodlu numunede krom, B kodlu numunede ise nikel katışkılarına rastlanmıştır. Mangan ve diğer katışkılarının dağlanma esnasında renk farklılıkları görüldüğü üzere mikro-segregasyon bantları oluşturduğu düşünülmektedir. Bu bantlar malzeme içerisinde kompozisyonlarda hafif dalgalanmalara neden olmakta ve bu nedenle dağlayıcıya farklı tepkiler göstermektedirler. Özellikle B kodlu numunenin sertlik dağılımındaki yaklaşık 130 HV'lik değişimin bu dalgalanmalardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Homojen iyapısı, ötektiküstü sementitlerin varlıkları ve cüruf kalıntıları açısından temiz oluşu bu bıçağın pota çeliğinden imal edildiğini işaret etmektedir. Bıçağın imal edildiği pota çeliği külçesinde iğneler ya da plakalar şeklinde bulunan ötektik öncesi sementit şekillendirme işlemi sonrası kırılmış, yuvarlanmış ve yönelmişlerdir. Ötektik öncesi sementit adaları ve fonda yer alan perlitte ait sementitlerin de küreselleşmiş olmaları bıçağın ötektik sıcaklığının altında defalarca ısıtılarak dövüldüğünü ispatlamaktadır. Ötektik sıcaklığının (727 °C) üstüne çıkıldığında pota çeliğinin özelliklerini yitirdiği tecrübesine sahip demirci bu sıcaklığı ısıtılan çeliğin rengine bakarak ayarlamış olmalıdır (bkz. Bölüm 2.6). Menevişleme ve yumrulaştırma daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşen bir işlem olduğu için burada da yüzeyde oluşan oksit tabakalarının renklerine göre çalışılarak doğru sıcaklığı ayarlamışlardır.

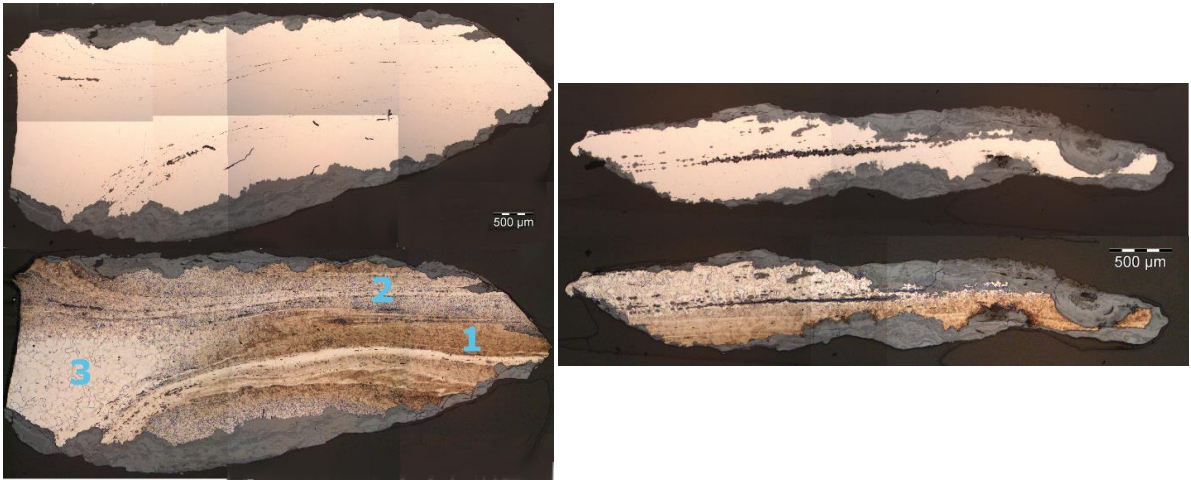
3.1.2.1.2 KU No.07

Numune A ve B

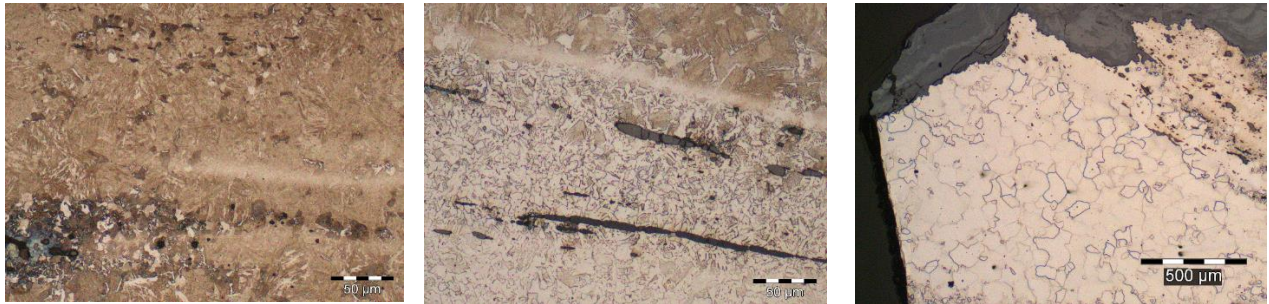
Tip B.x türündeki bıçağın omuzundan ve kesici kısmından alınan iki numune üretim yöntemini ve kullanılan malzemeleri ortaya çıkarmak üzere incelenmiştir. İki numunenin de dağlanmamış görüntüsünde sıralar halinde birbirini takip eden uzamış cüruf kalıntıları gözlemlenmiştir (Resim 3.6.a.b). Bu kalıntılar dövme işlemi esnasında uzamış bölgesel izabe kaynaklı cüruf kalıntılarında farklı bir şekilde boydan boya malzemeyi kat etmektedir. Bu nedenle bu kalıntıların oluşturdukları çizgilerin farklı katmanlar arasındaki kaynak yerleri olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca Numune B'de cüruf kalıntılarının bulunduğu çizgi korozyonla daha da genişlemiş ve kalın bir hat oluşturmuştur.

Numunelerin dağlanması ile cüruf kalıntılarının ipuçlarını verdiği gibi farklı içyapılara sahip katmanların sandviç şeklinde bıçağa ait özel yapıyı oluşturduğu görölmüştür. Numune A'da yer alan yapıların 1 numaralı bölgede orta karbonlu iğne martensit (Resim 3.7.a), 2 numaralı bölgede düşük karbonlu perlit (Resim 3.7.b) ve 3 numaralı bölgede ise sıfır karbonlu *iri* taneli ferrit (Resim 3.7.c) olduğu yaklaştırmacı merceklerle yapılan gözlemlerde tespit edilmiştir. Yapının birçok yerinde bu yapılar birbirlerinin içine geçmektedir. Ayrıca farklı bölgelerde kendini tekrar etmektedir. Örneğin Numune A'da 1 numarada görölen martensit yapıya sol üst kenarda ve orta üst kenarda tekrar rastlanmaktadır.

Resim 3.6.a) KU No.07-A ve **b)** KU No.07-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



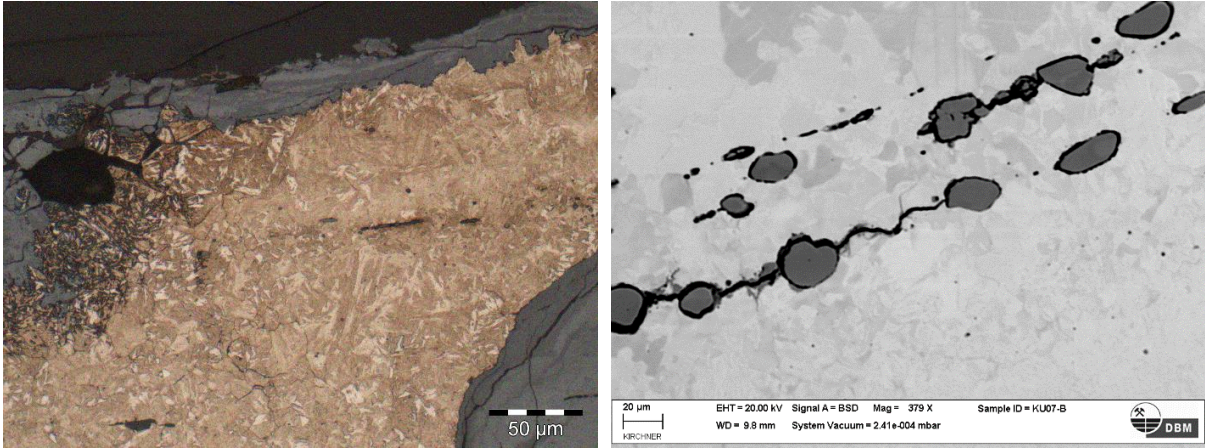
Resim 3.7.a) Resim 3.6.a'da yer alan 1 numarada iğne martensit ve dönüşmemiş östenit **b)** 2 numarada birleşme sınırına yakın uzamış cüruf kalıntıları düşük karbonlu perlit, orta karbonlu perlit ve martensit ve **c)** 3 numarada birleşme sınırının solunda *iri* taneli ferrit.



Numune B'de ise martensit ve düşük karbonlu perlitli yapı kalın korozyon çizgisi ile net bir şekilde ayrılmaktadır. Martensit bölgesinin Numune A'da görölen yapıyla benzer olduğu görölmürken (Resim 3.8.a) SEM-BSD görüntülemesinde iki katmanın birleşim noktasında yer

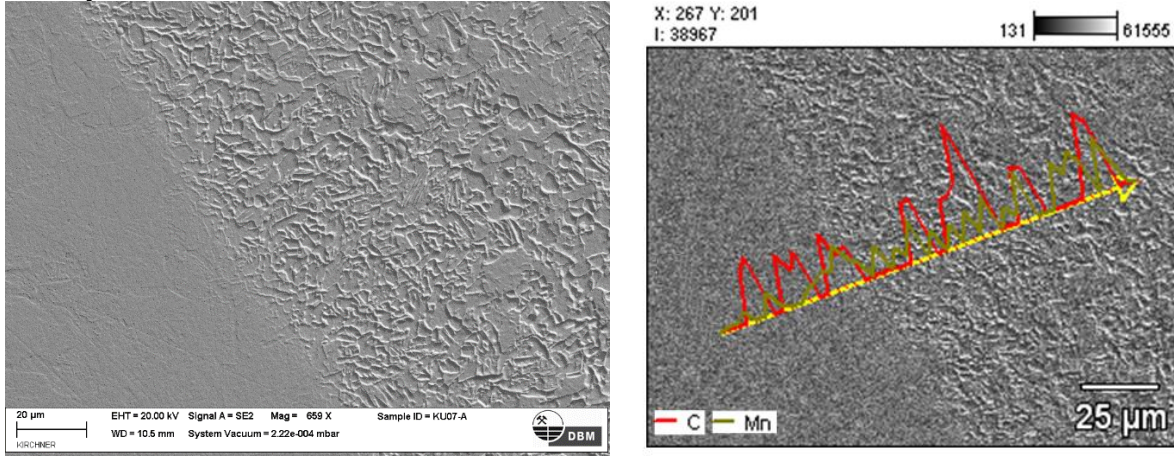
alan cüruf kalıntılarını bir çatlağın takip ettiği ve korozyon ile bu çatlağın daha da genişlediği tespit edilmiştir (Resim 3.8.b).

Resim 3.8.a) KU No.07-B iğne martensit bölgesi **b)** Aynı numunedeki cüruf kalıntılarını takip eden mikro çatlak.



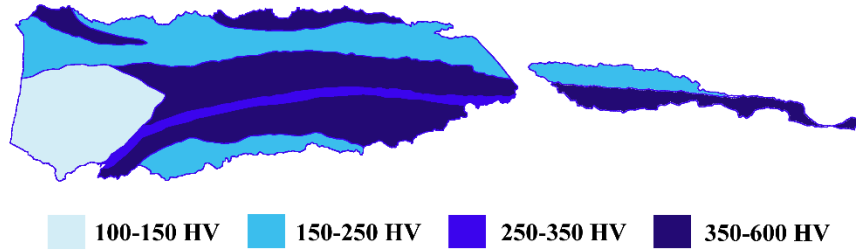
Özellikle Numune A'da görülen ve katmanları takip eden açık renkli çizgilerin döverek kaynatma esnasında yüzeyin bazı elementlerce zenginleşmesi sonucu kimyasal kompozisyonu farklı bölgeler olduğu benzer çalışmalarda kullanılan örneklere bakılarak iddia edilebilir (Blakelock 2011). SEM incelemesinde bu açık renkli bölgelerin dağılayıcı asitten etkilenmediği görülmüştür (Resim 3.9.a). Ayrıca EDX çizgisel tarama ile yapılan incelemede açık renkli bölgenin diğer bölgeye oranla daha düşük karbon ve (az miktarda) düşük mangan oranına sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Resim 3.9.b). Bu durumda incelemesi yapılan bu bölge için katışkılarca zenginleşmeden bahsetmek mümkün değildir. Burada daha akla yatkın ihtimal östenit bölgesi sıcaklığından hızlı soğumaya geçilirken mangan ve karbonca zengin bölgelerin bir arada kümelenmesi olarak izah edilebilecek mikro-segregasyon durumunun gerçekleştiği söylenebilir (Verhoeven 2000).

Resim 3.9.a) Metalografi incelemesinde açık renkli olarak görülen bölge ve düşük karbonlu perlitli bölgenin SEM görüntüsü **b)** Aynı bölgenin EDX çizgisel taramasında C ve Mn derivasyonu.



Numunelerin korozyona uğramamış bölgelerinde gerçekleştirilen mikro sertlik testleri ile bir sertlik haritası hazırlanmıştır (Şekil 3.1). İçyapılar ile sertlik değerlerinin birbirleriyle uyum gösterdiği görülmüştür.

Şekil 3.1. KU.No.07 sertlik haritası.

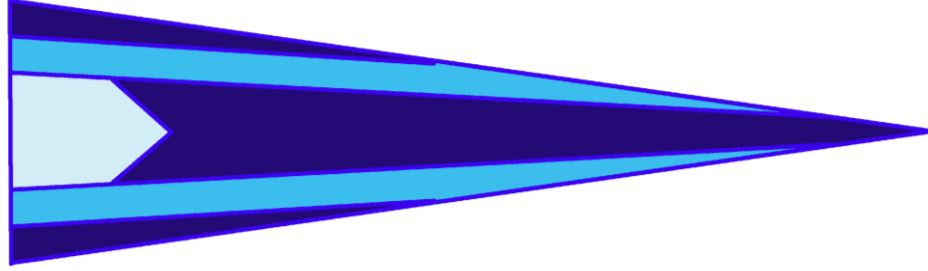


Üretim Yöntemi

Bu küçük boyutlu bıçak usta demircilerin elinde bilinçli bir malzeme tasarımı ile şekillendirilmiş bir üründür. Bıçakta yer alacak demir ve çelik katmanları konumuna göre seçilmiş ve uygulanmıştır. Bıçağın ağzına denk gelen ve ortada yer alan katman orta karbonlu çelik olup bu katmanın omuza uzandığı bölge sıfır karbonlu demirdir. Orta katmanı saran yan bölgeler sıralı bir şekilde düşük karbonlu perlitli ve orta karbonlu çelikten imal edilmiştir. Bu tasarımın grafiksel gösterimi sertlik haritası da dikkate alınarak

Şekil 3.2'de görülmektedir.

Şekil 3.2. KU No.07 kodlu bıçağın malzeme tasarımı.



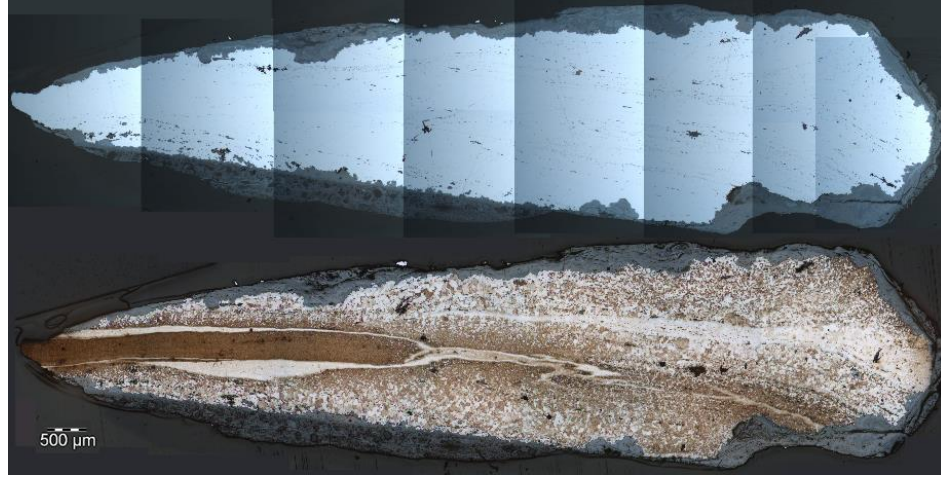
Bu bıçakta demirci sırta gelecek kısmı karbürlenmemiş orta karbonlu şeridin etrafını katmanlı çelikle (piled steel) döverek kaynatmış olabileceği gibi her bir katmanı ayrı ayrı da döverek kaynatmış olabilir. Bıçağın dövme işlemi sonrasında tüm gövdeye su vermiş böylelikle orta karbonlu bölgelerin martensite dönüşmesini sağlamıştır. Resim 3.8.b'de görülen çatlak büyük ihtimalle su verme işlemi esnasında ısıl şokla oluşmuş zaman içerisinde korozyonla genişlemiştir. Sıfır karbonlu demir bölgenin sırtta bir omurga gibi uzandığı düşünülmektedir. Böylelikle bıçak zorlamalar esnasında ihtiyaç duyduğu esnekliği sırttan almıştır. Sertlik ölçümlerinde martensit bölgesindeki sertlik değerlerinin ağızda daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Demirci su verme sonrası ağzın sert ama kırılgan olduğunu bildiği için özellikle bu kısmı bir süre ateşte tutarak menevişlemiş olmalıdır.

3.1.2.1.3 KU No.11

Numune A

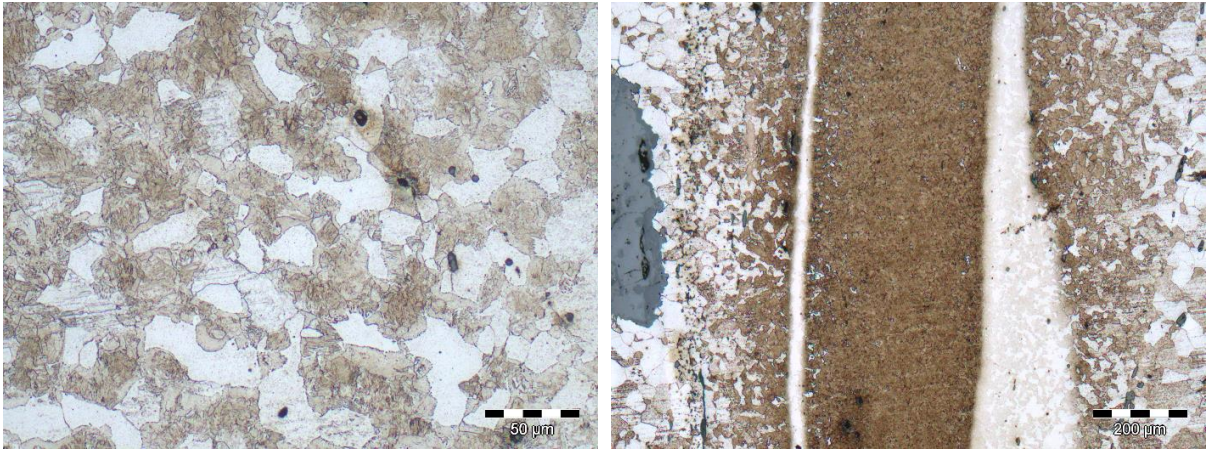
Tip B.x sınıfındaki bıçak malzeme özellikleri açısından KU No.07 ile benzeşmektedir. Bu bıçağın da dağlanmamış görüntülerinde cüruf kalıntıları birleşim çizgileri boyunca uzanmaktadır. Ayrıca dağlama işleminin ardından ortada özellikle ağıza yakın bölümde martensit yapıları ve kenarlarda perlitli yapılar gözlemlenmekte sırta doğru gidildikçe karbon oranı düşmektedir (Resim 3.10).

Resim 3.10. KU No.11-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Yaklaşırıcı merceklerle yapılan incelemelerde perlitli bölgenin eş eksenli ötektoid öncesi ferrit ve ince perlitlerden oluştuğu ve karbon oranının %0,5 civarında olduğu tespit edilmiştir. Perlit tanelerinin bazılarının içinde martensit oluşumları gözlemlenmiştir (Resim 3.11.a). Martensitli orta bölgeye yaklaştıkça perlitli bölgenin hem karbon oranı artmakta hem de bu bölge içerisinde daha yoğun martensit görülmeye başlamaktadır (Resim 3.11.b).

Resim 3.11.a) Ötektik öncesi ferrit, ince perlitli taneler ve bazılarının içinde martensit **b)** Ortada martensitli bölgenin her iki tarafındaki muhtemel kaynak çizgilerinin perlitli bölge ile sınır oluşturması.

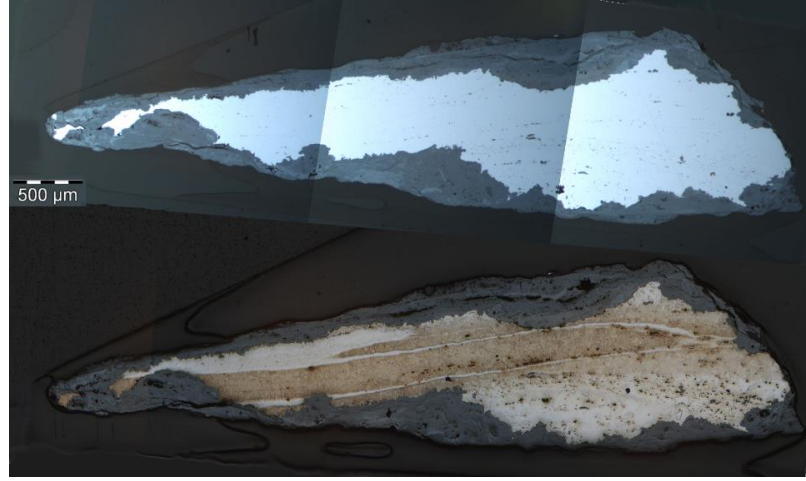


KU No.11 A'da gerçekleştirilen mikro-sertlik testlerinde en sert bölgenin beklendiği üzere martensitli orta bölge olduğu görülmüştür. 363 - 384 HV arasında değişen sertlik değerleri bu tip karbon oranına sahip martensitler için düşüktür. En yumuşak bölge ise 119 - 128 HV ile sırta yakın düşük karbonlu bölgedir. Yanlarda yer alan perlitli bölgenin sertlik değerleri ise 153 – 237 HV arasındadır.

Numune B

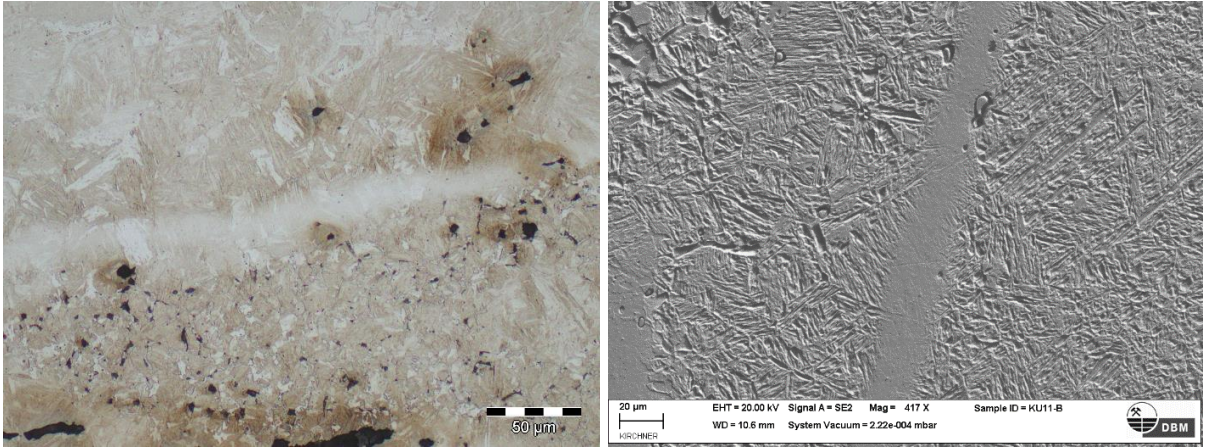
Bıçağın uç kısmından alınan kesitte A kodlu numunede olduğu gibi ortada martensitin bulunduğu katmanlı yapı görülmektedir (Resim 3.12). Bu numunede martensitli orta katman neredeyse sırta kadar uzanmaktadır. Cüruf kalıntıları açısından altta yer alan perlitli bölge daha kirlidir.

Resim 3.12. KU No.11-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Bu numunede kaynak çizgileri olduğu sanılan beyaz bölgeler daha yoğundur (Resim 3.13.a). SEM incelemesinde bu bölgelerin dağlayıcıdan etkilenmediği ve EDX analizinde diğer bölgelere göre magnezyumca zengin olduğu tespit edilmiştir (Resim 3.13.b).

Resim 3.13.a) Martensitli bölgede yer yer dönüşmemiş östenitler **b)** İğne martensitler arasında dağlayıcıdan etkilenmemiş beyaz çizginin SEM görüntüsü.



Bu numunedeki mikro sertlik değerleri Numune A'ya göre oldukça farklılık göstermektedir. Numune B'nin orta ve yan bölümlerinde yapılan sertlik ölçümlerinde 489-568

HV arasında değerler okunmuştur. Bu değerler menevişlenmemiş orta karbonlu martensit değerleri ile örtüşmektedir.

Üretim Yöntemi

Bu bıçakta dikkat çekici nokta Numune A'nın yan kısımlarında yer alan perlitli ve ötektik öncesi ferritli içyapısına sahip malzemede karbon oranının yer yer %0,5'e yaklaşması orta bölgenin ise iğne martensit olmasıdır. Böyle bir yapının oluşması için su verme işlemindeki soğuma hızının yavaş olması gerekmektedir⁴. Su dışında farklı bir ortamda (organik yağ, insan kanı, süt, idrar v.b.) soğutma işleminin gerçekleştirilmesi ortaçağda görülen bir uygulamadır (Smith & Haxthorne 1974). Bu ortamlardan bazıları havadan daha hızlı sudan ise daha yavaş soğuma gerçekleşmesine olanak verirler. *Yavaş Su Verme* adı verilen bu işlemle malzeme içerisinde ısı şoklarla meydana gelebilecek çatlakların da önüne geçilmiş olur. Ayrıca ötektoid öncesi ferrit oranının fazlalığı su verme işleminden önce östenit sıcaklığı altında bıçağın bir süre bekletildiğini göstermektedir. Numunelere ait kimyasal analizlere bakıldığında özellikle Numune B'de magnezyum miktarının bazı ölçümlerde %1 değerini verdiği görülmüştür. Kaynak bölgelerinin bazı elementlerce zenginleşmesi benzer çalışmalarda da gözlemlenmiş bir olgudur (Blakelock 2011).

Hem sertlik değerleri hem de metalografi görünüm sırtta aynı KU No.07-A'da olduğu gibi düşük karbonlu bir bölüm olduğunu göstermiştir.

Bu değerlendirmeler ışığında bu bıçak orta karbonlu çelik malzeme arasına biraz daha yüksek karbonlu (ötektik kompozisyona yakın) çelik malzemenin kesici ağza denk gelecek şekilde dövülerek kaynatılması ile üretildiği anlaşılmıştır. Sırtta gelen bölümde üçüncü bir malzeme olarak düşük karbonlu bir çelik eklenmiş olabilir. Şekillendirme sonrası bıçak ötektik üstü ancak östenit dönüşüm sıcaklığının altında demirci ocağında bir süre bekletilmiştir. Ardından muhtemelen yağ ortamında su verme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bıçağı yapan usta çelik türleri konusunda tecrübeli aynı zamanda ısı işlemlere oldukça hâkimdir.

3.1.2.1.4 KU No.14

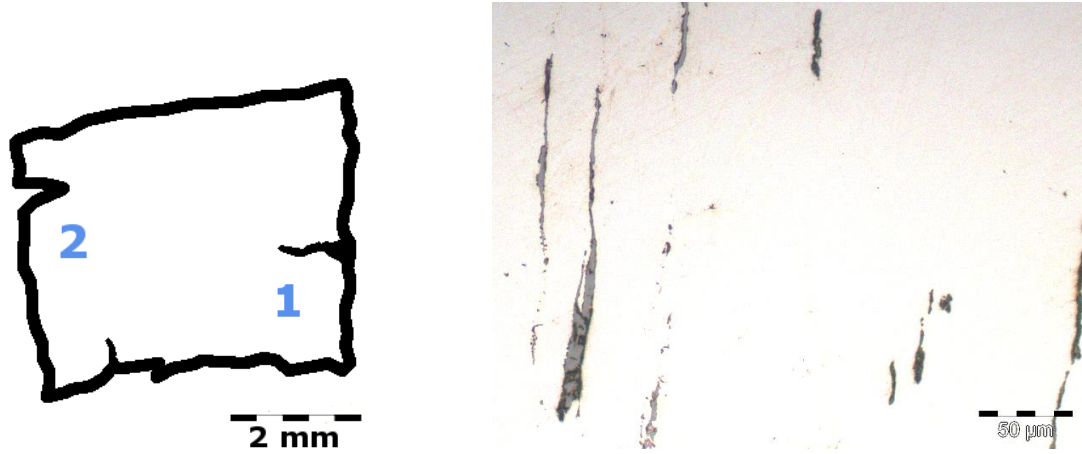
Numune A

Korozyon kaynaklı malzeme kaybı objenin formunu tümüyle kaybetmesine neden olmuştur. Objenin kesici bir alete ait bir parça olduğu düşünülmektedir ancak tipi tespit

⁴ Su verme işlemi sonrası oluşacak yapı karbon miktarı, katışkı oranı, su verme işleminin başladığı sıcaklık ve su verme işleminin hızı ile ilintilidir.

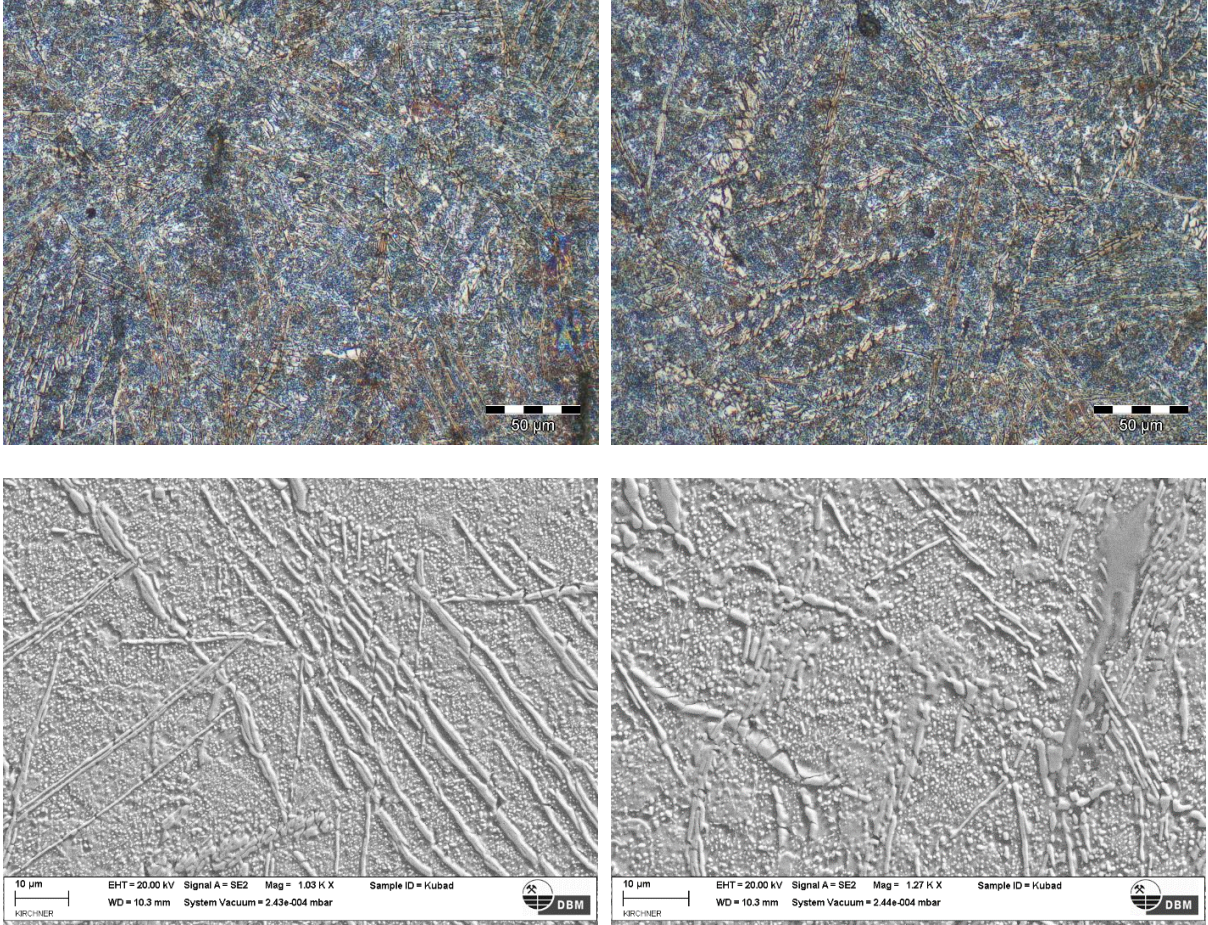
edilememiştir. Kesim aşamasında parçanın kırılabilirliği numunenin kenar bölümlerindeki çatlaklarla kendini göstermiştir. Numunenin farklı noktalarında yapılan metalografi incelemelerinde (Resim 3.14.a) dağlanmamış halde uzamış çok fazlı cüruf kalıntıları (Resim 3.14.b), dağlanmış halde ise homojen sayılabilecek klasik metalografik yöntemlerle incelenmesi zor yapılar tespit edilmiştir.

Resim 3.14.a) KU No.14 kodlu numune ve görüntü alınan bölgeler **b)** Numunede 1 ile gösterilen bölgenin dağlanmamış görüntünde uzamış çok fazlı cüruf kalıntıları.



Resim 3.15.a ve Resim 3.15.b'de görülen 1 ve 2 numaralı bölgelere ait içyapılar birbirlerine oldukça benzemektedir. İlk resimde seçilebilen birbirlerine paralel kümelenmiş sementit plakaları ikinci resimde daha belirgin olup kırılmış ve yuvarlanma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu sementit plakalarının arka fonunu hangi yapıların oluşturduğu ise SEM-SE görüntülemesi aracılığıyla tespit edilmiştir (Resim 3.15.c ve d). Bu incelemelerde ötektoid öncesi sementit plakalarının tamamen yuvarlanmış perlitli yapı üzerine oturduğu çok açık görülmektedir.

Resim 3.15.a) 1 numaralı bölgenin ve **b)** 2 numaralı bölgenin dağlanmış görüntüleri **c)** Birbirlerine paralel sementit plaka gruplarının SEM-SE görüntüsü **d)** Aynı yapıda uzamış bir cüruf kalıntısı (sağda).



İçyapıda yoğun ötektoid öncesi sementit varlığı malzemenin yüksek karbonlu (%2 üzeri) bir çelik türü olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca SEM-EDX eklentisi ile yapılan kimyasal analiz ölçümleri bu malzemenin ortalama %1,08 ile mangan açısından da zengin olduğunu ortaya koymuştur. Mangana çok düşük oranlarda fosfor ve silika eşlik etmektedir.

Cüruf kalıntılarının incelemesinde ise bunların yapılarının sülfid, mangan oksit ve demir oksitten oluştuğunu göstermiştir. Resim 4.15.d'de görülen cüruf kalıntısının EDX analizinde bu üç oksit neredeyse üçte birer oranda bulunmaktadır.

Tablo 3.2. Resim 4.15.d'de yer alan cüruf kalıntısının SEM-EDX analizi.

Cüruf Kalıntısı	SO ₃	MnO	FeO
Ağırlık Yüzdesi (Ortalama)	32.95	32.20	34.85

Üretim Yöntemi

Bu kesici alet parçası KU No.04 kodlu numune malzeme özelliklerinde açıklandığı gibi pota çeliğinden üretilmiştir. Ancak bu numune bazı özellikleri ile KU No.04'den ayrılmaktadır. Öncelikle içyapıda ötektik öncesi sementit KU No.04'de olduğu gibi adalar halinde değil plakalar halinde gözlemlenmiştir. Bu numunede bıçağın kesiti yerine yüzeyinin görüntüleniyor olması içyapı farklılıklarına bir neden olarak gösterilebilir. Bir diğer ihtimal bıçağın şekillendirme esnasında ısıtma-dövme döngüsünün yeterince tekrarlanmaması ve bu nedenle damask motifinin oluşturulamamasıdır. KU No.04 'de bahsedildiği gibi bıçağın yüzeyini karakteristik su akışını andıran motiflerin süsleyebilmesi için demircinin ısı ve mekanik işlemlere tam hâkimiyeti gerekmektedir.

Bu malzemedeki mangan oranı KU No.04'ün mangan oranının neredeyse iki katıdır ayrıca diğer katışkılarının oranı ise çok düşüktür. Çok sayıda rastlanılan cüruf kalıntıları ise ağırlıklı olarak mangan oksit ve sülfidlerden oluşmaktadır.

Sayılan bu nedenlerle iki bıçağın üretim malzemesi ve yöntemi aynıdır. Ancak büyük ihtimalle hammaddenin üretildiği atölye ve işleyen demirci ustası farklıdır.

3.1.2.2 Okuçları

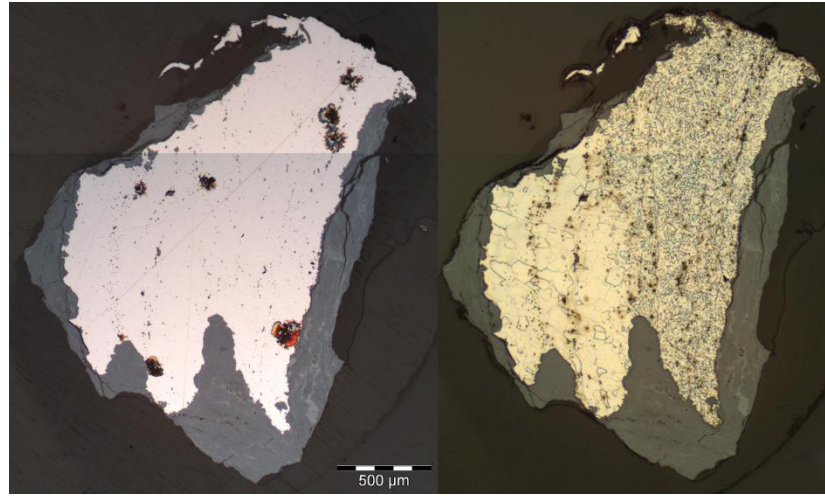
Kubad-Abad'da ortaya çıkarılan okuçlarından seçilen örneklerden hepsi yassı diye tabir edilen *Tip B* okuçlarındandır. Bunlar uzunluklarına göre çeşitli bileziklere sahiplerdir. Bu gruba ait KU No.12 henüz yapım aşamasında iskartaya çıkarılmış *Tip B.1* türünde bir okucudur. KU No.15 kodlu okucunun korozyonun neden olduğu malzeme kaybı ve kırılma nedeniyle uzun bir bileziğe sahip *Tip B* sınıfından olduğu görülse de alt sınıfı tanımlanamamaktadır.

3.1.2.2.1 KU No.06

Numune A

Tip B.1.y türündeki okucunun iğne kısmının iki ayrı parçadan oluştuğu numune kesimi esnasında ortaya çıkmıştır. Numune A olarak seçilen parça iğneye ait diğer parça gibi yarım daireye yakın bir kesite sahiptir. Çok sayıda korozyonlu küresel ve yarı küresel cüruf kalıntısı gövde boyunca sıralanmaktadır. Dağlama işleminin ardından farklı tane büyüklüğüne sahip ferritlerden oluşan iki ayrı bölge tespit edilmiştir (Resim 3.16). Küçük taneli hafif Widmanstatten görüntüsü sergileyen ferrit bölgesi düz kenara iri taneli ferritler dış çepere yakındır (Resim 3.17.a).

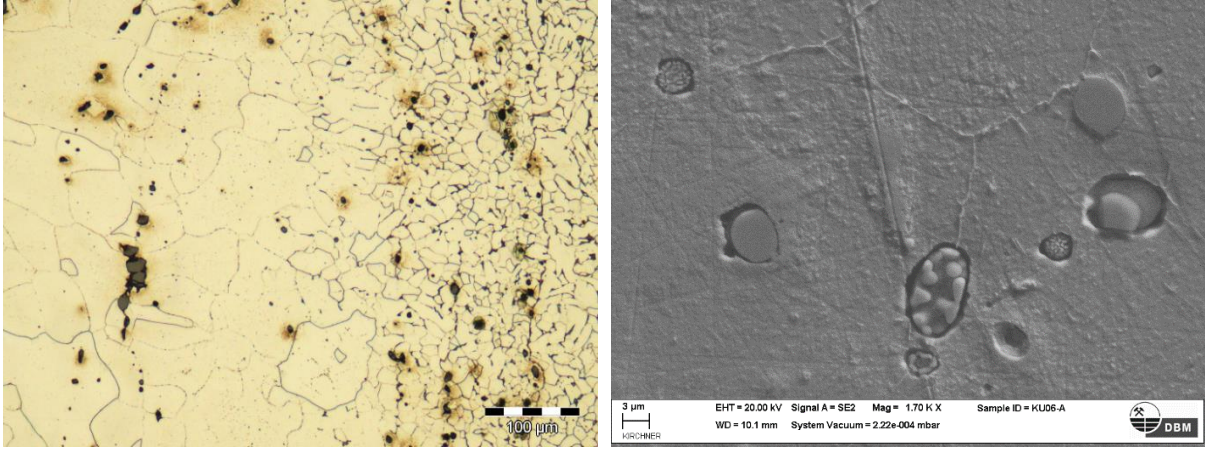
Resim 3.16. KU No.06-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Gövdede yer alan cüruf kalıntılarının SEM incelemesinde bunların küresel tek fazlı ve çok fazlı iki tip oldukları görülmüştür (Resim 3.17.b). Tek fazlılar muhtemelen cam ağırlıklı iken çok fazlı olanlar vüstit ve camdan oluşmaktadır.

Herhangi bir karbürleme izi görülmeyen malzemede yapılan kimyasal analizlerde ortalama % 99,05 oranındaki demir oranı kullanılan ara ürünün oldukça saf olduğunu işaret etmektedir.

Resim 3.17.a) İki farklı boyuta sahip ferrit taneleri ve korozyonlu cüruf kalıntıları **b)** Küresel tek fazlı ve çok fazlı (vüstit-cam) cüruf kalıntılarının SEM görüntüsü.

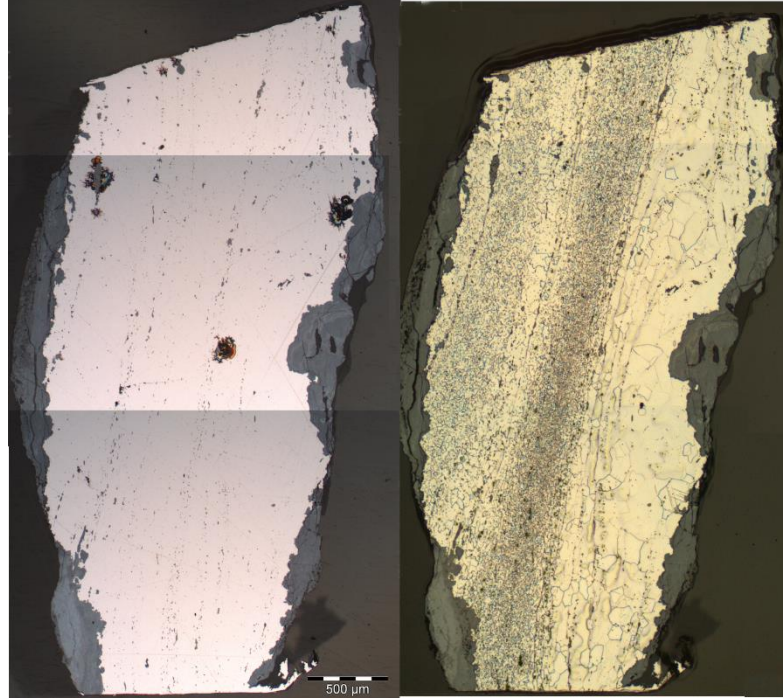


Numunede yapılan mikro-sertlik ölçümleri ile 200-225 HV arasında değişen sertliklere sahip noktaların ortalama sertliği 215 HV olarak tespit edilmiştir. Bu değerler ferrit ağırlıklı yapılar için oldukça yüksektir. Bu nedenle bu bölgede soğuk dövme tekniğini uygulanmış olması muhtemeldir.

Numune B

Okucunun namlu kısmından alınan kesitin dağlanmamış görüntüsündeki cüruf kalıntılarının dizilimi şeritler halinde farklı malzemelerden üretimi işaret etmektedir. Dağlanma ile birlikte cüruf kalıntılarının sınırlarını belli ettiği şeritler daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Dağlanmış numunede küçük taneli ferritli ve düşük karbonlu perlitli bölgeler ile iri taneli ferritli bölgelerin şeritler halinde sıralanışı gözlemlenmiştir (Resim 3.18). Bu görünüm okucunun malzemesinin katmanlı çelik (piled steel) olduğunu işaret etmektedir.

Resim 3.18. KU No.06-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Numune B'de yapılan SEM-EDX lmlerinde A'da olduğu gibi oldukça saf demirle birlikte az miktarda mangane ve nikel ölçülebilmiştir.

Metal gövdede farklı noktaların sertlik değerleri 171-198 HV arasında (ortalama 184 HV) değişmektedir. Ölçülen en büyük değer karbon oranı diğer bölgelere daha yüksek olan kk taneli ferritli ve perlitli bölgeye ait iken en düşük bölge iri ferrit tanelerinin egemen olduğu bölgeye aittir.

Üretim Yöntemi

Bu okucu farklı karbon oranlarına sahip malzemelerin katmanlar halinde dövülerek kaynatıldığı bir ara üründen (piled steel) şekillendirilmiştir. Bu tip malzemeler hem sertlik hem de dayanıklılık olarak tek tip demir türevinden oluşan malzemelerden daha üstündürler. Nitekim hem iğnede hem de namluda ölçülen ortalama sertlik değerleri saf ferritli ve düşük karbonlu yapılardan oldukça yüksektir. Yapıda çok sayıda cüruf kalıntısına rastlanması ve bu kalıntıların belli bir yönde dizilmesinin iki nedeni vardır. Bunlardan ilki cüruf kalıntısı açısından temiz ve temiz olmayan farklı malzemelerin kullanılmış olması ikincisi ise katmanlar arasında kaynak kumu kullanılması ya da kaynak esnasında birleşim sınırlarında bölgesel korozyon gerçekleşmesidir.

Mikro yapı incelemesi okucunun iğnesinde ve namlusunda benzer malzemenin kullanıldığını göstermektedir. Ancak iğnenin mikro sertlik değerlerinin ortalaması namlununkinden yaklaşık 30 HV fazladır. İğnenin daha ince bir kesite sahip olması için daha fazla dövülmesi nedeniyle bu bölgenin sertliğinde bir artış yaşandığı düşünülmektedir.

İki numune üzerinde yapılan kimyasal analiz ölçümlerinde saf demire yakın bir kompozisyon ortaya çıkmıştır. İğnede silika ve nikel, namluda ise mangan ve nikel görülmesi farklı malzemelerin kullanılması ve ölçümlerin değişik noktalardan yapılmasından kaynaklanmaktadır.

İğne bölümünün iki parçadan oluşması bilinçli bir tercih olarak gözükmemektedir.

Okucunun hiçbir noktasında karbürizasyon işlemine dair bir iz görülmemiştir. Demirci istediği mekanik özelliklere sahip bir okucu ürettiği için bu işleme gerek duymamış olmalıdır.

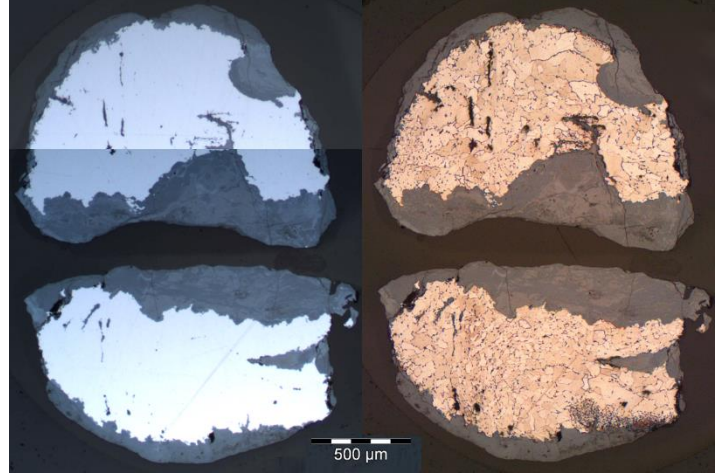
3.1.2.2.2 KU No.08

Numune A

İki parçadan oluşan Numune A *Tip B. 1.y* türündeki okucunun iğne kısmından alınmıştır. Her bir parça düzgün yarım daire formundadır ve bu iki parçanın birleşim sınırı kaynatılmamıştır. Dağlanma sonrasında içyapı görünümünde iki parçada herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir (Resim 3.19). İçyapının çoğunluklu ferrit taneleri ve az sayıda tane sınırlarında çekirdeklenmiş perlitlerden (Resim 3.20.b) oluşması nedeniyle karbon oranının % 0,1'i aşmadığı düşünülmektedir.

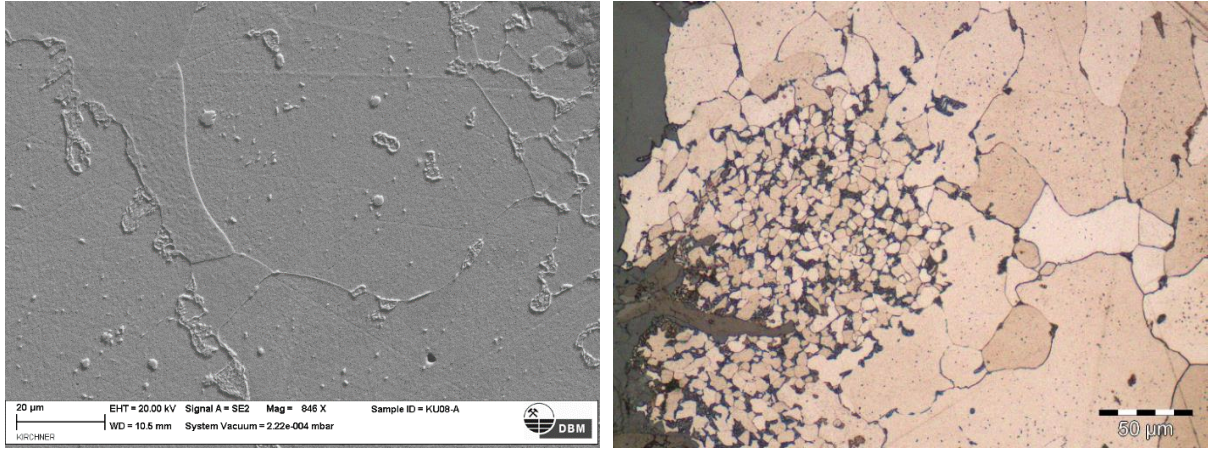
Alt ve üst sınırlarda ferrit tanelerinin daha da küçüldüğü ve perlit sayısının arttığı görülmektedir (Resim 3.20.a). Dolayısıyla yüzey sertleştirme işlemi uygulandığı düşünülmektedir.

Resim 3.19. KU No.08-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Numunenin her iki bölümünde de yapılan kimyasal analiz ölçümlerinin ortalamasında silika oranının bazı bölgelerde % 1'i geçtiği görülmektedir.

Resim 3.20.a) Büyük taneli ferritlerin sınırlarındaki perlit oluşumları **b)** Numunenin yüzeye yakın bölümünde karbonca zengin bölge.

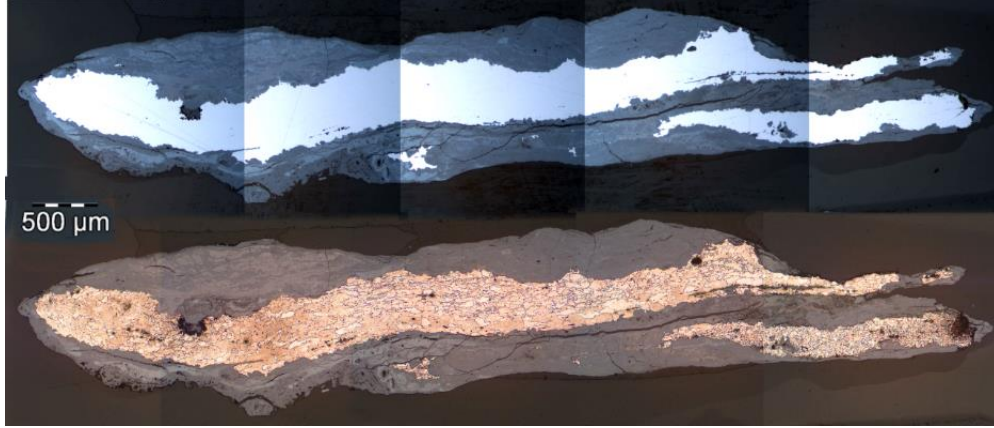


Numunede yapılan mikro-sertlik ölçümlerinde en sert bölge olarak karbürizasyondan etkilenmiş perlit ve ferrit bölgesi 160 HV olarak tespit edilmiştir. Diğer bölgeler az karbonlu ferritli yapı sertliğine uygun olarak 100 HV ile 140 HV arasında değişmektedir.

Numune B

Namludan alınan numunenin dağlanmamış görüntüsünde korozyon tabakasının muhtemel birleşim sınırında ilerlemiş ve iki ayrı tabakayı ortaya çıkarmış olması dikkat çekmektedir. Dağlanma ile birlikte iki ayrı tabakada da A kodlu numuneye benzer ferrit taneleri ve sınırlarda az miktarda perlit oluşumları gözlemlenmiştir (Resim 3.21.a).

Resim 3.21. KU No.08-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Numune B'de yapılan SEM-EDX ölçümlerinde potasyum hariç A ile aynı elementlere rastlanmıştır. Fakat bu numunede silika, magnezyum ve alüminyum oranı diğer bölüme göre daha düşüktür.

Metal gövdede farklı noktaların sertlik değerleri 170-215 HV arasında (ortalama 184 HV) değişmektedir. Numune A'dan yaklaşık 50 HV yüksek olan bu değer sertliğin hem namluda hem de iğnede soğuk dövme ile sağlandığını, ancak karbürleme işleminde kesitinin ince olması nedeniyle iğnenin yumuşadığını göstermektedir.

Üretim Yöntemi

Okucu yumuşak demir malzemedен dövülerek şekillendirilmiştir. Özellikle namludaki sertlik değerleri soğuk dövme uygulandığını göstermektedir. İğnede kenarlara doğru artan karbonlu alanlar yüzey sertleştirmesi işleminin uygulandığını işaret etmektedir.

Hem iğne hem de namluda iki farklı malzemenin ayırım çizgilerinin gösterdiği üzere enine kesit şeklinde iki farklı yarım ok parçası üretilmiş ve bu parçaların daha sonra namluda birleştirilip iğnede birleştirilmeden bırakılmıştır. Ancak içyapı, kimyasal analiz ve sertlik testleri numunelerdeki ayırımı belirgin kılmamaktadır.

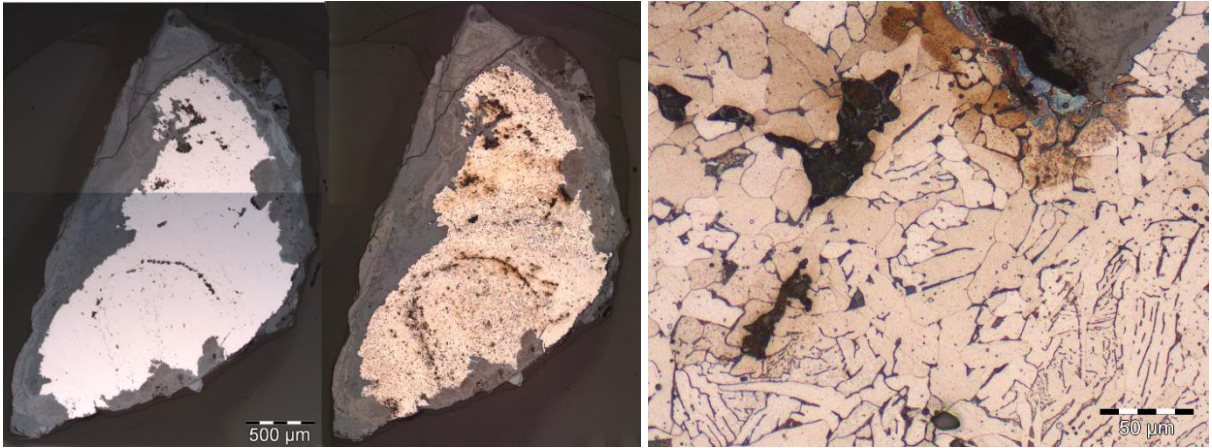
3.1.2.2.3 KU No.09

Numune A

Tip B.2.y türündeki okucunun iğne kısmı KU No.08 gibi yarım daire kesitli iki ayrı parçadan oluşmaktadır. Bu parçalardan bir tanesi incelenmek üzere seçilmiş ve numune hazırlığı yapılmıştır. Dağlanmamış görüntüde çok sayıda küresel ve yarı küresel formda tek

fazlı cüruf kalıntıları ve korozyon bölgeleri tespit edilmiştir. Dağlanma ile birlikte az karbonlu gövdenin heterojen ferrit tanesi formlarına ve bölgelerine sahip olduğu görülmüştür (Resim 3.22.a). Tane sınırlarında oluşmuş perlitlerin eşlik ettiği ferrit taneleri bazı bölgelerde eş eksenli bazı bölgelerde ise Widmanstatten görünüm sergilemektedirler (Resim 3.22.b). Malzeme içyapısında herhangi bir karbürizasyon izine rastlanmamıştır.

Resim 3.22.a) KU No.09-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü **b)** Solda eş eksenli sağda Widmanstatten görünümünde ferrit taneleri.

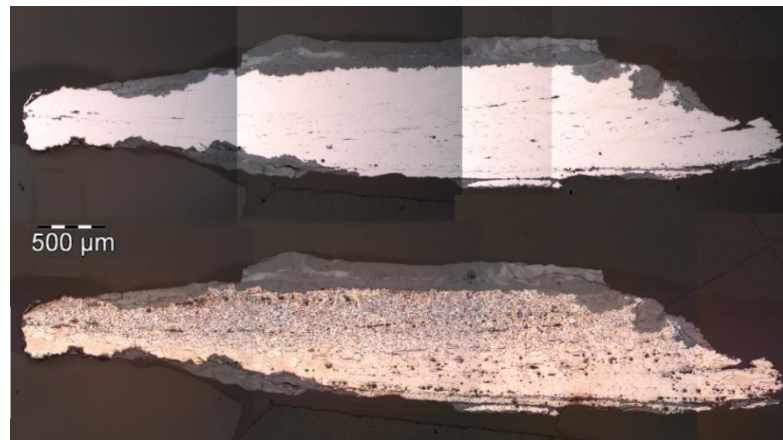


Numune üzerinde yapılan sertlik ölçümlerinde 158 – 204 HV arası (ortalama 174 HV) değerler okunmuştur.

Numune B

Namludan alınan numunenin dağlanmamış görüntüsünde uzanmış cüruf kalıntılarının özellikle alt bölgede yoğunlaştığı ve numunenin alt kenarında ince korozyon tabakalarının muhtemel ara ürüne ait birleşim yerlerinden ilerlediği görülmüştür (Resim 3.23).

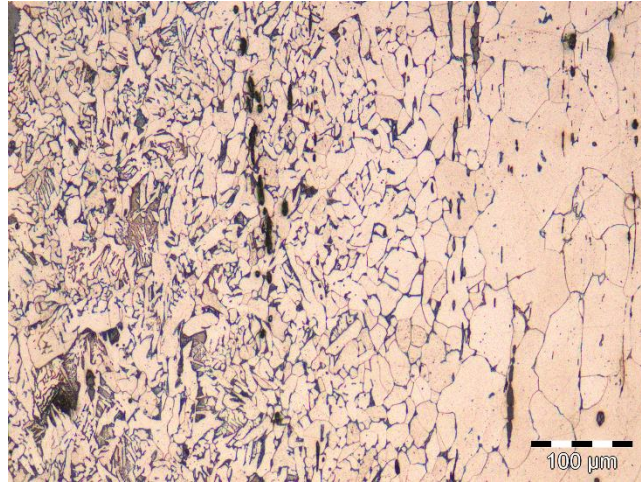
Resim 3.23. KU No.09-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Dağlanma sonrasında cüruf açısından temiz bölgenin daha yüksek karbonlu olup kaba perlit (bazı bölgelerde dejenere perlit) taneleriyle kaplı olduğu, alt bölgenin içyapısının ise neredeyse sıfır karbonlu *iri* ferrit tanelerinden oluştuğu ortaya çıkmıştır (Resim 3.24). Korozyon tabakalarının ana gövdeden ayırdığı bölümlerde küçük ferrit taneleri ve perlit oluşumları yaklaşımcı merceklerle tespit edilmiştir. Karbon açısından zenginleştirme işlemine ait herhangi bir iz gözlemlenmemiştir.

Mikro sertlik ölçümlerinde sertliği 158 – 184 HV arası değişen noktalar bulunduğu ve ortalama sertliğin 172 HV olduğu görülmüştür.

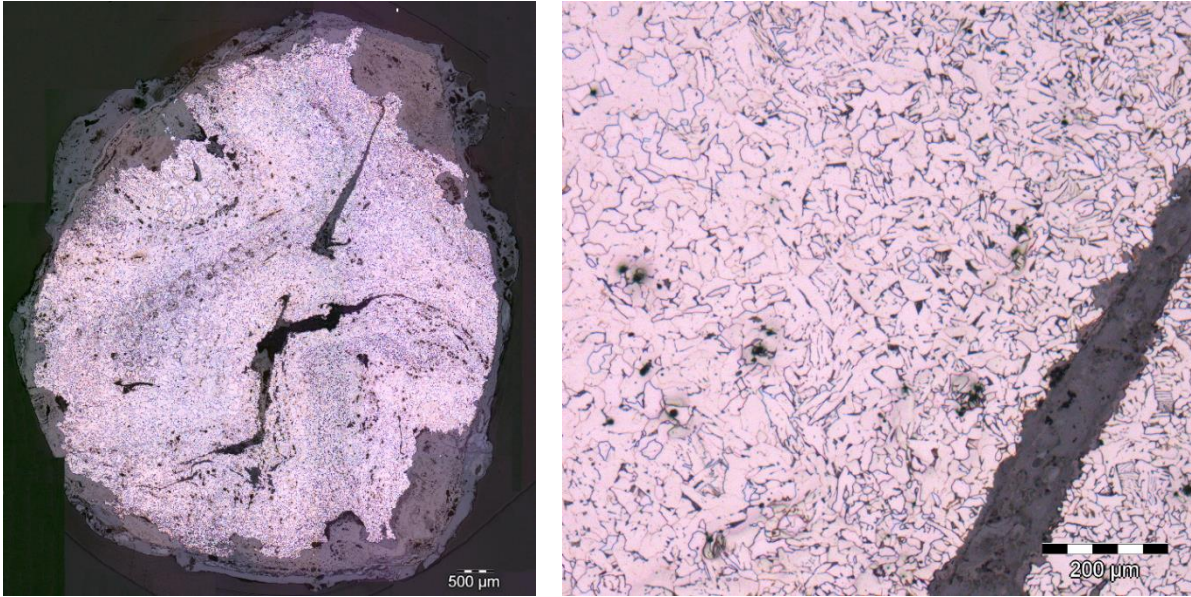
Resim 3.24. Resmin sol tarafında ortalama karbon oranı %0,2'ye yaklaşan bölge ve sağda karbon oranı sıfır olan ferritli bölge.



Numune C

Okucunun bilezik kısmından alınan numunede farklı malzemelerin birleşme ya da kırılma çizgileri korozyonla genişlemiş boşluklar halinde görülmektedir (Resim 3.25.a). Dağlanma sonrası eş eksenli ferrit, Widmanstater ferrit ve düşük karbonlu perlitli bölgeler yerleşim açısından birleşme ya da kırılma çizgileriyle uyumlu bir görünüm sergilemektedir (Resim 3.25.b).

Resim 3.25.a) KU No.09-C dağlanma sonrası görünümü **b)** Korozyon bölgesine yakın Widmanstater ferrit taneleri.



Numune C'de seçilen noktaların sertlik değerleri 125 – 155 HV arasında değişirken (ortalama 142 HV) değişirken bu değerler diğer numunelere göre daha düşüktür.

Üretim Yöntemi

Okucunun üretildiği ara malzeme katmanlı çeliktir (piled steel). Bütün numunelerin içyapısı ötektoid altı kompozisyonda homojen olmayan bölgelerden oluşmaktadır. B kodlu namluya ait numune sadece alt ve üst bölgelerden dövülme işlemi uygulandığı için katmanlar daha rahat ayrılabilir. Bilezik kısmında alet döndürülerek dövüldüğü için katmanlar kıvrılmışlardır. Ayrıca kalın birleşim hatları kendilerini kıvrımların yönü ile belli etmektedir. İğnenin iki parçadan oluşması üretim esnasında da döverek kaynatma işlemi uygulandığı ve iğnenin bilinçli olarak birleştirilmediğini düşündürmektedir. İğnede görülen 200 HV'lik sertlik soğuk dövme uygulandığını düşündürmektedir.

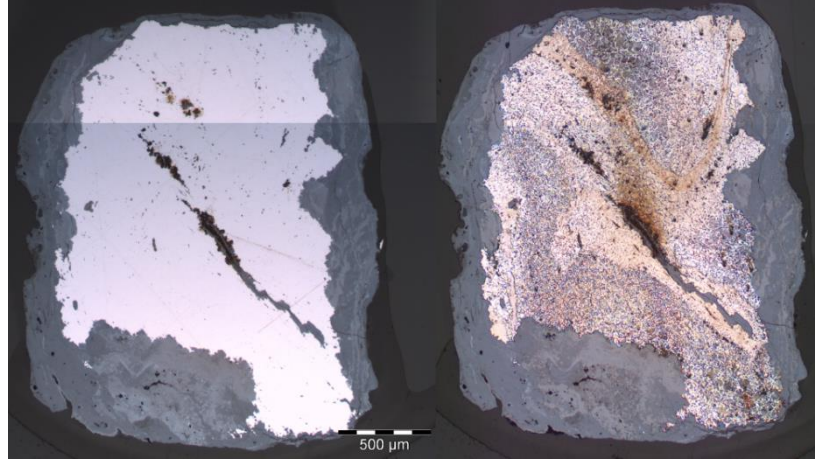
3.1.2.2.4 KU No.10

Numune A

Tip B.2.x türündeki okucunun iğne kısmı Kubad Abad okuçlarının diğerlerinden kare kesitli olmasıyla ayrılmaktadır. Kare kesitte hafif kıvrımlı diyagonal korozyon bölümü özellikle ortada bir boşluk halini almaktadır. Bu bölüm dövme işlemi esnasındaki katlamayı ya da kaynatmayı işaret etmektedir. Dağlanma sonrası karbon yapısındaki heterojen dağılım

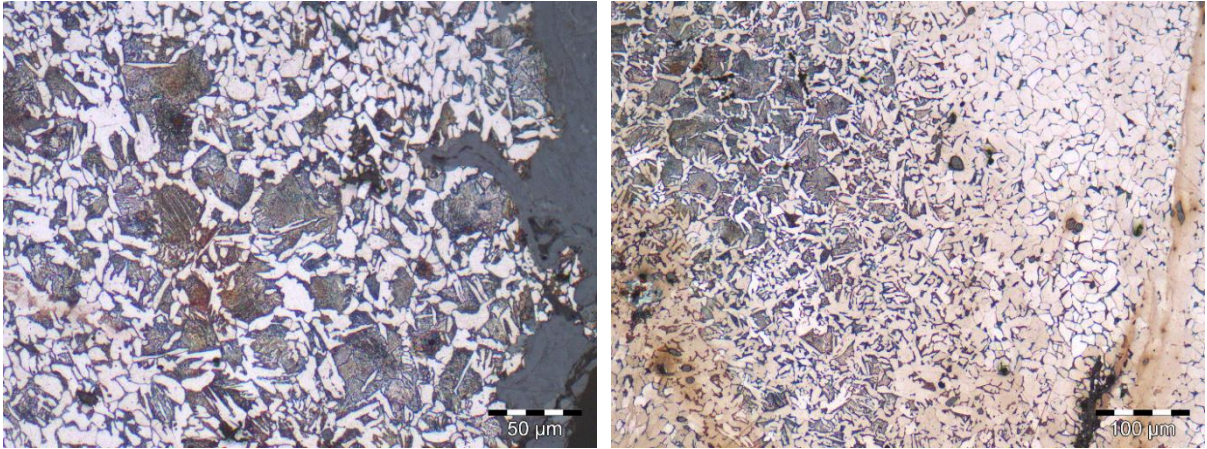
gözlenmiş olup, kıvrım ya da birleşim çizgisi etrafında karbon oranının azaldığı bu bölgenin etrafında dalgalı bir şekilde perlitli bölgelerin yoğunlaştığı görülmüştür (Resim 3.26).

Resim 3.26. KU No.10-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Yaklaşırıcı merceklerle yapılan incelemede perlitli bölgelerin karbon oranının yer yer % 0,5 civarlarına çıktığı tespit edilmiştir (Resim 3.27.a). Perlitler ince olup, ötektoid öncesi ferritler bir zincir gibi tane sınırlarını dolanmaktadır. Birleşme sınırına ve dış çepere yakın ferritli bölgelerdeki karbon oranı çok düşüktür (Resim 3.27.b).

Resim 3.27.a) Bozulma (dejenere) eğiliminde ince perlitler ve zincir ferrit taneleri **b)** Sağda birleşme sınırına yakın ferrit taneleri.

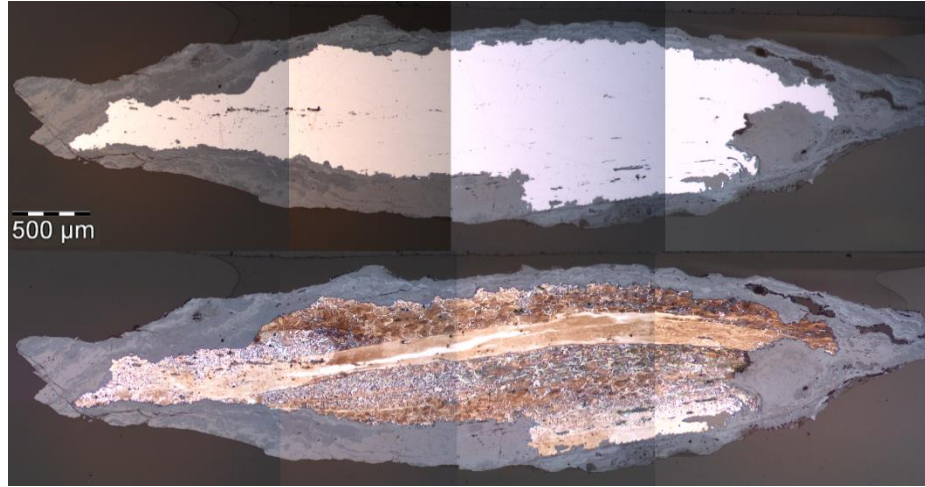


Numune B

Dağlanma öncesi numunenin orta bölümünde izlenen uzamış cüruf kalıntılarının birleşim bölgesine denk geldiği dağlama işlemi sonrası ortaya çıkmıştır (Resim 3.28). Neredeyse aynı

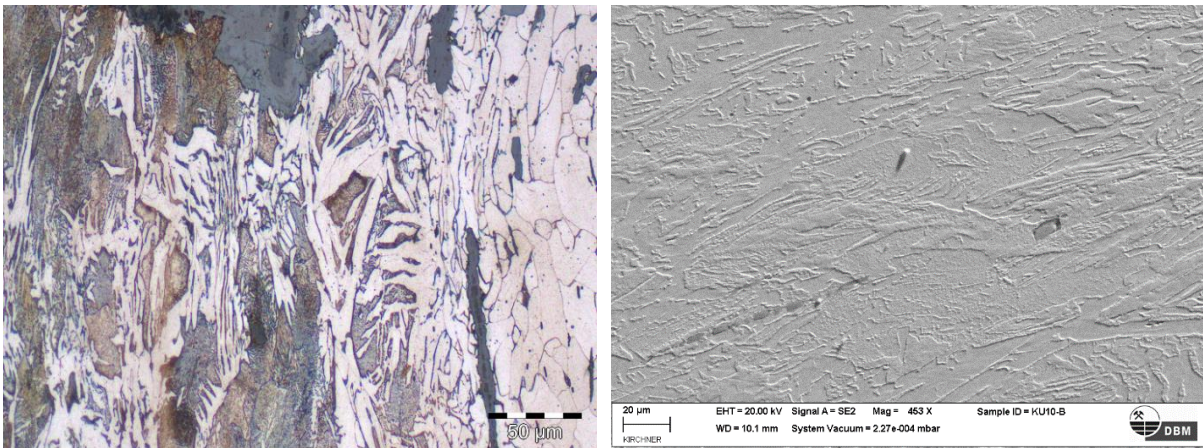
karbon oranına sahip ötektik kompozisyona yakın iki katman beyaz kaynak çizgisi ile ayrılmaktadırlar. Ayrıca alt bölüme yakın başka bir bölümün kaynatıldığı da görülmektedir.

Resim 3.28. KU No.10-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Perlitli bölgelerin iğneden alınan numuneye benzer bir şekilde ince perlitli ve zincir formundaki ferritlerden oluştuğu yaklaşımcı merceklerle alınan görüntülerde gözlemlenmiştir (Resim 3.29.a). Alt ve sol yan bölgelerde ferrit yoğunluklu bölümlerin de bulunduğu tespit edilmiştir. Fakat burada dikkat çeken durum hem perlitlerde hem de ferritlerde deformasyona uğrama ve uzama halleridir (Resim 3.29.b).

Resim 3.29.a) Solda ince perlit yoğunluklu bölge sağda ferrit tanesi artmaktadır **b)** Deformasyona uğramış perlit ve ferrit taneleri.



Üretim Yöntemi

Bu okucunu diğerlerinden ayıran sadece iğne kısmının kare kesitli olması değil aynı zamanda ötektik kompozisyona sahip perlitli bölgelerin bulunmasıdır. Benzer özelliklere sahip

katmanların kaynatıldığına dair izler iğnede korozyonlu çizgi, namluda ise dağlayıcıdan etkilenmemiş kaynak çizgileri şeklinde gözlemlenmiştir.

Özellikle birleşim noktalarına ve çepelere yakın ferrit tanelerinin artışı karbonsuzlaşma yani sıcak bir şekilde ocak dışında beklemeyi işaret etmektedir.

Namluda içyapı tanelerinin formu hızlı soğumayı, tanelerdeki deformasyon ise malzemenin soğumaya yakın ya da soğuk halde dövüldüğünü göstermektedir. Numune alınan kısmın malzemenin en ince bölgesi olması nedeniyle burası geri kalan parçaya göre daha hızlı soğumuş olmalıdır.

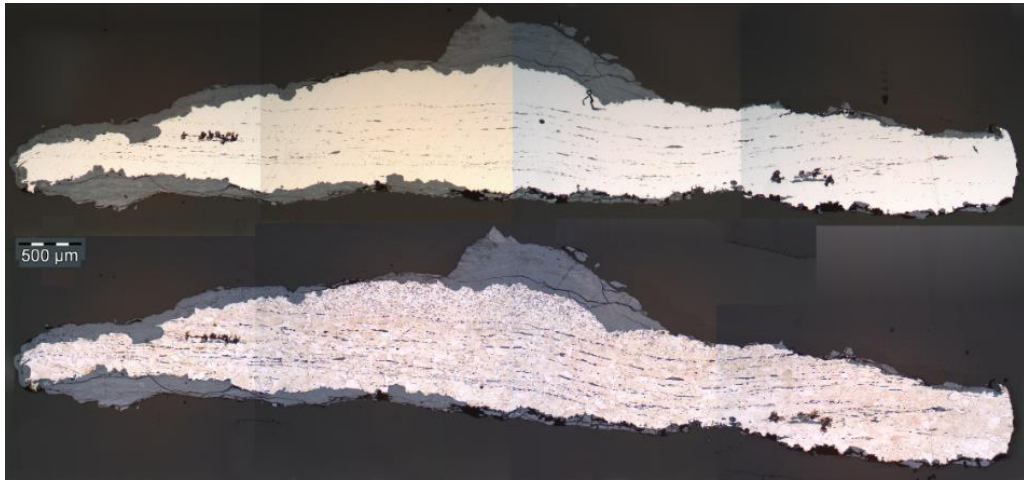
Bütün bu değerlendirmeler sonucunda farklı çelik içerikli katmanların şekillendirme esnasında birleştirildiği okucunun ocaktan sıcak halde çıkarılıp dışarıda bir süre bekletildiği ve ardından son dövülme işleminin gerçekleştiği söylenebilir.

3.1.2.2.5 KU No.12

Numune A

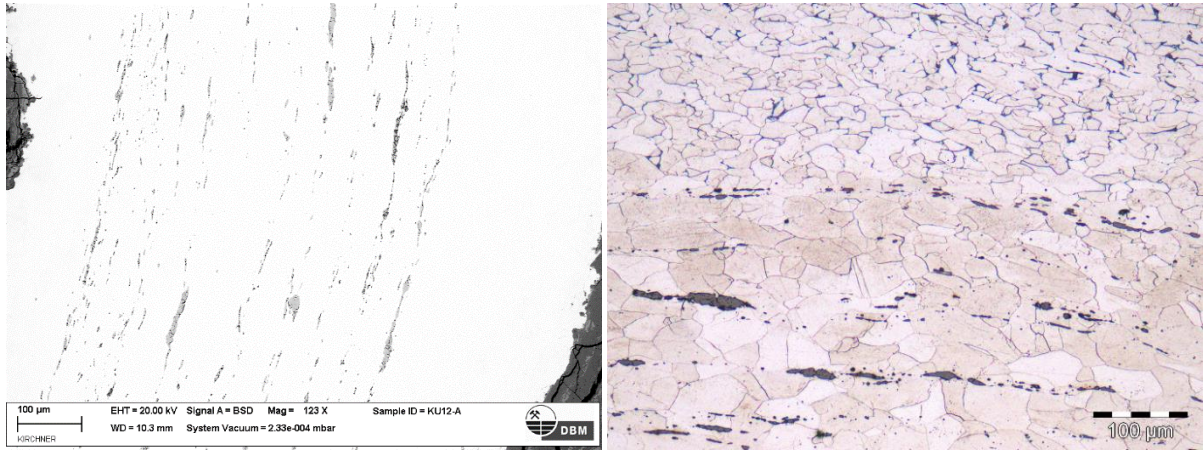
Üretimi yarıda bırakılmış *Tip B.1* türündeki okucunun iğne kısmından enlemesine alınan kesitte çok sayıda cüruf kalıntısının dövme eksenine dik olarak sıralandığı görülmüştür (Resim 3.30 - Resim 3.31.a). Dağlama işleminin ardından numunenin ferrit ağırlıklı bir içyapıya sahip olduğu, üst kısımda yer alan cüruf kalıntısı açısından temiz bölümün daha küçük taneli ve diğer bölgeye göre daha fazla karbonlu olduğu tespit edilmiştir (Resim 3.31.b).

Resim 3.30. KU No.12-A dağlanma öncesi ve sonrası.



Herhangi bir karbürleme izi görülmeyen malzemede yapılan sertlik testlerinde 180 – 215 HV arasında değişen sertlik değerleri ölçülmüştür.

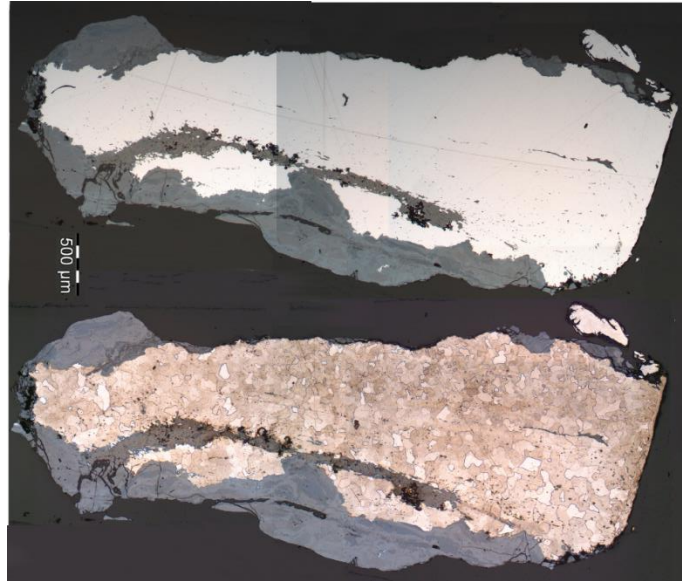
Resim 3.31.a) SEM-BSD görüntüsünde uzamış cüruf kalıntıları **b)** Tane büyüklükleri ve cüruf kalıntısı yoğunluğu açısından farklılıkları olan iki bölge.



Numune B

Namludan alınan numunede korozyonlu kalın bir cüruf tabakası neredeyse tüm kesiti ikiye ayırmaktadır. Dağlama sonrası görüldüğü üzere içyapının tümü eşeksenli ferrit tanelerinden oluşmaktadır (Resim 3.32). Bu numunenin içyapısı ferritlerin tane büyüklükleri açısından Numune A'da yer alan büyük taneli bölge ile benzeşmektedir (Resim 3.33.a).

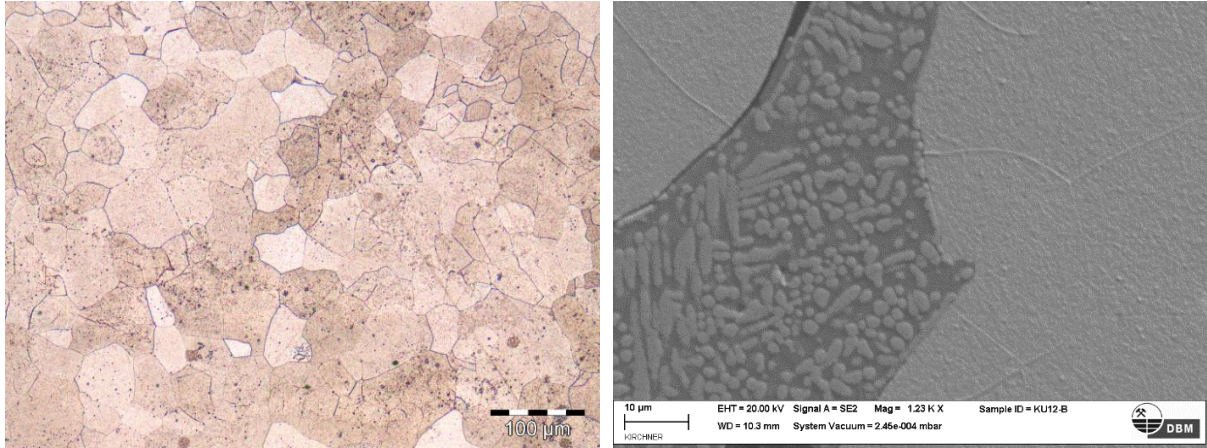
Resim 3.32. KU No.12-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



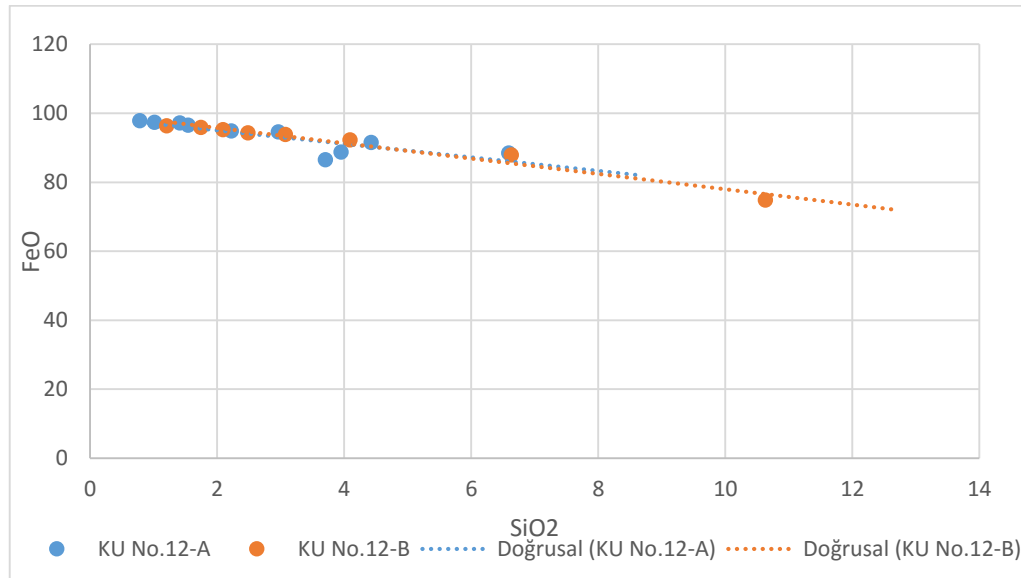
Gövde içerisinde yer alan büyük cüruf tabakası SEM-SE ile görüntülenmiş (Resim 3.33.b) ve EDX ile kimyasal içeriği iki numune içerisinde yer alan 17 cüruf kalıntısı ile birlikte tayin edilmiştir. Bu analizlere göre hazırlanan FeO/SiO₂ grafiğinde büyük cürufun diğer cüruflarla

içerik yönünden benzeştiği görülmüştür. Bu nedenle şekillendirme aşamasında malzemeye karışan bir cüruf olmadığı diğer kalıntılarla birlikte izabe işlemi kaynaklı olduğu düşünülebilir.

Resim 3.33.a) Eş eksenli sıfır karbonlu ferritli yapı **b)** Kalın cüruf tabakasının açılı ve çok fazlı görünümü.



Şekil 3.3. KU No.12'de yer alan cüruf kalıntılarının SiO_2/FeO oranları.



Metal gövdede farklı noktaların sertlik değerleri 102-133 HV arasında değişmektedir. Bu değerler iğne kısmına göre yaklaşık 80 HV'lik bir fark göstermektedir.

Üretim Yöntemi

Üretimi yarıda bırakılmış ya da hatalı üretildiği için atılmış buluntu Kubad Abad demirci atölyelerinde okucu üretiminin gerçekleştirildiğini göstermesi bakımından önemlidir. Gövde boyunca uzanan çok sayıda cüruf kalıntısı kirli bir luppeden üretilmeye çalışıldığını göstermiştir.

Diğer *B tipi* okuçlarında görülen katmanlı çelik ya da farklı malzemelerin kaynatılması uygulamasının bu buluntuda geçerli olmadığı farklı bölümlerden alınan cüruf kalıntılarının birbirleriyle uyumlu olan kimyasal içeriğinden ve benzer karbon oranına sahip içyapılardan anlaşılmıştır. Bu bölümün okucunun üretiminde farklı bir malzemenin kaynatılmadan önce hazırlanmaya çalışılan parçası olma ihtimali vardır.

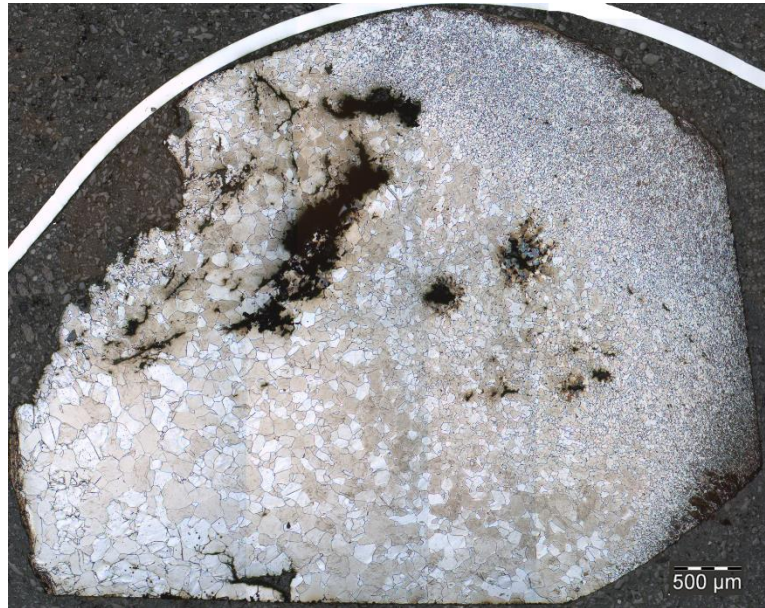
İğne bölümünden alınan numunede uzama belirtisi gösteren ferrit taneleri ve 210 HV değerlerine ulaşan sertlik bu bölümün bir süre soğuk bir halde dövüldüğünü işaret etmektedir.

3.1.2.2.6 KU No.15

Numune A

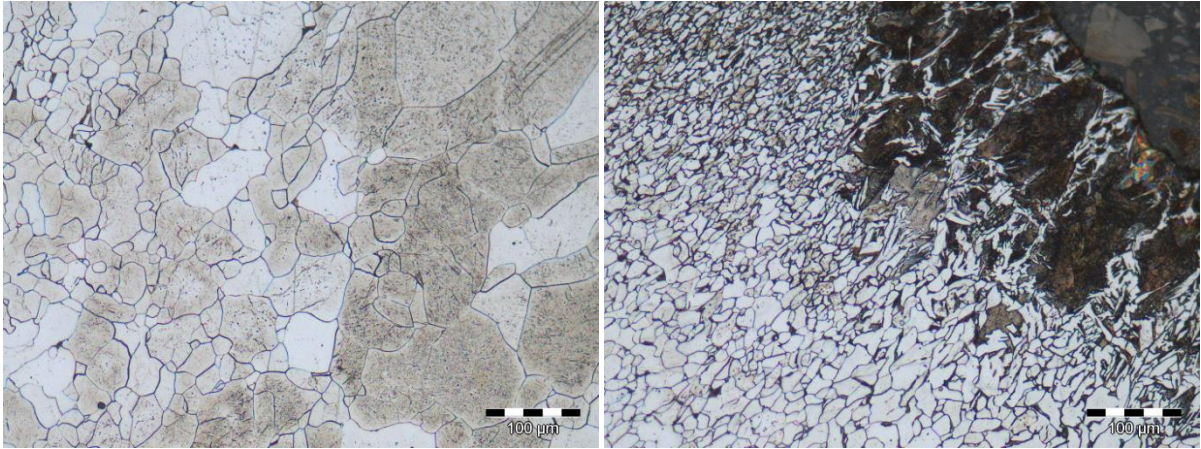
Tip B sınıfındaki okucunun bilezik kısmı olduğu düşünülen bölgesinde alınan kesitte büyük boşluklar dikkat çekmektedir (Resim 3.34). Dağlanmış görüntüsü ile içyapıya ferritli tanelerin hâkim olduğu tane boyutunun sağ ve üst kenarlara doğru gidildikçe küçülmeye başladığı görülmüştür.

Resim 3.34. KU No.15 kodlu numunenin dağlanma sonrası görünümü.



Küçük tanelerin hâkim olduğu kenarlarda karbürleme işleminin izlerini taşıyan perlitli bölgeler gözlemlenmiştir (Resim 3.35.b).

Resim 3.35.a) Küçük ve iri boyutlu ferrit taneleri **b)** Karbürleme sonucu oluşan perlitli bölgeler.



Üretim Yöntemi

Yumuşak karbon oranı düşük demir lüppeden üretilen okucunun sertliği karbürleme işlemi arttırılmak istenmiştir. Karbürlemenin tüm dış yüzeye uygulandığı (kabuk sertleştirme) ancak bazı bölgelerde korozyon nedeniyle bu izlerin silindiği tahmin edilmektedir. Küçük boyutlu tanelerin farklı bir malzemedan değil ısıdan etkilenen bölgeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kabuk sertleştirme işleminin ardından hava soğuması ile orta hızda bir soğuma sağlanmış olmalıdır.

3.1.2.3 Çiviler

Dört çivinin uzunlukları 5,5 ile 13 cm, ağırlıkları ise 11 ile 30 gram arasında değişmektedir. Çivilerden üçü *Tip B*, bir tanesi (en uzun olan örnek) ise *Tip C* sınıfına aittir.

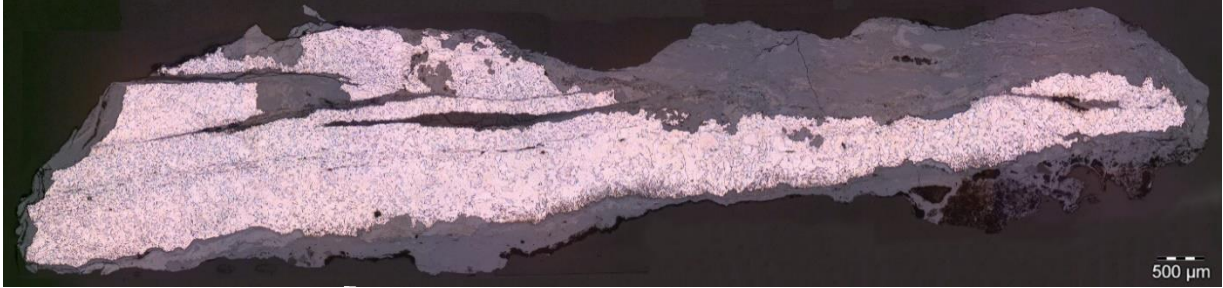
3.1.2.3.1 KU No.01

Numune A

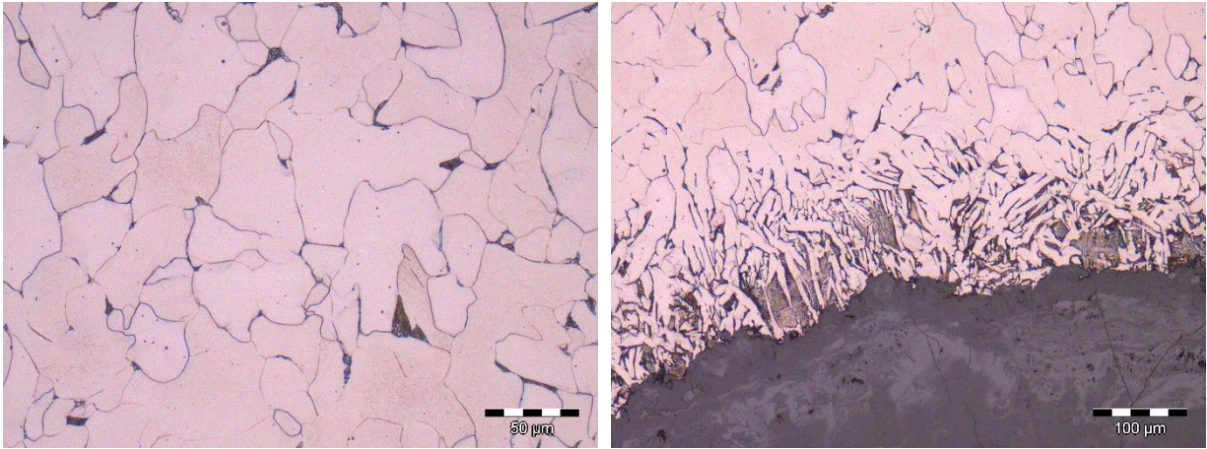
Çivinin başına yakın gövde bölümünden, uzun boyu yönünde alınan kesitin dağlanmasının ardından ferrit ağırlıklı bir içyapı ortaya çıkmıştır (Resim 3.36). Karbon oranı çok düşük olan bu yapıda perlitli bölgeler tane sınırlarında küçük adacıklar şeklindedir (Resim 3.37.a). İç bölgelerde eşeksenli forma sahip taneler, kenarlarda soğuma hızı ile alakalı olarak Widmanstatten görünümündedir. Az sayıda cüruf kalıntısı tespit edilmiştir. Farklı demir malzemelerin ya da aynı malzemenin farklı bölümlerinin dövme işlemi esnasında birleşim hatları korozyonun gelişmesine olanak sağlamışlardır.

Kesitin alt kenarındaki perlit oluşumları bu yüzeyden karbon difüzyonunun gerçekleştiğini dolayısıyla karbürleme işleminin uygulandığını işaret etmektedir (Resim 3.37.b).

Resim 3.36. KU No.01-A dağlanma sonrası görünümü.



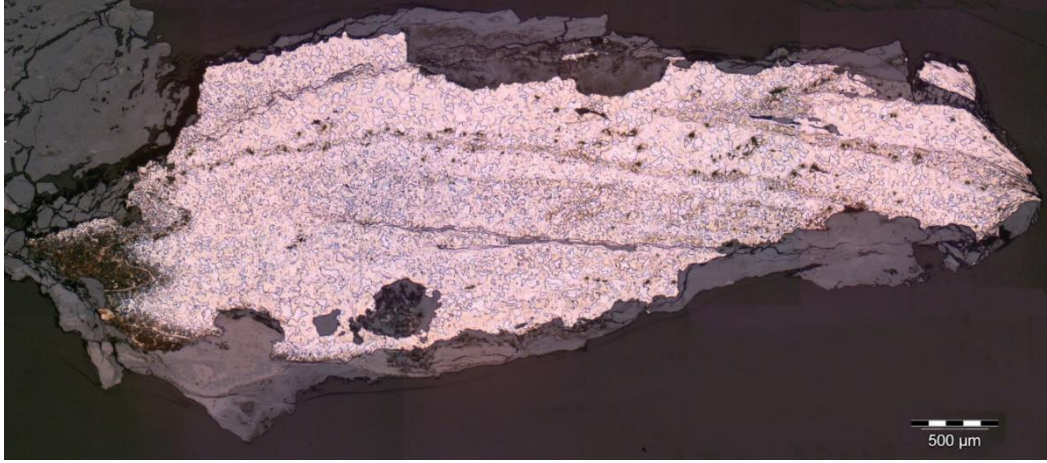
Resim 3.37.a) İç bölgedeki eşkesenli ferrit taneleri ve tane sınırlarındaki perlit adacıkları **b)** Kesitin tek yüzeyinde karbon difüzyonu ve perlit oluşumu.



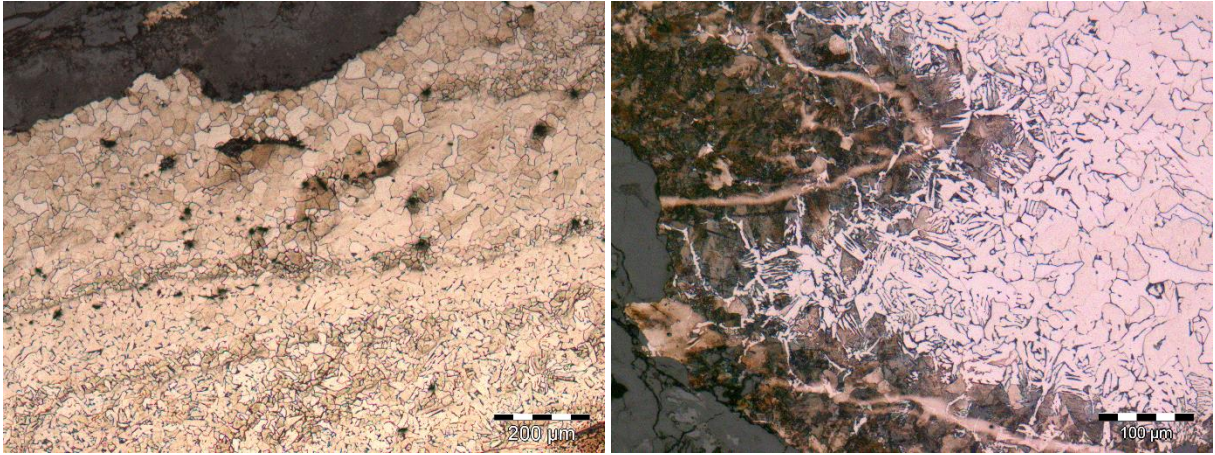
Numune B

Çivinin sivri uç kısmından alınan kesit aşırı korozyon nedeniyle objenin enine formunu temsil etmemektedir. İçyapısı diğer numuneyle benzer şekilde ferrit tanelerinden oluşmaktadır (Resim 3.38). Ferrit tane boyutları ve şekilleri oldukça ayrışık (inhomojen) olup yer yer perlit adacıklarına rastlanmaktadır (Resim 3.39.a). Cüruf kalıntıları yarı küresel olup çivi boyunca dövme eksenine dik uzanmaları nedeniyle kesitleri bu formda gözükmektedir. Bu numunede karbürleme bölgesi çok daha belirgindir. Karbürleme işleminin uzun süreli gerçekleştirilmiş olması nedeniyle alt kenarda oluşan karbonca zengin bölge oldukça kalındır ve büyük kısmı ötektik civarı kompozisyona sahiptir (Resim 3.39.b).

Resim 3.38. KU No.01-B dağlama sonrası görünümü.



Resim 3.39.a) Gövdeyi oluşturan çeşitli boyutlara ve formlara sahip ferrit taneleri ve yarı küresel cüruf kalıntıları **b)**Karbürleme bölgesinde ötektik kompozisyondaki ince perlitli bölge.



Üretim Yöntemi

Tip C formunda olan bu çivi az karbonlu luppenen dövülerek şekillendirilmiştir. Çalışılan luppenin karbon oranı oldukça düşüktür ve cüruf kalıntı miktarı azdır. Luppenin çivi yapılmadan önce dövülerek arındırılmış olması muhtemeldir.

Çivi üretildikten sonra demirci ocağının içerisinde uzunca bir süre karbürleme uygulanmıştır. Uç bölümünde karbon oranının daha yüksek görülmesi nedeniyle çivi ocağın içine karbürleme işlemi esnasına uç kısım demirci ocağının daha derinine girecek şekilde bekletildiği söylenebilir. Perlitlerin ince olması ve ferrit tanelerinin boyutları karbürleme işleminden sonra çivinin ocaktan çıkarılıp havada soğutulduğunu göstermektedir.

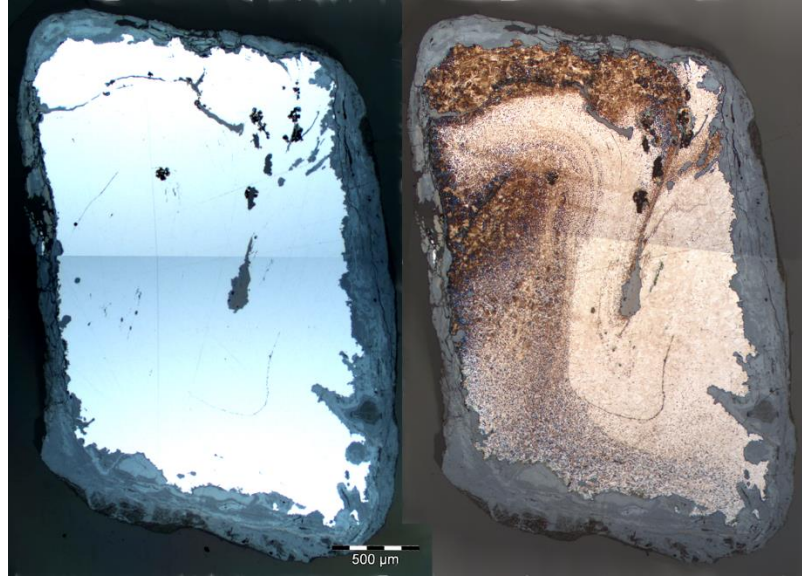
3.1.2.3.2 KU No.02

Numune A

Tip C sınıfından KU No.02 kodlu çivinin ucundan alınan kesitte korozyon bölgeleri ve cüruf kalıntıları farklı yönlerde doğru uzanmış yer yer kıvrılmış halde gözlemlenmiştir. Numunenin dağlanmasıyla bu kıvrılmaların farklı katmanların birleşme sınırlarına denk geldiği ortaya çıkmıştır (Resim 3.40). Farklı karbon oranına sahip en az iki demir-çelik katmanının döverek kaynatıldığı ve iç içe geçecek biçimde şekillendirildiği söylenebilmektedir. Bu malzemelerden ilki yer yer ötektik kompozisyona yakın perlitli çelik, ikincisi ise çok düşük karbonlu demir içermektedir.

Korozyona uğramamış bölgelerde karbürizasyon işlemine ait herhangi bir iz tespit edilmemiştir.

Resim 3.40. KU No.02-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



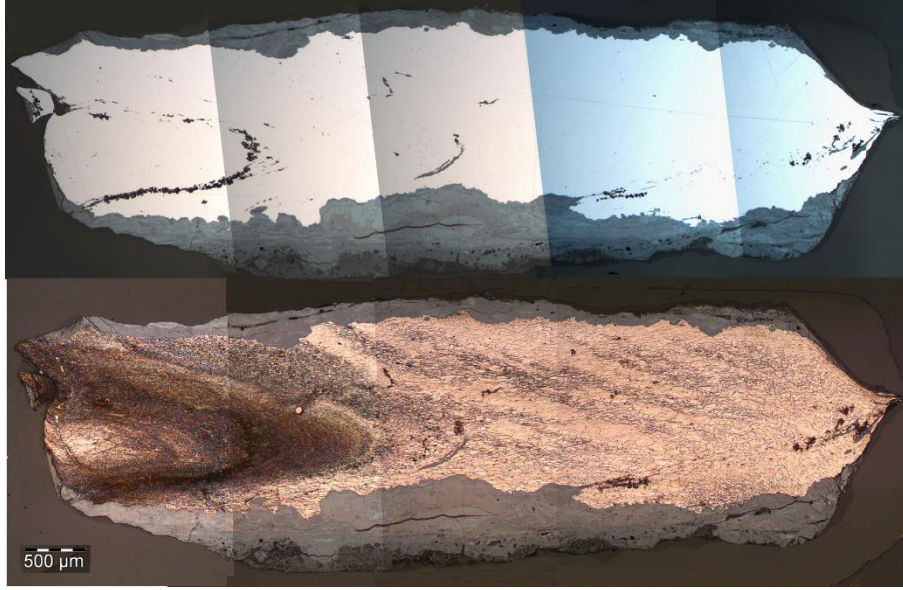
Numune üzerinde yapılan mikro-sertlik incelemesinde içyapı çeşitliliğine bağlı olarak 150 HV ile 360 HV arasında değişen bölgeler ölçülmüştür. Çivinin en sert bölgeleri perlit bakımında en yoğun bölgelerdir.

Numune B

Çivinin baş kısmından alınan kesitte ve dağlanmış görüntüsünde diğer numunede olduğu gibi iç içe geçmiş iki ayrı malzemeye ait görüntü alınmıştır (Resim 3.41). Çiviye çakma

esnasında çekicinin vurduğu bölgeye denk gelen alan perlit yoğunluklu malzemeden yanak kısmı ise ferrit yoğunluklu malzemeden oluşmaktadır.

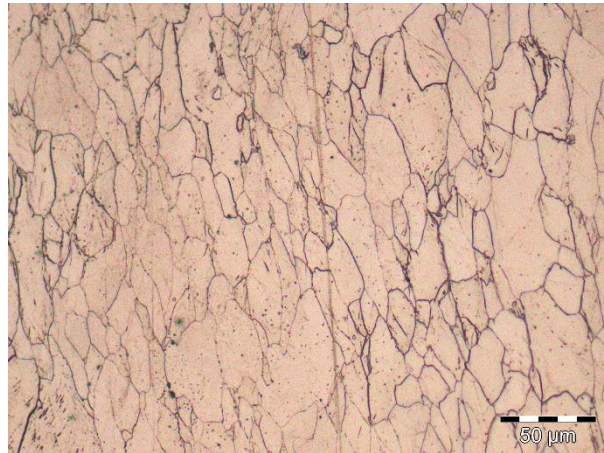
Resim 3.41. KU No.02 kodlu numunenin baş bölgesine ait kesit ve dağlanmış hali.



Diğer numunede olduğu gibi korozyona uğramamış bölgelerde karbürizasyon işlemine ait herhangi bir iz tespit edilmemiştir.

Ferritli bölgeden alınan detay görüntüsünde tanelerin aynı yönde deforme oldukları görülmüştür (Resim 3.42). Bu deformasyon kullanım esnasında çekiç darbeleri sonucu gelişmiş olmalıdır.

Resim 3.42. Aynı yönde deforme olmuş ferrit taneleri.



Sertlik ölçümlerinde en sert bölge 270 HV olarak tespit edilmiştir. Ferritli bölgelerde ise deformasyon nedeniyle ortalama 180 HV değeriyle normal ferrit yapılarından daha serttir.

Üretim Yöntemi

Bu çivi orta karbonlu çelik ve karbonsuz demir malzemelerinden üretilmiştir. Bu iki malzeme önce birbirleriyle dövülerek kaynatılmıştır. Ardından yayvanlaştırılarak katlanmış ya da bir kez döndürülmüştür. Karbürizasyon uygulanmamıştır.

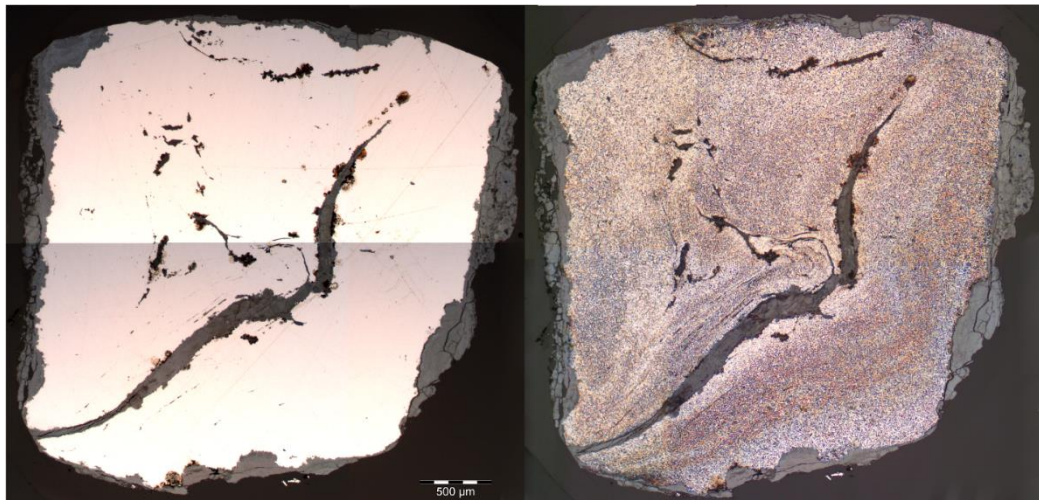
Malzemelerin bilinçli olarak seçildiği ve üretim yönteminin buna göre uygulandığı düşünülmektedir. Demircinin bu tercihlerindeki amacı sert ama kırılğan olmayan esneyebilen bir çivi üretmektir. Baş kısmındaki tanelerde görülen deformasyon çivinin oldukça sert bir malzemeye çakıldığını işaret etmektedir. Bu da kullanım yerine yönelik bir üretim olduğunu doğrulamaktadır.

3.1.2.3.3 KU No.03

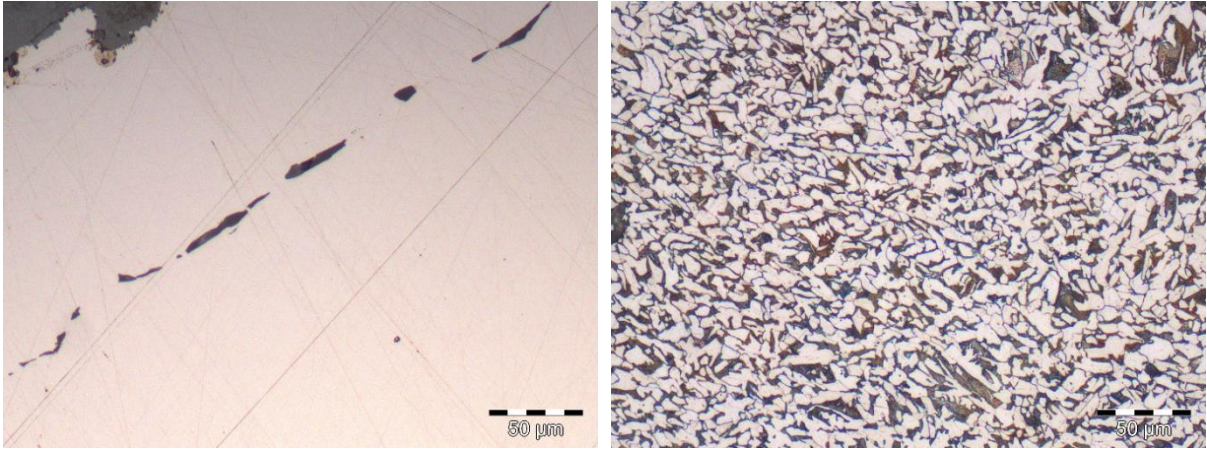
Numune A

Tip B çivinin uç bölümünden alınan numunede birleşim sınırlarını çağrıştıran çok sayıda kıvrımlı korozyon bölgesi ve uzamış cüraf kalıntısı görülmüştür (Resim 3.43 ve Resim 3.44.a). Bütün malzemedeki içyapı homojen sayılabilecek bir dağılıma sahip olup perlit ve ferrit tanelerinden oluşmaktadır (Resim 3.44.b). Genellikle düşük karbonlu (% 0,2 – 0,3) malzemede birleşim sınırları olduğu tahmin edilen bölgeler dekarbürizasyon sonucu ferrit ağırlıklıdır.

Resim 3.43. KU No.03-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



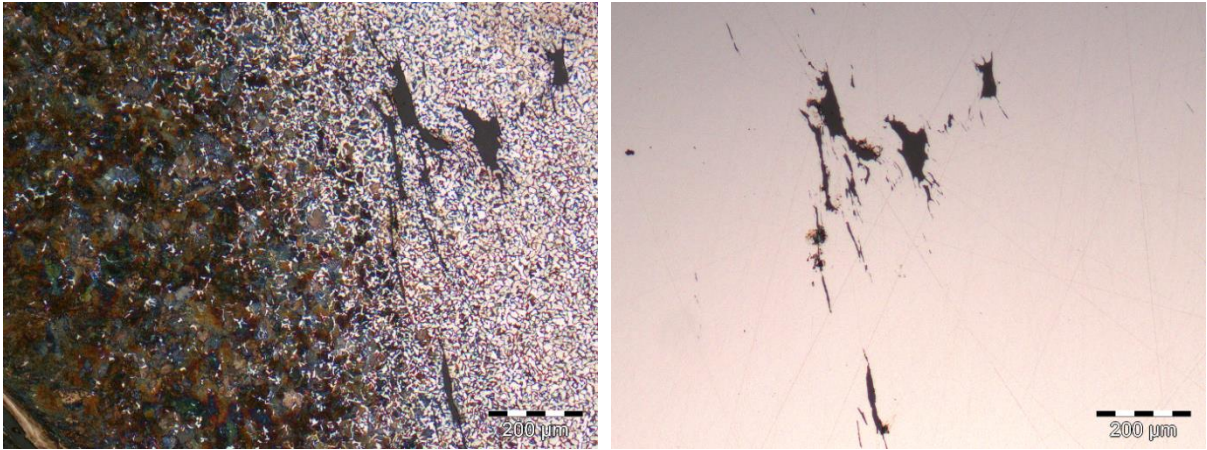
Resim 3.44.a) Uzamış, tek fazlı cüruf kalıntısı **b)** Genel yapıya hâkim ferrit ve perlit birlikteliği.



Numune B

Çivi başının iç kısımları uç ile benzer şekilde düşük karbonlu bir içyapıya sahipken kenarlar güçlü karbürizasyon yapıldığını düşündürten perlit ağırlıklı ötektik kompozisyona yakın olup orta karbonludur (Resim 3.45.a). Uzamış ve çok açılı cüruf kalıntıları luppeden gelmekte ve izabe işlemi kaynaklıdır (Resim 3.45.b).

Resim 3.45.a) Kenarlarda karbürizasyon sonucu oluşan ötektik civarı kompozisyon **b)** Aynı bölgenin dağlanmadan önceki halinde tek fazlı çok açılı cüruf kalıntıları.



Üretim Yöntemi

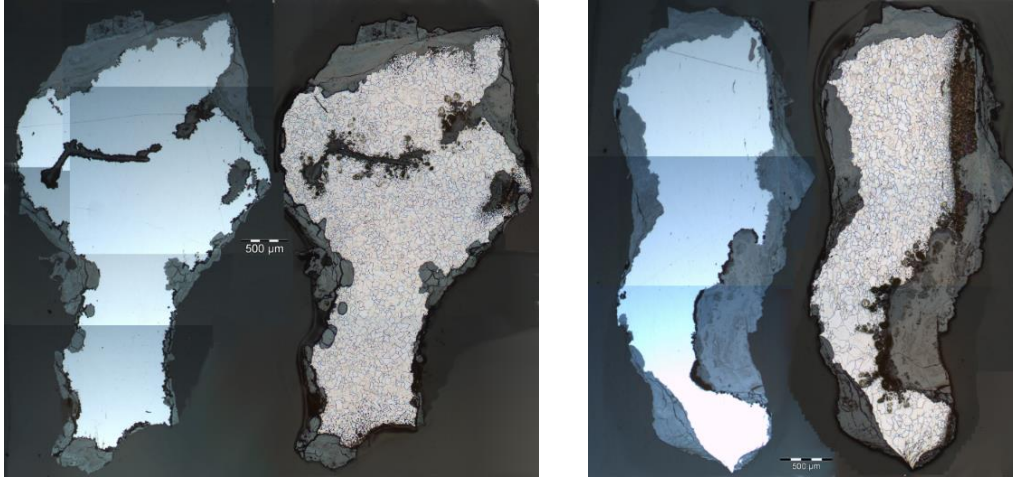
Bu çivi çok iyi rafine edilmemiş luppeden ya da farklı atık orta karbonlu çelik malzemelerin döverek birleştirilmesi ile oluşturulmuş ara üründen şekillendirilmiştir. Özellikle uç kısmındaki korozyonlu birleşim çizgileri malzemenin şekillendirilme esnasında bir kaç kez katlandığını düşündürmektedir.

3.1.2.3.4 KU No.05

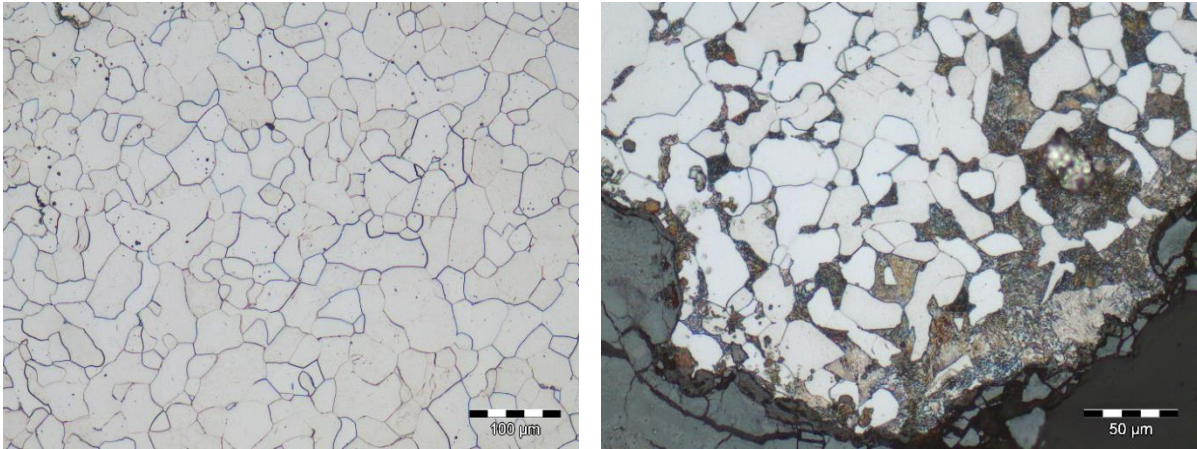
Numune A

Tip B türündeki çivinin uç bölümünden alınan numune, korozyon kaynaklı malzeme kaybı nedeniyle objenin uç kısmının dörtgen kesitini temsil etmemektedir (Resim 3.46.a). Cüruf kalıntıları açısından temiz olan malzemede katlanma ya da birleşme sınırı olan bölgelerde korozyon gelişimi gözlemlenmiştir. Numunenin dağlanmasıyla tüm yapıya eş eksenli ferrit tanelerinin hâkim olduğu (Resim 3.47.a) ve malzeme kaybının az olduğu kenarlarda kaba perlit oluşumları (Resim 3.47.b) görülmüştür.

Resim 3.46.a) KU No.05-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü **b)** KU No.05-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Resim 3.47.a) Genel yapıya hâkim eş eksenli ferrit taneleri **b)** Numunenin alt kenarında kaba perlit oluşumları.

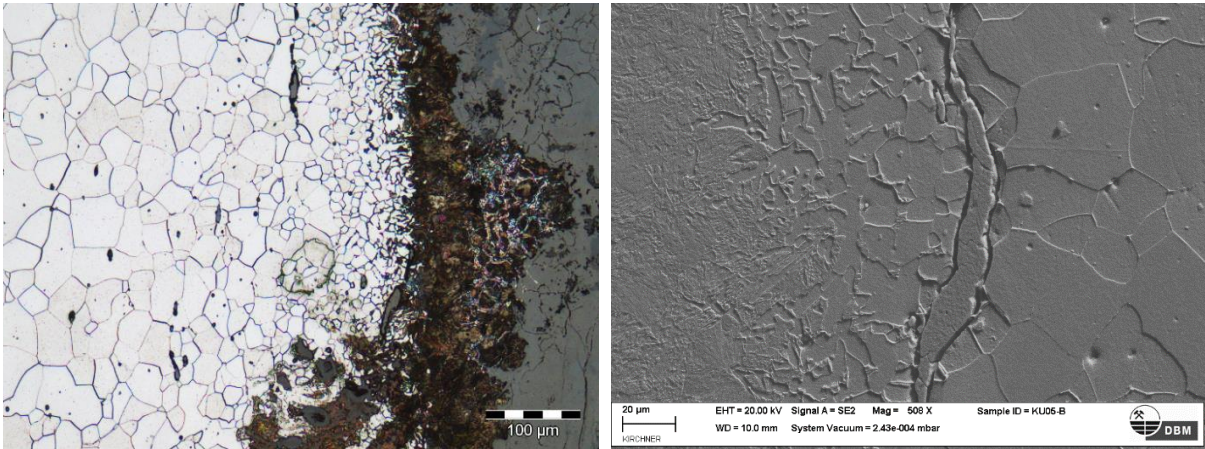


Kimyasal analiz sonuçlarına göre oldukça saf olan demire ortalama %0,29 oranında silika eşlik etmektedir. Diğer elementlerin miktarı SEM-EDX ekipmanının hassasiyet limitlerinin altında kalmıştır.

Numune B

Aynı çivinin baş kısmından alınan numunede A kodlu numunede olduğu gibi cüruf kalıntısı açısından temiz yapı kalın bir korozyon tabakası ile çevrelenmiştir. Dağlanma sonrasında eş eksenli ferrit taneleri bütün gövdeyi kapladığı görülmüştür. Bu numunede en dikkat çekici durum numunenin bir kenarında düzgün bir sınıra sahip perlitli çelik bölgesidir. Numunenin bazı kısımlarında perlitli çelik bölgesinin kalınlığı 0,5 milimetreye ulaşmaktadır. Yaklaşırıcı merceklerle yapılan incelemede perlitli bölgede kenara doğru gidildikçe sementit ağlarının var olduğu bu nedenle ötektiküstü kompozisyona ulaşıldığı tespit edilmiştir (Resim 3.48.a).

Resim 3.48.a) Kenarda karbürizasyon nedeniyle var olan perlit oluşumları ve sınırdan uzaklaştıkça sementit ağları **b)** Ferrit-perlit sınırında görülen cüruf kalıntısının SEM görüntüsü.



Aynı numunenin SEM incelemesinde perlit ve ferrit sınırında tespit edilen cüruf kalıntısının benzerlerine tüm gövdede rastlanması nedeniyle bunun farklı malzemelerin kaynatılmasına bağlı bir kalıntı değil sınıra denk gelmiş bir izabe kaynaklı kalıntı olduğu düşünülmektedir (Resim 3.48.b).

Numune B'de yapılan SEM-EDX ölçümlerinde de sadece silika ve demir tespit edilebilmiştir.

Üretim Yöntemi

Bu çivi iyi rafine edilmiş luppeden şekillendirilmiştir. İki numunede de yapılan kimyasal analizler sonucu silika ve demir dışında tespit edilen elementlerin % 0,1 oranını aşmayışı

luppenin geldiği izabe işleminin verimliliğinden ve kullanılan cevherin kalitesinden kaynaklanmaktadır.

A ve B numunelerinin ikisinde de gözlemlenen perlitli bölgeler yüzey sertleştirme işleminin uygulandığını işaret etmektedir. B kodlu numunenin perlitli bölgesinde karbon kompozisyonunun ötektik üstüne çıkması çivinin özellikle baş kısmının ocağın bol karbonlu bölgesinde yüksek sıcaklıklarda ve uzun süre karbürizasyonun gerçekleştiğinin kanıtıdır⁵. Ferrit tanelerinin eş eksenli oluşunun nedeni şekillendirme sonrasında uygulanan ısı işleminin bitiminde çivinin yavaş soğumaya bırakılması ya da daha sonrasında menevişleme uygulanmasıdır.

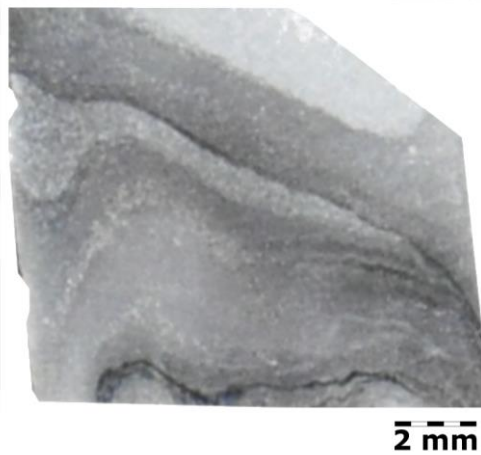
3.1.2.4 Tanımsız Obje

Tanımsız olarak tabir edilen obje görsel olarak küçük boyutlu bir spatülü andırmaktadır. Sap kısmı büyük bir ihtimalle ahşap bir çubuğun geçirebileceği kovan formunda şekillendirilmiş, uç kısmı ise geniş bir yüzey oluşturacak şekilde düzleştirilmiştir.

3.1.2.4.1 KU No.13

Buluntunun düzleştirilmiş bölümünden yüzeyi incelenecek şekilde alınan cüruf kalıntısı açısından çok temiz numunenin dağlanmasının ardından grinin birkaç tonundan oluşan dalgalı bir görünüm ortaya çıkmıştır (Resim 3.49).

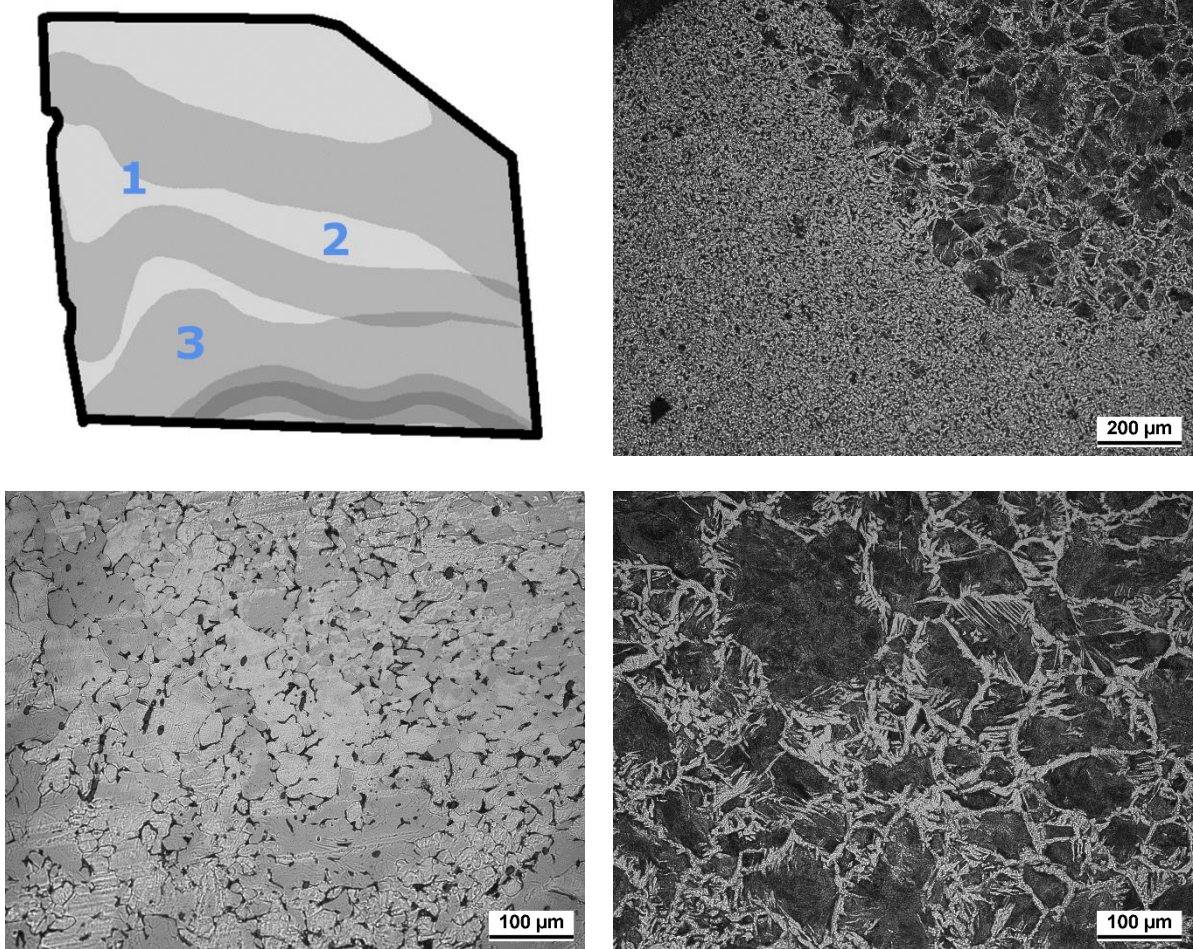
Resim 3.49. KU No.13 kodlu numunenin dağlanma sonrası görünümü.



⁵ Karbürizasyon işlemi esnasında karbonun malzemede ne kadar iç bölgelere ulaşabileceği ve ne kadar çok zenginleşebileceği difüzyon parametreleri ile ilgili olduğu için işlemin gerçekleştiği ocak sıcaklığına, atmosferin karbonca zenginliğine ve ocakta ne kadar uzun süre kaldığına bağlıdır.

Numunenin farklı noktalarında yaklaşıtııcı merceklerle yapılan incelemede tonlamaların karbon oranları ve içyapılardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. İri perlit taneleri ve tane sınırlarını çevreleyen zincir formundaki ferrit tanelerinin bulunduğu koyu gri bölgelerde karbon oranı yaklaşık %0,60'dır. Açık renkli bölgelerdeki eş eksenli ferrit ve sınırlarındaki az miktardaki perlit tanelerinden oluşan içyapı yaklaşık %0,10 karbon oranına sahiptir.

Resim 3.50.a) KU No.13 kodlu numunede yaklaşıtııcı merceklerle görüntü alınan bölgeler b) 1 numaralı bölgede orta ve az karbonlu bölgelerin birleşim sınırı dağlanma sonrası görünümü c) 2 numaralı bölgede eş eksenli ferrit taneleri ve tane sınırlarında perlit oluşumları d) 3 numaralı bölgede iri perlit taneleri aralarında Widmanstateren görünümlü ferrit oluşumları.



Üretim Yöntemi

Sap kısmına bir çubuk geçirilecek şekilde kovan formunda şekillendirilmiş aletin uç kısmı düzleştirilmiştir. Bu nedenle şekillendirme aşamasında öncelikle bir plaka oluşturulmuştur.

Yapılan incelemeler plakanın iyi rafine edilmiş orta ve az karbonlu luppelerden hazırlanan şeritlerin dövülerek kaynatıldığını ve muhtemelen döndürüldükten sonra ardından plaka haline getirildiğini göstermektedir. Plakanın sap kısmını oluşturmak için plaka silindirik bir demirci aleti etrafından döndürülmüş, uç kısmı ise dövülerek birleştirilmiştir.

Bu aletin formundan çok kullanılan malzeme ve yöntem dikkat çekicidir. İçyapıda neredeyse hiç görülmeyen cüruf kalıntılarına sadece birleşim sınırlarında rastlanmıştır. Bu da malzemelerinin bilinçli bir şekilde özenli seçildiğini göstermektedir. Dolayısıyla muhtemelen önemli bir kişinin kullanımına ait olan desenli kaynak ürünü olduğunu söylemek mümkündür.

3.1.2.5 Metalürjik buluntular

Kubad Abad kazı alanında iki alanda metalürjik işlemlerin işareti olan cürufumsu buluntulara rastlanmıştır. İlk alan saray sitesinin güney tarafında sarayın avlağına bakan işlik diye tabir edilen üç odalı kalıntının kuzey tarafıdır. Cürufların hemen yakınında üst üste istiflenmiş durumda çok sayıda duvar çinisi de bulunmuştur. İkinci yoğun cüruf buluntusuna rastlanılan alan yine İşlik diye tabir edilen üç odalı kalıntının batı tarafında yer alan “Köşklü Hamam”a ait hamamın dar holüdür. Üretim yerinden toplanıp atılan cüruflar yakın bir bölgedeki demirci ocağına ait olmalıdır. Üç odalı kalıntının zemine kadar inilen açmalarında orta odada demircilik faaliyetlerine ait ibareler bulunduğu rapor edilmiştir (Arık 2003). Üretim aşamasında ıskartaya çıkarılmış KU No.12 kodlu okucu da bu açmada ortaya çıkarılmıştır.

Numune kesimi esnasında KU-CU No.02, 06 ve 13 kodlu malzemelerde yoğun metal gövdelere rastlanmış olup bunların demircinin aletleri şekillendirmek için kullandığı hammaddelere (luppe) ait parçalar oldukları fark edilmiştir. KU-CU No.06 diğer luppe parçalarına göre daha temiz ve daha yoğun demir içermektedir.

2000 yılı kazı döneminde LXV – C açmasında bulunan KU-CU No.03 kodlu cürufun yoğunluğu diğer cüruflara göre daha düşüktür. Bazı gözeneklerde parıltılı camsı oluşumlar gözlenmiştir. Bu nedenle bu cürufun cam işleme cürufu ya da sır artığı cürufu olup olmadığı değerlendirilecektir.

Geri kalan cürufların çoğu daha büyük bir cüruf parçasına ait olup kırıldığı izlenimini veren yüzeylere ve formlara sahiplerdir. Ancak morfolojileri, renkleri ve yapılarının görünüşlerine göre demirci ocağı cüruflarının bazı özelliklerini taşıyan örnekleri görmek mümkündür.

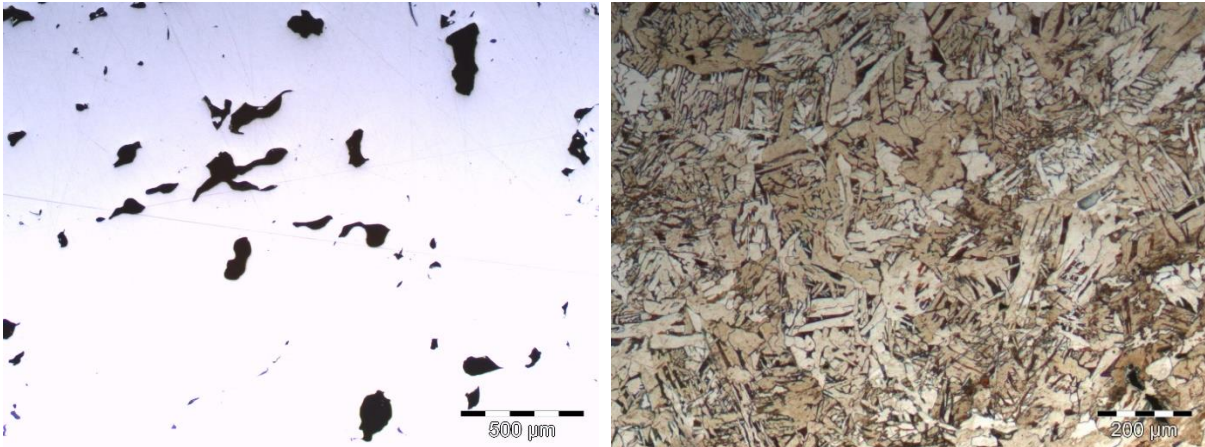
KU-CU No.08, 09, 04, 11 ve 12 kodlu cüruflar içbükey - dışbükey forma sahiplerdir. KU-CU No.07, 14 ve 16 kodlu cüruflar ise yumrulu ve büyük gözenekli bir görünüm sergilemektedirler.

3.1.2.5.1 KU-CU No.02-06-13

Kesim aşamasında luppe parçaları olduğu ortaya çıkan cürufumsu malzemelerin özellikleri metal objelerde olduğu gibi metalografi, SEM-EDX yöntemleri ile incelenmiştir.

KU-CU No.06 kodlu numunenin kesiminde ortaya çıkan diğer örneklerle göre cüruf açısından temiz ve yoğun demir içeriği bu parçanın döverek saflaştırma işlemi tamamlanmış, şekillendirmeye hazır bir ara ürün olma ihtimalini ortaya koymuştur. Yapılan metalografi incelemelerinde numunenin dağlanmamış görüntüsünde açılı ve küresel çok sayıda cüruf kalıntısı görünüm tespit edilmiştir (Resim 3.51.a). Dağlandıktan sonra ise numunenin homojen karbon oranına ve içyapıya sahip olduğu ortaya çıkarmıştır (Resim 3.51.b). Yaklaşık % 0,1 civarında karbon içeren içyapıyı Widmanstatten ötektoid öncesi ferrit ve bu tanelerin aralarındaki perlit taneleri oluşturmaktadır.

Resim 3.51.a) KU-CU No.06 kodlu numunenin dağlanmamış görüntüsü **b)** Aynı numunenin dağlanmış görüntüsünde Widmanstatten ferrit ve perlit taneleri.



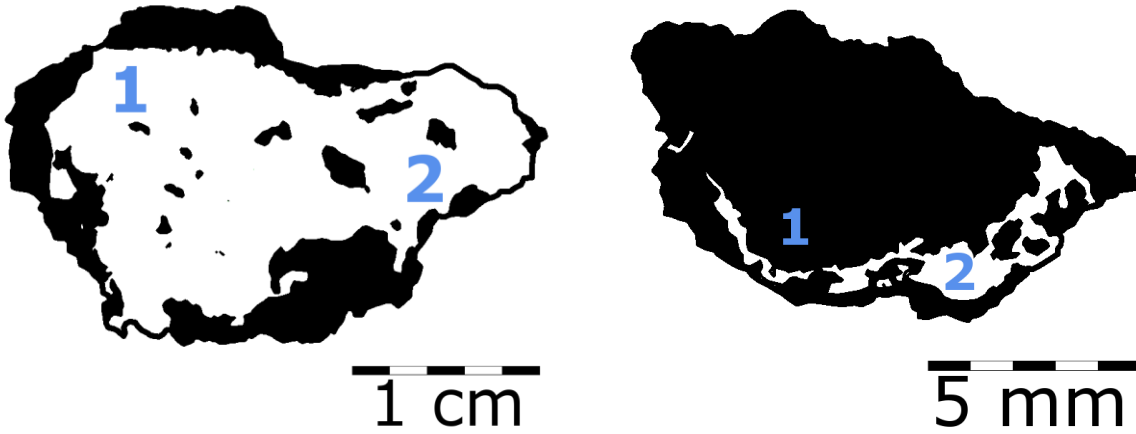
Dağlanmamış görüntüde cüruf kalıntısı görünüm sergileyen şekillerden birçoğunun gözenek olduğu ve demir gövdenin katışıkları açısından neredeyse tamamen saf olduğu SEM-EDX incelemelerinde tespit edilmiştir.

Bu analiz sonuçlarına göre bu ara ürün verimli bir izabe işleminden gelen, başarılı bir şekilde saflaştırılmış bir ara üründür. İçyapısı ve cüruflarla birlikte bulunması nedeniyle demirci ocağı içerisinde beklemiş ve sıcak haldeyken ocaktan çıkarılarak atılmış olduğu hatta cürufların

arasına karıştığı söylenebilir. Boyutu daha büyük bir luppeden kesilmiş olduğunu işaret etmektedir.

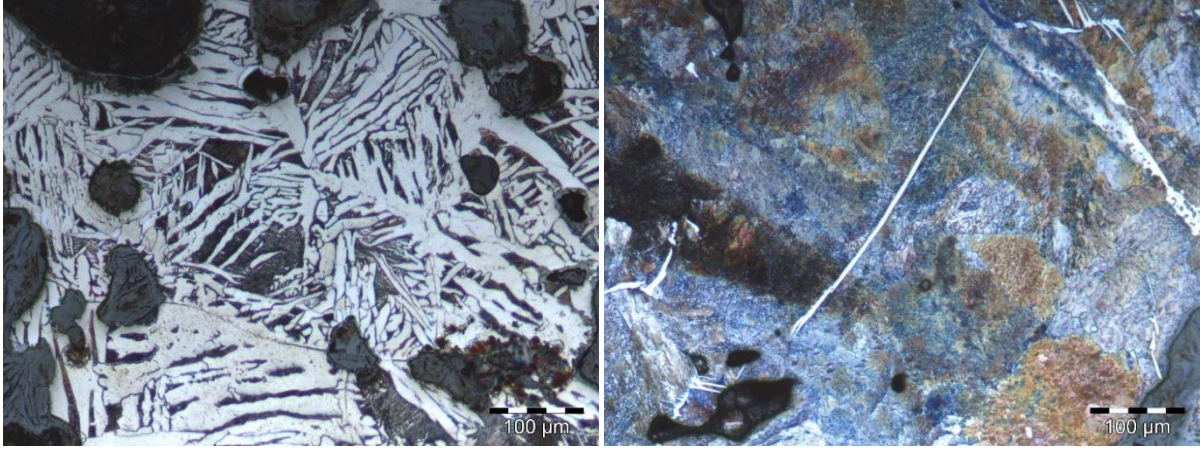
KU-CU No.02 ve 13 kodlu cürufumsu malzemeler numune hazırlık aşamasında kesildiklerinde metalik demir, korozyon ve cüruf bölgelerine bir arada rastlanmıştır. Resim 3.52.a ve b'de numunelerdeki metalik demir bölümleri beyaz, cüruf ve korozyon bölümleri ise siyah bölgeler şeklinde gösterilmiştir.

Resim 3.52.a) KU-CU No.02 kodlu numunede görüntü alınan noktalar **b)** KU-CU No.13 kodlu numunede görüntü alınan noktalar.



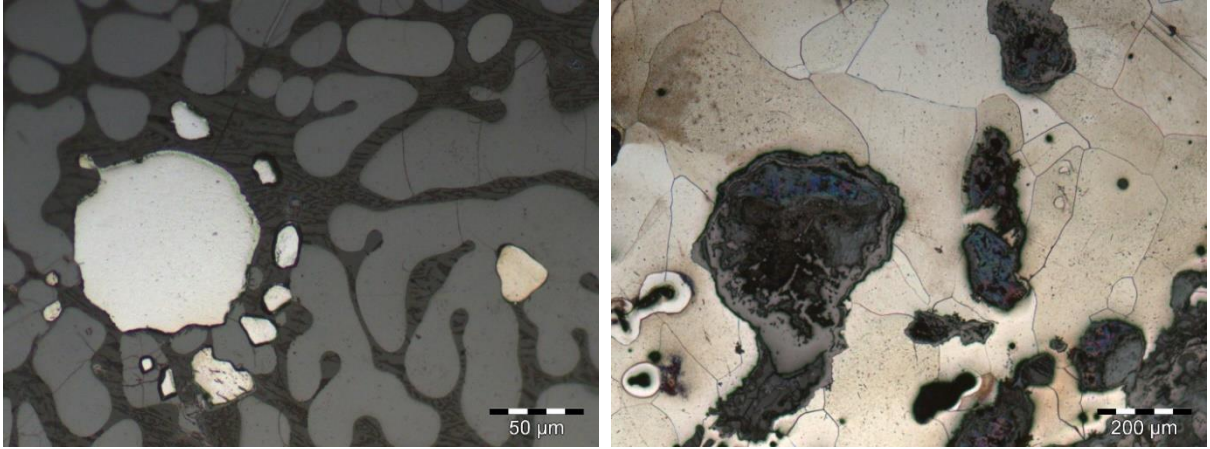
KU-CU No.02'nin metalik demir bölgelerinden alınan metalografi görüntülerinde luppe parçasının heterojen bir içyapıya sahip olduğu görülmüştür. Luppenin 1 numaralı bölümünde karbon oranı %0,2 civarında ve yapı Widmanstatten ötektoid öncesi ferrit ve perlitten oluşuyorken (Resim 3.53.a) 2 numaralı bölgede kompozisyon ötektik üstü ve içyapıda perlit ve ötektoid öncesi sementit (Resim 3.53.b) olarak gözlemlenmiştir. Doğrudan izabe yönteminde oluşan luppelerde yapının heterojen oluşu beklenen bir durumdur ancak karbon oranının ötektik üstüne çıkması yüksek ısılarda ve karbonlu atmosferde gerçekleşir. Özellikle luppenin üst bölgesini bir taç gibi saran bölümü yüksek karbonlu bölgeler içermekte olup bu bölgeler sertliği ve kırılabilirliği nedeniyle demirciler tarafından tercih edilmemektedirler. Bu tarz cürufumsu malzemelere luppelerin dövülerek rafine edildiği izabe ocaklarının yakınlarında ya da demirci ocaklarında diğer atıklarla birlikte rastlanır (Rehren et al. 2007).

Resim 3.53.a) KU-CU No.02 kodlu numunede 1 numaralı noktanın dağlanmış görüntüsü
b) KU-CU No.02 kodlu numunede 2 numaralı noktanın dağlanmış görüntüsü.



KU-CU No.13 kodlu cürufumsu malzemenin kesimi az miktarda demir içeriğini ortaya çıkarmıştır. Numunenin çoğunluğunu cüruf ve korozyon bölgeleri oluşturmaktadır (Resim 3.52.b). Bu cüruf bölgelerinde izabe işlemi sürecinde oluşan metalik demirin izleri halen görölmektedir (Resim 3.54.a). Metalik demir bölgeleri ise *iri* taneli ferritlerden ibarettir (Resim 3.54.b).

Resim 3.54.a) KU-CU No.13 kodlu numunede 1 numaralı noktanın dağlanmış görüntüsünde vüstit - metalik demir dönüşümü **b)** KU-CU No.02 kodlu numunede 2 numaralı noktanın dağlanmış görüntüsü.



KU-CU No.02 ve 13'ün içyapı incelemeleri bu cürufumsu malzemelerin, luppelerin rafine edilmesi esnasında ortaya çıkan atıklar olduğunu göstermektedir. KU-CU No.02 kodlu numune yüksek karbon içeren bölgeleri nedeniyle No.13 ise yüksek izabe cürufu içeriği nedeniyle ana luppe gövdesinden temizlenmiş ve diğer demirci cürufları ile birlikte atılmıştır.

Bu iki cürufumsu malzemenin varlığı Kubad Abad'daki demirci atölyelerinde sadece işlenmiş luppelerden alet üretimi yapılmadığını aynı zamanda kaba luppelerin saflaştırma işlemlerinin de uygulandığını göstermektedir.

3.1.2.5.2 KU-CU No.03

Diğer cüruflara göre yoğunluğu düşük amorf yapıdaki KU-CU No.03 üzerinde uygulanan XRD analizi bu buluntunun metal işçiliği ile alakalı bir cüruf olmadığını ortaya koymuştur. Kristobalit ve kuvarz içeriği bu cürufun seramik ya da sır ile ilgili bir üretim artığı olduğunu göstermektedir. ICP-MS yöntemi ile yapılan kimyasal analizinde %11 civarında demir okside, %13 civarında alüminyum okside rastlanmıştır. Renklendirici başka bir metal oksidin bulunmaması ve alümina oranının yüksek oluşu kahverengi tonlarındaki sıra ya da yüksek ısı nedeniyle camlaşmış kırmızı çamura ait bir atık olduğunu düşündürmektedir. Bu cürufun varlığı işlik bölgesindeki farklı atölyelere ait atıkların birlikte karıştırılarak aynı yere atıldığını düşündürmektedir.

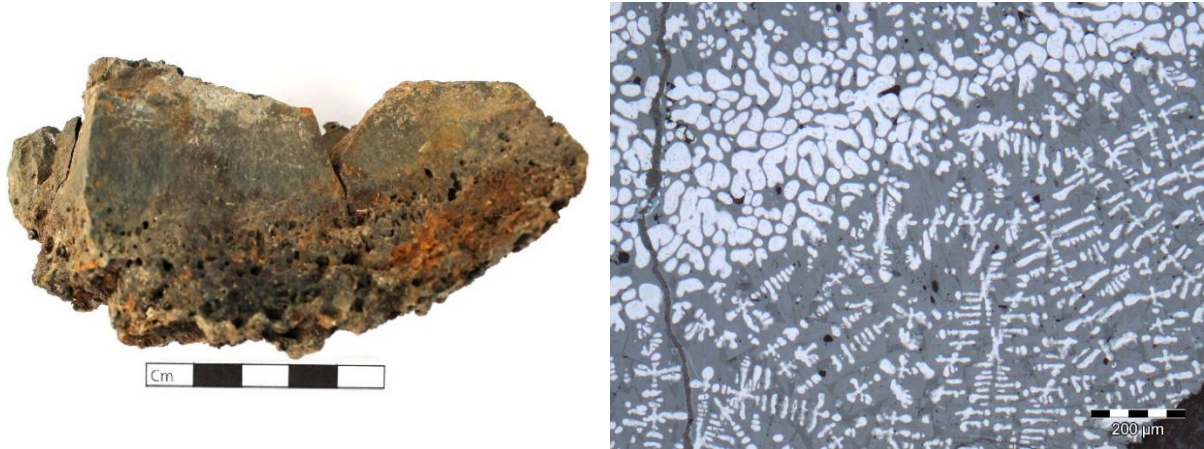
3.1.2.5.3 KU-CU No.01-04-08-09-10-11-12

Demircilerin ara üründen bir aleti döverek şekillendirme esnasında aleti ocakta aralıklarla ısıtarak dövmesi, dövme esnasında oksitlenmeyi önlemek için ara ara kumlaması esnasında oluşan cüruflar en sık rastlanan demirci ocağı cürufu türlerindedir. Bu cüruf türlerinin en belirgin morfolojik özelliği üst yüzeylerinin içbükey alt yüzeylerinin dışbükey olmalarıdır. Çoğunlukla üst bölgeleri gri renkte, kırığı az gözenekli ve yoğunken alt bölgeleri gözenekli, pas renginde, odun kömürü ya da toprak izleri taşımaktadır.

İnce kesit incelemelerinde cürufların oluştuğu süreç dikkate alınarak dövme işlemi sırasında yüzeyde meydana gelen oksit kabuklarının (demir pulları), odun kömürü artıklarının, korozyon tabakalarının ve demirin çeşitli oksit formları olan vüstit, manyetit ve hematit oluşumlarının görülmesi beklenmektedir.

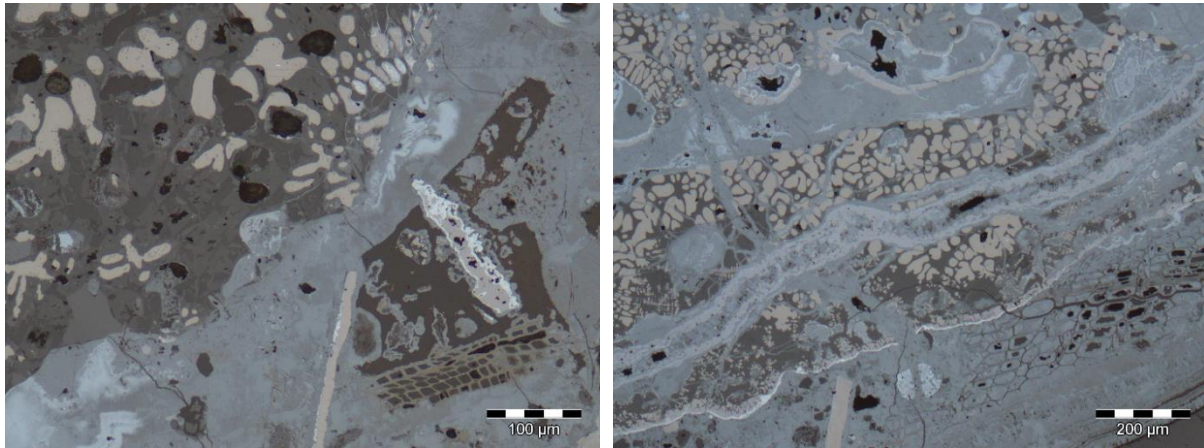
Kubad Abad cüruflarından bazı örnekler içbükey-dışbükey formunu çağrıştırmaktadırlar. Özellikle KU-CU No.11 kodlu cüruf tipik demirci ocağı cüruflarına iyi bir örnek olarak sunulabilir. Bu cürufun iki yan yüzeyi ocağın duvarına yapışmış izlenimi vermektedir (Resim 3.55.a). Bu cüruftan hazırlanan ince kesitte XRD analizine uygun olarak vüstit ve arka fonda manyetit kristallerine ek olarak fayalit oluşumları gözlemlenmiştir (Resim 3.55.b).

Resim 3.55.a) KU-CU No.11 kodlu cüruf **b)** Aynı cürufun ince kesitinde yumrular ve dendritler halindeki vüstit yapıları.



KU-CU No.01-04-08-09-10-12 kodlu cüruflar No.11'den farklı olarak aslı içbükey-dışbükey olan cüruflardan kopmuş ya da ufalanmış izlenimi vermektedirler. Ancak bu cürufların içyapı incelemelerinde gözlemlenen yapılar No.11 ile benzer bir süreçte oluştuklarını göstermektedir. KU-CU No.08'e ait ince kesit görüntüsünde yumrumsu vüstitler, korozyon bölgeleri, odun kömürü kalıntıları ve demir pulları gözlemlenmiştir (Resim 3.56.a). KU-CU No.10'a ait ince kesit incelemesinde de benzer yapılar tespit edilmiştir (Resim 3.56.b).

Resim 3.56.a) KU-CU No.08 kodlu cüruf ince kesitinde korozyona uğramış demir pulları plakaları ve odun kömürü kalıntıları **b)** KU-CU No.10 ince kesitinde bir önceki yapıya benzer oluşumlar gözlemlenmiştir.

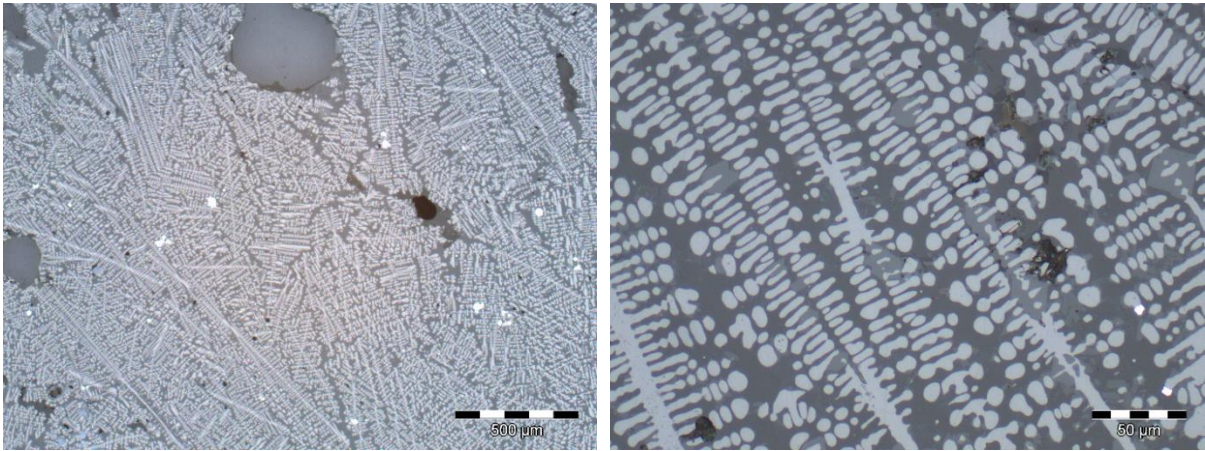


3.1.2.5.4 KU-CU No.05-07-14-15-16-17

Bu cüruf grubunu diğerlerinden ayıran yumrulu formlarıdır. Daha yoğun olan bu tür cüruflar demircinin ince plakalar oluşturma, döverek kaynatma gibi demirci ocağını daha

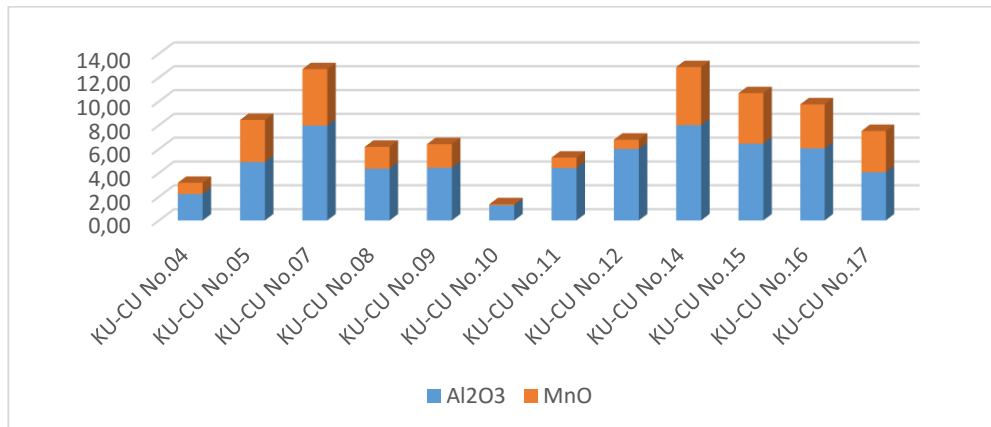
yüksek sıcaklıklara çıkarmak zorunda kaldığı durumlarda oluşur. İyi birleşmemiş, ara ürünlerin saflaştırılması esnasında büyük miktarda demirin cürufta kalması gibi durumlarda da bu tip cürüflara rastlanmaktadır. İki durumda da cüruf yüksek oranda okside olmuş demir içerir. Bu gruba ait KU-CU No.07'ye ait ince kesit incelemesinde yapının neredeyse tamamen cam fonu üzerinde vüstit dendritlerinden oluştuğu görülmüştür (Resim 3.57.a ve b). Vüstit ile birlikte az miktarda manyetit ve metalik demir bulunmaktadır. Vüstit dendritlerinin uzunluğu ve bütün numunede benzer şekilde kristalleşmesi tamamen eriyik yapıdan hızlı bir soğuma sonrası oluştuğunu göstermektedir. Bu da cürufun oluştuğu ocağın yüksek sıcaklıklarda çalıştığını işaret etmektedir.

Resim 3.57.a) KU-CU No.07 kodlu cüruf ince kesitinde uzun dendritik vüstit kristalleri
b) Vüstitlerin arka fonunda cam ve manyetit kristalleri.



Bu cüruf grubu ile bir önceki grup arasında sadece ince kesit görüntüsü ve morfolojik açılarından değil aynı zamanda kimyasal içerik açısından da bazı farklılıklar görüldüğü tespit edilmiştir.

Şekil 3.4. Kubad Abad demirci ocağı cürüflarında Al_2O_3 ve MnO miktarları.



Yumrulu ve gözenekli cürufların MnO miktarları ağırlık yüzdesi olarak 3,47 ile 4,89 arasında değişmekte olup bu değerler diğer cüruflara göre daha yüksektir. Doğrudan izabe işlemlerinde cevherde yer alan mangan oksidin büyük miktarı cürufa geçmektedir. İzabe işlemi esnasında demir üründe kalan mangan oksit miktarının %0,50'yi geçmemesi beklenmektedir (Rostoker & Bronson 1990: 20). Dolayısıyla bu cüruflardaki yüksek miktarda mangan oksidin kaynağı demir gövdenin kendisi değildir. Mangan oksit ancak luppe ile birlikte gelen büyük miktarda izabe kaynaklı cüruf parçalarının demirci cürufu ile kaynaşması ile açıklanabilir. Bu da rafine işlemi yapılmamış kaba luppelerin dövülerek fazla cüruflardan kurtulması işleminin gerçekleştirildiğini akla getirmektedir. Yüksek mangan içerikli cürufların oluşmasında bir başka ihtimal pota çeliği külçelerinin dövülmesi esnasında ortaya çıkan atıkların demirci ocağı cürufundaki mangan oksit oranını yükseltmesidir. Pota çeliği külçelerinin östenitleşme sıcaklığının altında dövüldüğü sanılmaktadır. Bu nedenle cürufların eriyik hale geleceği 1100 °C civarı pota çeliği için aşırı sıcaktır.

İkinci kimyasal içerik açısından farklılık bu gruba ait 4 cürufun en yüksek Al₂O₃ değerlerine sahip olmasıdır. Demirci cürufundaki Al₂O₃ kaynağı olarak izabe cürufları ve demirci ocağının duvarını oluşturan killi malzemeler olarak bilinmektedir. Eğer MnO varlığının nedeni izabe cüruflarının cüruf oluşumuna katkısı olduğu düşünülürse Al₂O₃ kaynağının da benzer olduğunu düşünmek yanlış olmayacaktır. Ancak yüksek ısıli işlemlerde demirci ocağının refrakter malzemesinde yer alan cüruf içeriğine daha fazla karışacağını da göz ardı etmemek gerekmektedir.

3.2 Samsat

Samsat ören yeri Adıyaman ilinin 37 km. güneydoğusunda ve Fırat nehri kıyısında yer almaktadır. Sınırları içerisinde yer aldığı, 1990 yılı öncesinde 2000 nüfuslu bir ilçe merkezi olan ve ören yeri ile aynı adı taşıyan Samsat ilçesi ile beraber Atatürk baraj gölü suları altında kalmıştır (Resim 3.58). Eski Samsat, höyük ve surlarla çevrili aşağı şehirden oluşmaktaydı. Fırat nehrinin kıyısında yer alan höyük deniz seviyesinden 500 m, ova tabanından 50 m. yükseklikte tepe düzlüğü 250 m x150 m ve tabanı ise 350x500 m. boyutlarında idi.

Resim 3.58. Eski Samsat ilçe merkezi, Samsat höyüğü⁶ (resmin sol tarafında).



Az ama çok verimli topraklara sahip tarihi Samsat, kuzey-güney ve doğu-batı arasında bağlantı sağlayan ana yollar üzerinde yer alması ve coğrafi konumunun elverişliliği nedeniyle çağlar boyunca önemini koruyabilmiştir (İzmiriligil 1982). Roma döneminden itibaren tarihi kaynaklarda adı geçen Samsat için Samosata ismini kullanan Amasyalı Strabon (MS 23-79) Samsat'ın bir zamanlar Kommagene'nin krallık merkezi olduğunu eseri yazdığı dönemlerde ise bir Roma vilayetini olduğunu yazmaktadır. Ortaçağ Müslüman tarihçi ve coğrafyacılarından Bağdatlı Masu (MS 943), İranlı Istahkri (MS 951) ve Yakut (MS 1225) Samsat'tan Sümeysat olarak bahsetmekte ve buranın Fırat kıyısında kaleli bir kasaba olduğunu belirtmektedirler.

Daha öncesinde çeşitli gezgin ve tarih meraklılarının ziyaret ettiği Samsat'taki ilk arazi çalışması K.Humann ve ekibi tarafından 1883'te gerçekleştirilmiştir. Kısa süreli gerçekleştirilen çalışmada ören yerinin ilk vaziyet planları hazırlanmıştır. İlk resmi kazı çalışmaları F.K Dörner

⁶ Fotoğrafın kaynağı Samsat Kaymakamlığı resmi internet sitesi (http://www.samsat.gov.tr/default_B0.aspx?content=1019)

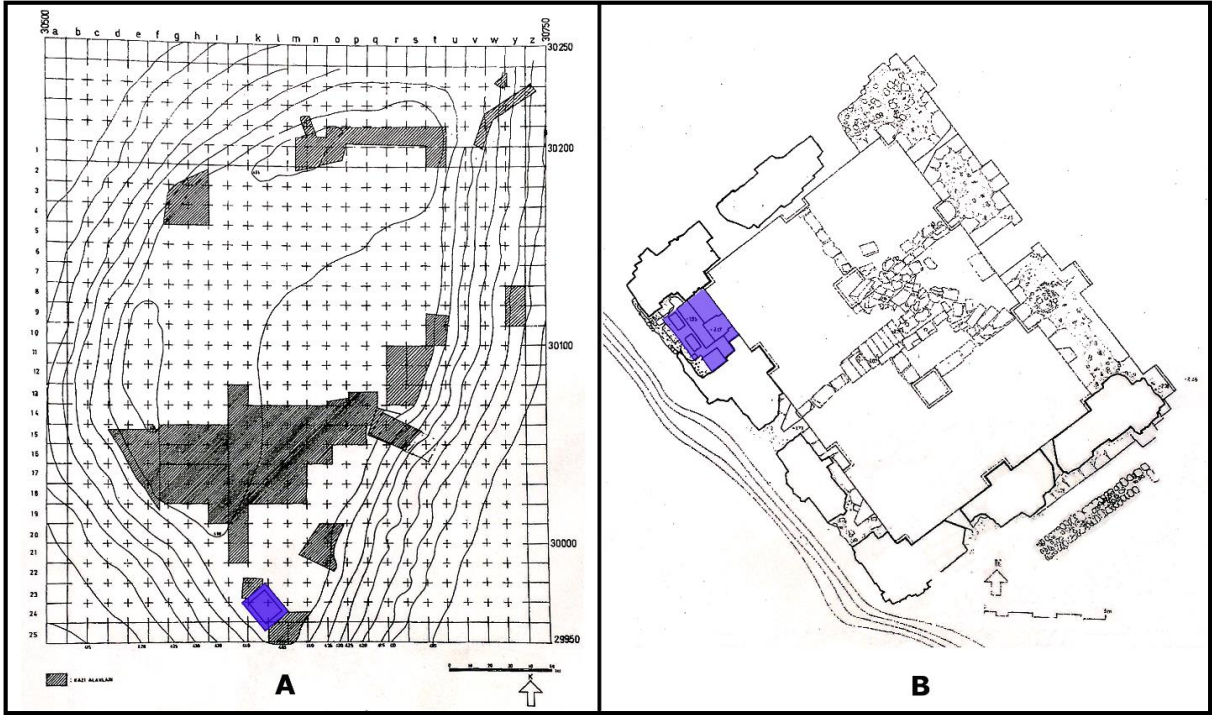
ve R. Naumann tarafından yapılmış ve çalışma sonuçları 1939 yılında yayınlanmıştır. 1964 yılında höyüğün tepe düzlüğünde kazı çalışmaları gerçekleştiren Miss Theresa Goell Selçuklu sarayı kompleksine ulaştığını düşünmüş ve 3 yıl sonra doğu-batı yönünde kazdığı açmalarla bu yapıyı daha detaylı inceleme fırsatı bulmuştur. Baraj suları altında kalacak şehirdeki arkeolojik çalışmaların hızlandırılması amacıyla ODTÜ tarafından Aşağı Fırat projesi kapsamına alınan Samsat Höyüğünde 1975 yılında Ümit Serdaroğlu ve son olarak da 1978-1989 yılları arasında toplam 10 dönem Nimet Özgüç başkanlığında kazılar gerçekleştirilmiştir (Özgüç 2009).

Kazılar sonucunda Samsat'ta 6000 yıllık bir tarihe sahip bazı bölgelerinde 30 kadar kültürel tabaka tespit edilmiştir. Orta ocakta V., güney-batı yamacında XX. ve doğu yamacında XXX. katlara kadar inilmiştir.

Orta Çağ'da Haçlılar ve Bizanslılar ile Müslümanlar arasında gerçekleşen savaşlarda bir sınır kalesi haline gelen Samsat bu durumdan oldukça etkilenmiştir. Halife Ömer zamanında Müslüman orduların Bizans İmparatorluğu'na karşı kazandığı zaferler Arapların Toroslara kadar ilerlemesine yol açmış Torosların uzun bir süre bu iki siyasi birlik arasında sınır özelliği göstermesine neden olmuştur. Bölgenin istikrara kavuştuğu Sultan Selim (16. Yüzyıl başı) zamanına kadar Arap (Emevi – Abbasi), Bizans, Ermeni, Haçlı ve Anadolu Selçuklular gibi taraflar arasında el değiştirmiş ve savaşlar esnasında tahrip edilmiştir.

Yapılan arkeolojik kazılarda Orta Çağ buluntularına en üstte yer alan 3 tabakada rastlanmıştır. Bu tabakalardan ilkinde yarım metre derinlikte ulaşılmış olup döneminde sürekli el değiştirmesine bağlı olarak zengin bir buluntu çeşitliliğine rastlanmıştır. Ele geçen sikkeler bu tabakanın kabaca 175 yıllık bir döneme ait olduğunu göstermektedir. Surlar, hamam ve konutlar gibi mimari unsurların yer aldığı bu kata ait en dikkat çekici mimari yapı höyük zirve düzlüğünün en güneyinde yer alan *Kule* diye adlandırılan yapıdır. Bu yapının höyük yüzeyinden dört metre yüksekliğe kadar ulaşan duvarları çok zarar görmüştür. 14.50 m x 10.50 m taban boyutlarına sahip *Kule*'nin güney duvarının batı ucunda duvar kalınlığında bir oda ve bu odanın güney duvarında dayalı vaziyette iki dikdörtgen boşluk bulunmuştur (Plan 3.2.a ve b). Bu mekânda depolanmış çok sayıda seramiğe ve demirden okucuna rastlanmıştır. 12. - 13. yüzyıl Anadolu Selçuklu dönemine ait zengin bir koleksiyon oluşturan seramiklere eşlik eden okuçlarının sayısı 12.200 civarındadır.

Plan 3.2.a) Samsat Höyüğü kazı açmaları ve Kule'nin yeri **b)** Kule'nin planı ve okuçlarının bulunduğu oda (Özgüç 2009).



II. ve III. katlar Bizanslıların Sasanilerle ve Araplarla olan ilişkilerinin ve savaşlarının izlerini taşımaktadır. Yaklaşık 150 yıl sürdüğü düşünülen II. katın bitişi Mikhail IV'ün hâkimiyet yıllarının bitimi olan 1041 yılına denk gelmektedir. III. kültür tabakası ise Bizans evresinin ilk dönemini içine almaktadır. Bu tabakalar arası geçişler çok zayıf olup 1983 yılında ele geçen ortalama 340 sikkeden oluşan Emevi, Abbasi dönemi ağırlıklı sikkelerden oluşan define küçük buluntu koleksiyonunun en önemli bölümünü oluşturmaktadır (Özgüç 2009).

3.2.1 İnceleme İçin Seçilen Buluntular

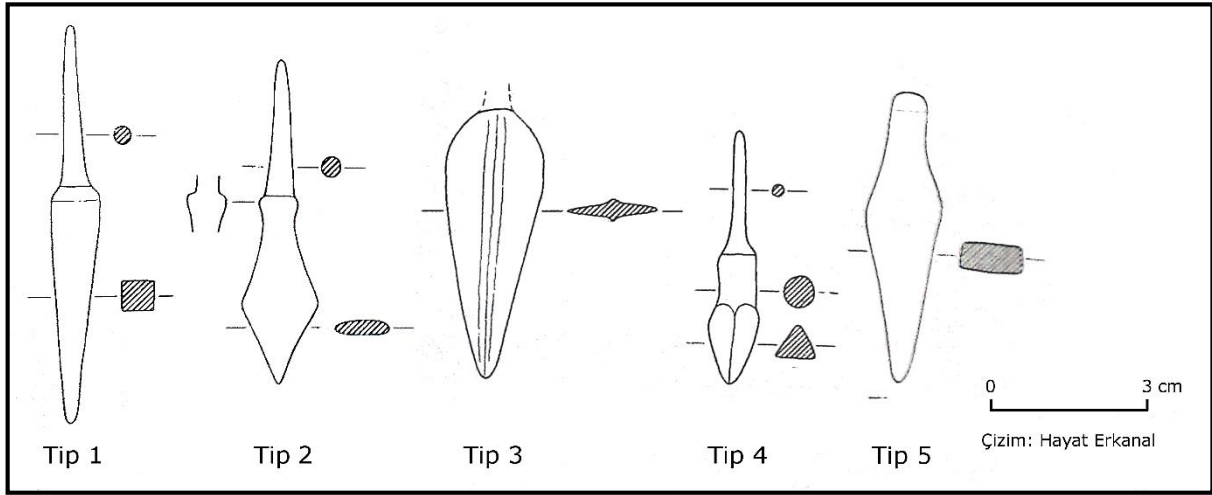
Samsat höyüğünde gerçekleştirilen Ortaçağ dönemine dair kazıların I. tabakasında ele geçen oldukça yüksek sayıdaki metal eserlerin %90'ı demirdendir. Çivilerin, köşebentlerin ve ağırlıkları 350 ile 1720 gram arasında değişen demir külçelerin, yer aldığı demir buluntuların en kalabalık grubunu Kule adı verilen mimari yapıda depolanmış halde bulunan okuçları oluşturmaktadır.

Selçuklu dönemine ait bu okuçları Prof. Dr. Hayat Erkanal tarafından 5 tipe tasnif edilmiştir. Erkanal'ın tipolojik gruplandırması bu çalışmada kullanılan okucu terminolojisi ile şu

şekilde tarif edilebilir: 1) İğnesi yuvarlak kesitli, namlusu dörtgen kesitli olanlar 2) İğnesi yuvarlak kesitli, namlusu yassı kesitli, namlusu iğneye bilezikle bağlananlar 3) İğnesi yuvarlak kesitli uzunlamasına yuvarlak kesitli namlunun kenarlara doğru daralanlar 4) İğnesi yuvarlak kesitli, bileziği silindirik, namlusu üçgen kesitli olanlar 5) İğnesi ve namlusu dörtgen kesitli (genişleyen kenarları hafifçe sivriltilmiş) olanlar.

Her tipolojik grup ayıca namlu formlarına göre kendi içlerinde de sınıflandırılmıştır. Erkanal'ın tipolojik gruplarına örnek olarak verilen tarafından yapılmış çizimler Resim 3.59'de görülmektedir.

Resim 3.59. Samsat okuçlarının Prof. Dr. Erkanal tarafından yapılmış tipolojik sınıflandırması (Özgüç 2009).



Samsat Ortaçağ tabakalarından incelemek üzere seçilen buluntu türleri, sayıları Tablo 3.3'de görülmektedir.

Tablo 3.3. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.

Buluntu Türü	Buluntu sayısı	Numune Sayısı
Kesici alet	1	2
Okucu	12	23
Toplam	13	25

3.2.2 Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler

3.2.2.1 Kesici aletler

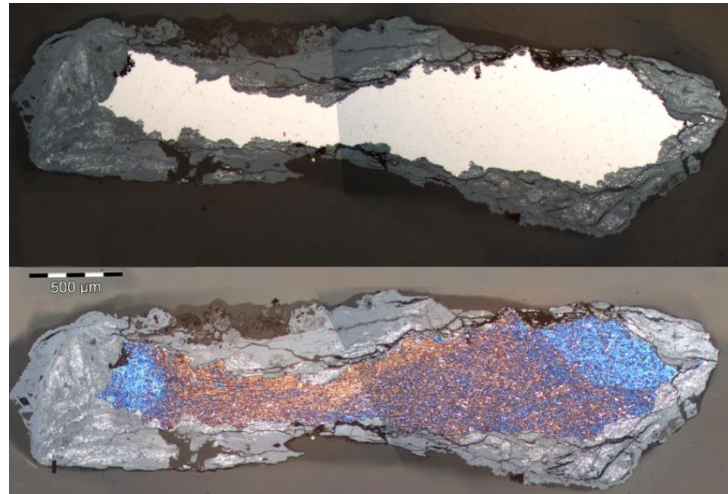
“Kule” adı verilen mimari yapıda depolanmış okuçları ile birlikte bulunan SA No.13 kodlu 12-13. Yüzyıl Anadolu Selçuklu dönemine ait küçük ebatlı bıçak *Tip B.x* sınıfındadır. Ucundan kırılan kuyruğun yayvan bir görünüm sergilemesi, kabza kısmının kaplamalı olma ihtimalini akla getirmektedir. Ağız bitiminde tırnak bulunan bıçakta kullanım aşınması görülmektedir. Bu bıçağın hiç kullanılmadığını, stok malzemesi olduğunu göstermektedir.

3.2.2.1.1 SA No.13

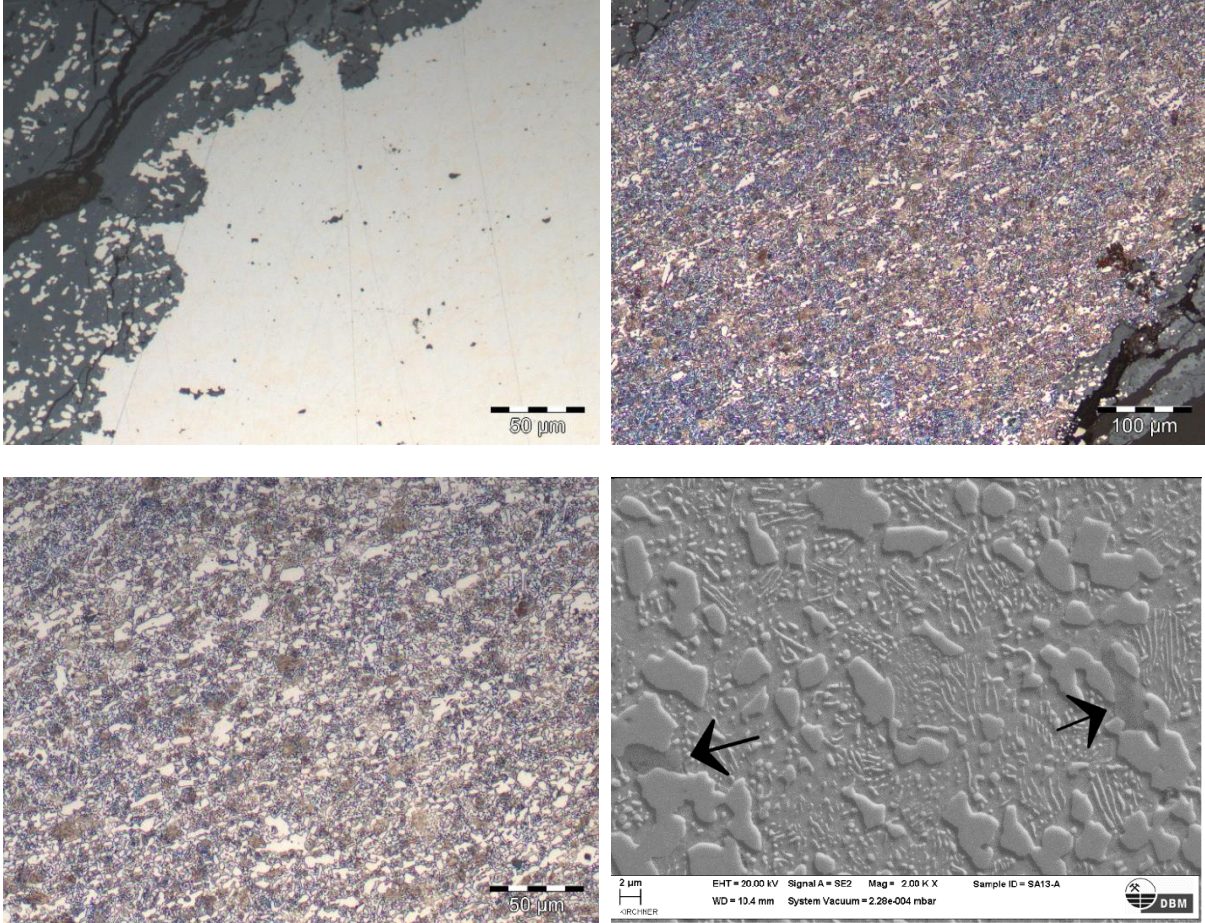
Numune A

Bıçağın kuyruğundan alınan kesit kalın bir korozyon tabakasıyla çevrelenmiştir. Dağlanmadan önce alınan görüntüde tipik tek fazlı açılı cüruf kalıntıları ve korozyonlu bölgelerde okside olmamış metal adacıkları görülmüştür (Resim 3.61.a). Dağlanma sonrası metal bölgede turuncudan maviye değişen renklenmeler oluşmuştur (Resim 3.60). Dağlanmış içyapı dövme eksenine dik olarak uzanan yarı yumrulaşmış sementit adacıkları, arka fon olarak da bazı bölgelerde yuvarlanmış perlitten oluşmaktadır. Bu yapı tüm metal bölgeye homojen sayılabilecek bir şekilde dağılmıştır (Resim 3.61.b ve c). Yapıdaki homojenlik de göz önüne alındığında asidin farklı şiddetlerde etki etmesi sonucu renklenmelerin oluştuğu düşünülebilir. SEM görüntülemesi tek fazlı açılı cüruf kalıntılarının hepsinin sementit adacıkları arasına yerleştiği bazı sementit adacıklarının açılı kenarları arasının boş olduğunu göstermektedir (Resim 3.61.d).

Resim 3.60. SA No.13-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Resim 3.61.a)Dağlanmamış numunenin korozyon ve metal bölgesi **b)**Dağlanma esnasında asitten farklı oranlarda etkilenecek renklenmiş bölgeler **c)**Yönlenmiş yarı yumrulaşmış sementit adacıkları **d)**Sementit adacıklarının aralarına yerleşmiş cüruf kalıntıları ve yarı yarıya yumrulaşmış perlitik fon.



EDX analizleri cüruf kalıntılarının sülfid, mangan ve demir oksitten oluştuğunu, bazılarında ise sülfid oranının düşük olduğunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 3.4). Cürufsuz ve korozyonsuz bölgelerde yapılan analizler ağırlık yüzdesi 2,5'a kadar çıkan mangan içeriği tespit etmiştir.

Tablo 3.4. Numune A'da cüruf kalıntıları kimyasal kompozisyonu.

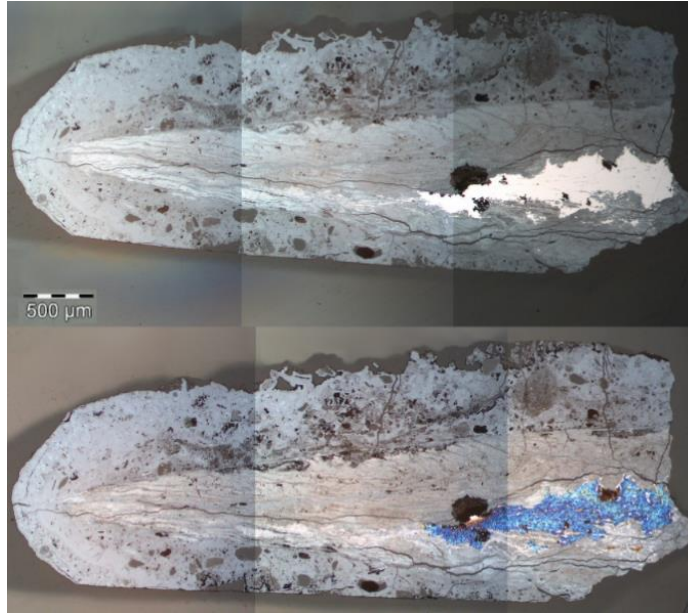
Cüruf Kalıntısı	SiO_2	P_2O_5	SO_3	MnO	FeO
CK1	6,57	0,07	25,46	39,65	28,25
CK2	16,34	0,12	0,16	40,92	42,46

Mikro-sertlik testlerinde bu numunenin sertliğinin 358 – 401 HV arasında değiştiğini ortalama sertlik değerinin 370 HV olduğunu göstermiştir.

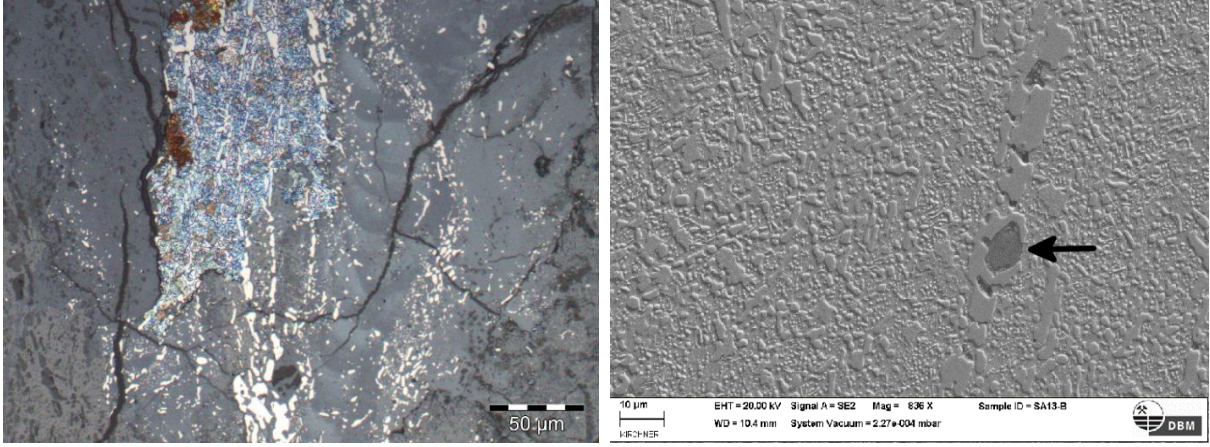
Numune B

Bıçağın ucundan alınan kesitteki korozyon tabakalarının iç kısmında kesici ucun formu fark edilmektedir (Resim 3.62). Sadece bıçağın sırtına yakın bir bölgede metal korozyona uğramamış olarak kalmıştır. A numunesindeki benzer bir şekilde tipik tek fazlı açılı cüruf kalıntıları dövme eksenine dik bir doğrultuda uzanmış görülebilmektedir. Korozyonlu bölgelerde okside olmamış metal adacıkları belli bir doğrultuda koloniler şeklinde uzanmaktadır (Resim 3.63.a). Dağlanmış içyapıda numune A'ya çok benzer şekilde sementit ve perlitik yapı gözlemlenmiştir. Ancak iki farklılık göze çarpmaktadır; bunlardan ilki bazı bölgelerde daha büyük ve yönlenme göstermeyen kütleli sementitler, ikincisi ise formu oluşturan perlitik yapının neredeyse tamamen yumurlaşmasıdır (Resim 3.63.b). Numune A'da olduğu gibi cüruf kalıntıları sementit adacıkları arasına yerleşmiştir ve değişen oranlarda mangan oksit içermektedirler. Metal bölgedeki kimyasal kompozisyonda mangan %2 civarındadır.

Resim 3.62. SA No.13-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Resim 3.63.a) Dağlanmış metalde ve korozyon alanlarında sementit uzanımları **b)** Sementit adacıklarının aralarına yerleşmiş cüruf kalıntıları ve nerdeyse tamamen yumrulaşmış perlitli fon.



Bu numunede metal bölgede yapılan sertlik testlerinde 309 – 395 HV arasında değişen sertlik değerleri ölçülmüştür. Ortalama sertliğin 341 HV olduğu numunenin Numune A'dan az bir miktarda yumuşak olduğu görülmüştür. Bunun nedeni perlit kaynaklı sementitlerin bu numunede tamamen yumrulaşmış olmalarıdır.

Üretim Yöntemi

SA No. 13 kodlu bıçak ortalama %2 oranında mangan ve içyapıya bakarak %1,8-%2 civarı karbon içeren oldukça homojen ötektiküstü bir çelikten imal edilmiştir. Bu özel kompozisyon ve içyapı üretim malzemesi olarak pota çeliği kullanıldığını işaret etmektedir. Ötektoid öncesi sementit adacıklarındaki uzanmalar ve yönelmeler malzemenin defalarca ısıtılarak dövülmesi sonucu oluşmuştur. Yönelmeler özellikle daha fazla metal malzemenin korozyondan kurtulduğu Numune A içyapısında belli bir düzen izlemektedir. Bu nedenle yüzeyde damask motiflerinin olması muhtemeldir. Fonu oluşturan perlitli yapıdaki sementit plakalar Numune A'da yarı yarıya Numune B'de ise neredeyse tamamen yumrulaşmıştır. Ayrıca bu yumrulaşma kütleli ötektoid öncesi sementitlerde de görülmektedir. Bu demircinin menevişleme ve dövme işlemini bir döngü içerisinde defalarca yaptığını göstermektedir. Numune A ve B arasında kompozisyonda büyük bir derivasyon yoktur. Ancak içyapıdaki farklılıkların dövme - menevişleme döngüsünde namlunun kuyruk kısmından daha çok demirci ocağının içinde ısıya maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Bu durum ayrıca uç kısmında hafif bir yumuşama ile kendini göstermektedir.

Cüruf kalıntılarının bazılarının %40'a yakın MnO içermesi bunların pota çeliği üretimi esnasında potaya eklenen mangan içeriğinin yapıda kalması ile açıklanabilir. Mangana değişen oranlarda silika ve sülfür de eşlik etmektedir.

Bir stok malzemesi olarak bulunan bu bıçak hiç kullanılmamıştır ve üstün kaliteli bir üretilmiştir.

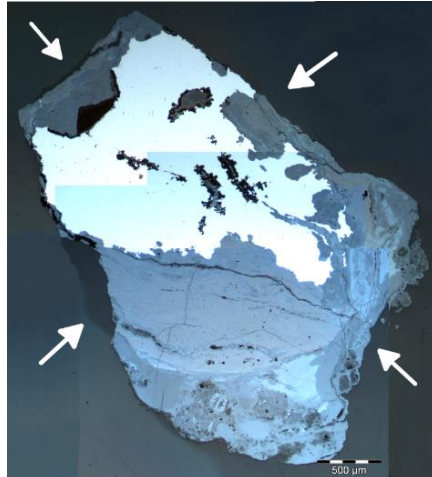
3.2.2.2 Okuçları - Mızrak Uçları

Samsat'ın Orta Çağ buluntuları arasından incelenmek üzere seçilen demir objelerin SA No.13 hariç hepsini okuçları ve mızrak uçları oluşturmaktadır. "Kule" adı verilen mimari yapıda depolanmış bir halde bulunan 12.-13. yüzyıl Anadolu Selçuklu dönemine ait bu objelerin ağırlıkları 8 ile 22,5 gram arasında değişmekte olup SA No.01, 02, 03, 04 ve 05 kod numaralı 5 tanesi *Tip A.2* sınıfında mızrak uçlarıdır.

SA No.01 ve 03 kodlu mızrak uçlarının iğne kısımları namli bağlantısından kırılmıştır. SA No. 02, 04 ve 05 ise iğne kesitleri itibarıyla *Tip A.2.x* sınıfındadır.

SA No 06-11 kodları arasındaki 6 okucu *Tip A.1.x* formundadır. Bu çalışmada incelemek üzere seçilen okuçları Hayat Erkanal tipolojik çalışmasında *Tip 1* grubuna denk gelmektedir. Ancak Erkanal *Tip 1'in* iğne kesitlerini yuvarlak kesitli olarak ifade etmiştir. Metalografi incelemesi yapılan iğne kesitlerinde, korozyon sonucu kabarma, kopma ve şekil değiştirmeler olsa da dört taraftan vurularak dörtgen kesitli imal edildikleri düz kenarlardan ve keskin köşelerden görülebilmektedir. SA No.07'ye ait iğne kesitinde metal ve korozyona uğramış bölgelerden dörtgen kesiti oluşturan dövme yönleri tahmin edilebilmektedir.

Resim 3.64. SA No. 07-A iğne kesiti tahmini dövme eksenleri.

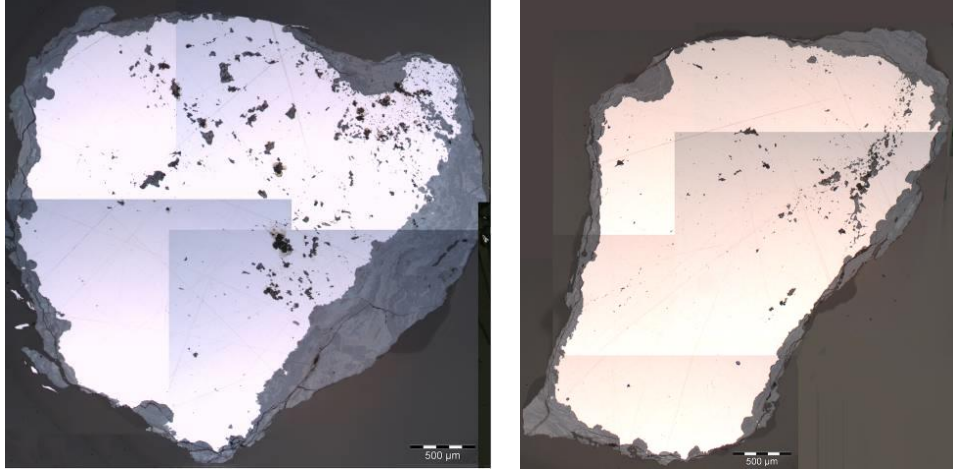


SA No. 12 kodlu örnek 19,92 gram ağırlığında olsa da *Tip A.1* sınıfı bir okucudur. Bu okucu uğramış olduğu aşırı korozyon sonucu deforme olmuş başka korozyona uğramış parçaya yapışmıştır. Bu objede korozyondan etkilenmemiş bir bölge bulunamamıştır.

3.2.2.2.1 SA No.01-02-03-04-05

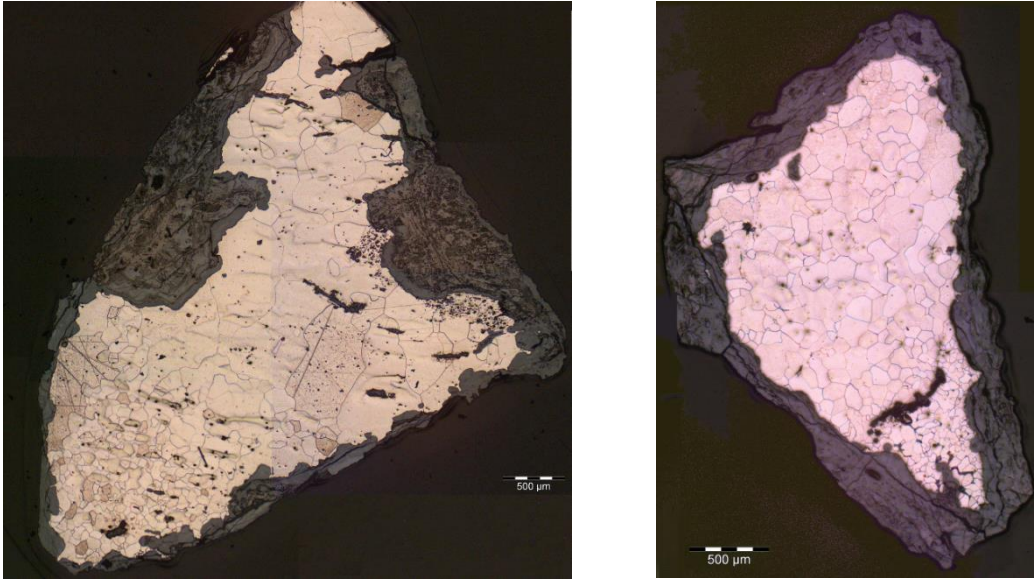
Tip A.2.x mızrak uçlarının metalografi incelemesi ile kullanılan ara ürünler ve üretim yöntemleri konusunda bazı benzerlikler göstermektedirler. Dağlanmadan öncesi bütün numunelerde dış çeperde kalın korozyon tabakaları ve iç bölgelerde yüksek miktarda cüruf kalıntısı gözlemlenmiştir. Cüruf kalıntıları numunelerin bazı bölgelerinde yoğunlaşma eğilimi göstermektedirler (Resim 3.65.a ve b).

Resim 3.65.a) SA No.02-B ve **b)** SA No.04-A dağlanma öncesi görünümünde açılı cüruf kalıntılarının bazı bölgelerde yoğunlaşması.



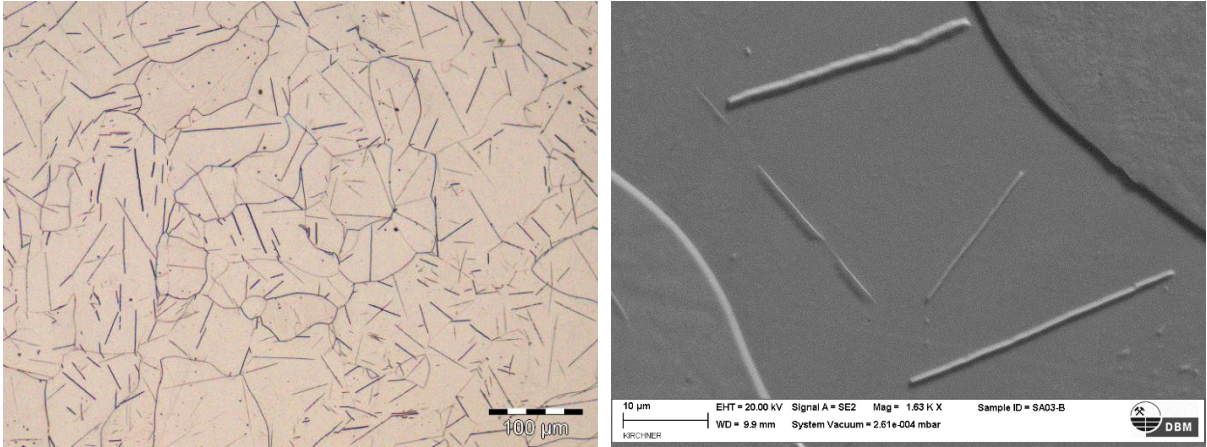
Dağlanma sonrasında bir örnek hariç bütün numunelere ait içyapıların tamamen ferrit tanelerinden oluştuğu ortaya çıkmıştır. Eş eksenli olduğu gözlenen ferrit taneleri numunelerin farklı bölgelerinde farklı boyutlara sahiptir (Resim 3.66.a ve b).

Resim 3.66.a) SA No.01-A ve **b)** SA No.04-B dağlanma sonrası görünümünde iri ferrit taneleri (üstte) ve küçük ferrit taneleri (altta).



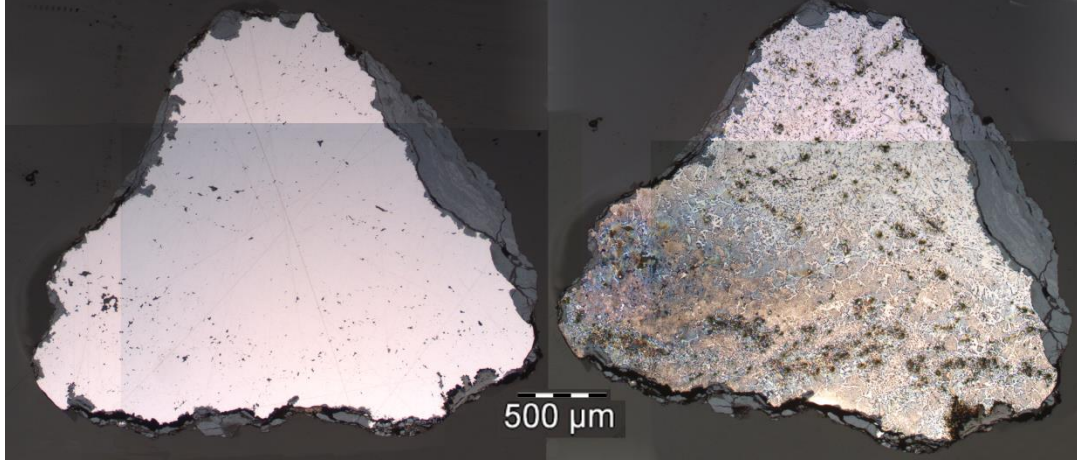
SA No.03 kodlu örnekte farklı boyutlara sahip ferrit taneleri içyapıyı oluşturmaktadır. Detaylı incelemede bu tanelerin içerisinde iğne formunda yapıların varlığı fark edilmiştir (Resim 3.67.a ve b). Bunlar karbür ya da nitrür çökeltileridir (Scott 2013-a:109).

Resim 3.67.a) SA No.03-B dağlanmış görüntüsünde tane sınırları içerisindeki iğnesel çökeltiler **b)** Tane sınırları arasındaki çökeltilerin SEM-SE görünümü.



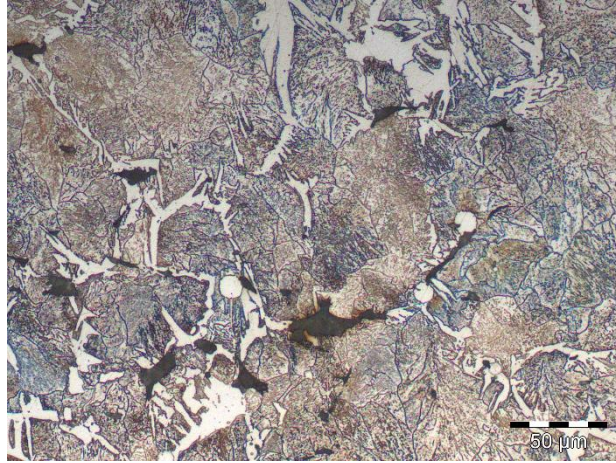
SA No.02 kodlu örnek karbon içeriği ve içyapısı ile diğerlerinden ayrılmaktadır. Bu mızrak ucunun uç kısmından alınan Numune B'nin kesitinde uzunca bir süre karbürleme yapıldığını düşündürülen perlitçe zengin bölgeler bulunmaktadır (Resim 3.68).

Resim 3.68. SA No.02-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Yaklaştırmacı merceklerle yapılan gözlemlerde numunedeki karbonca en zengin bölgenin kenarlarda yer aldığı ve kompozisyonunda %0,6 civarı karbon içerdiği tahmin edilmektedir (Resim 3.69). Ferrit tanelerinin Widmanstatten görünümü sergilemesi hızlı soğuma olduğunu göstermektedir.

Resim 3.69. Karbürlemeden etkilenmiş bölgede ince perlit ve ötektoid öncesi ferrit ağları.

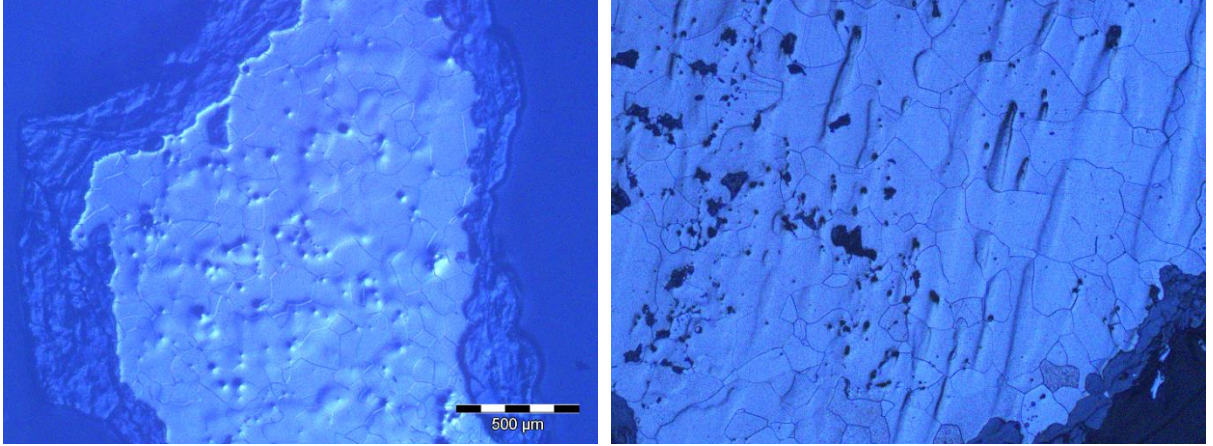


Okuçlarında yapılan mikro-sertlik ölçümlerinde karbon oranının düşüklüğüne ve genel yapının ferrit ağırlıklı olmasına bağlı olarak yumuşak değerler okunmuştur. SA No.04 kodlu numunenin sertlik ortalaması yaklaşık 74 HV iken SA No.03'de bu değer 103 HV'dir. SA No.03'de tane boyutlarının küçüklüğü ve iğnemsî çökeltiler büyük ihtimalle daha sert bir yapı oluşmasına neden olmuştur.

Gövdelerdeki yumuşaklık numune hazırlık aşamasında cüruf kalıntılarının yüzeye göre daha yüksekte kalmışlar (Resim 3.70.a) ve bazı durumlarda buldukları yerlerden koparak

gövdede oyuklar oluşturmalarıdır (Resim 3.70.b). Bu durum DIC mercekle hazırlanan görüntülerde de tespit edilmiştir.

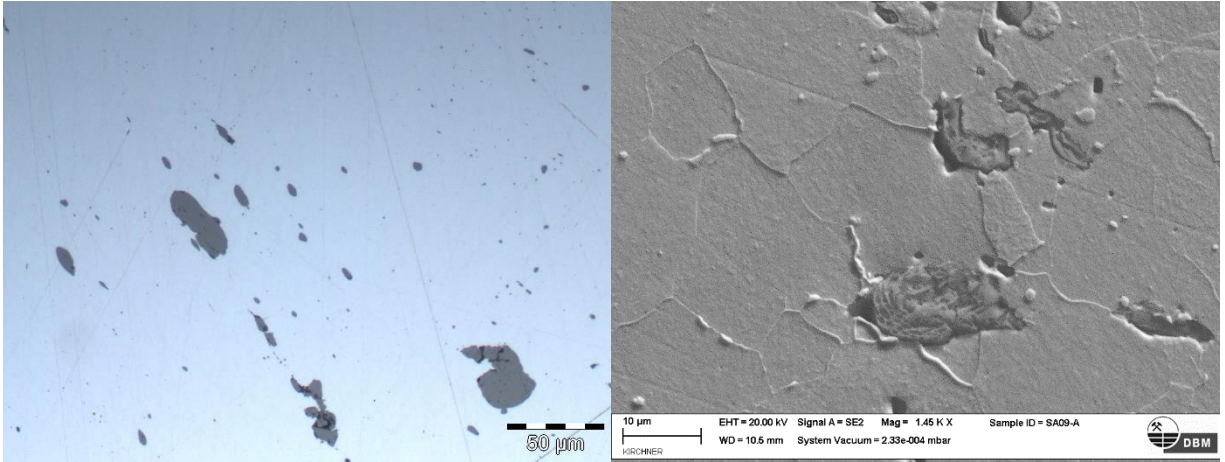
Resim 3.70.a) Cüruf kalıntılarının oluşturduğu yükseltler **b)** cüruf kalıntılarının gövdede oluşturduğu oyuklar.



3.2.2.2.2 SA No.06-07-08-09-10-11

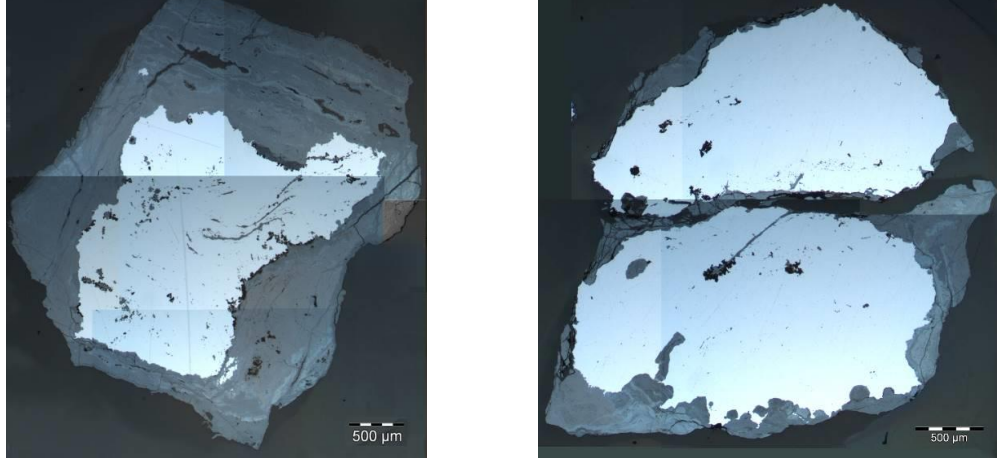
Tip.B.x sınıfındaki okuçlarının dağlanmamış görüntülerinde çok sayıda cüruf kalıntısı tespit edilmiştir. Cüruf kalıntıları çoğunlukla yarı-açılı ya da yarı-küreseldir (Resim 3.71.a ve b). Gövdeye göre daha sert olması nedeniyle cüruf çevrelerinde boşluklar ve korozyona uygun bölgeler bulunmaktadır. Bazı cüruf kalıntılarının şekillendirme esnasında kırıldığı gözlemlenmiştir.

Resim 3.71.a) SA No.08-A kodlu numunede cüruf kalıntıları **b)** SA No.09-A'da benzer cüruf kalıntılarının SEM-SE görünümü.



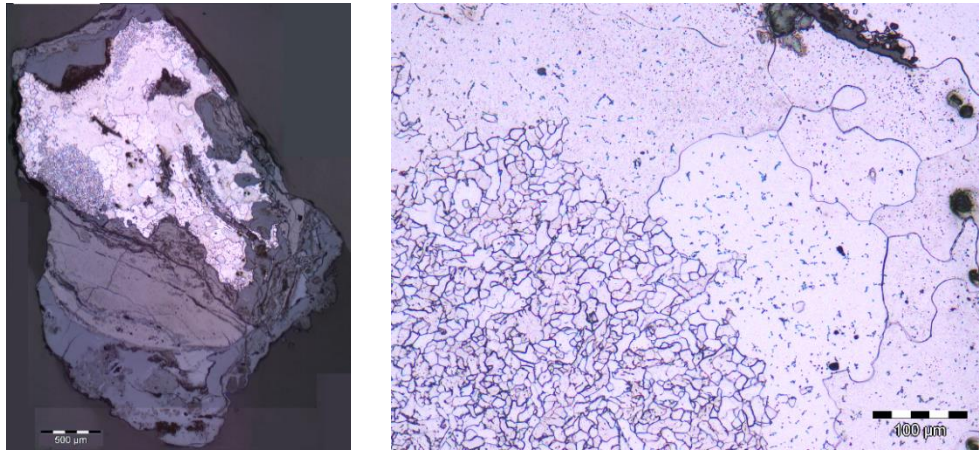
Kalın korozyon tabakalarının çevrelediği numunelerin bazılarında korozyon nedeniyle malzeme kayıpları (Resim 3.72.a) hatta malzemede büyük çatlaklar oluşması gibi durumlar meydana gelmiştir. SA No.07-B'de görülen korozyon bu okucunun uç kısmının neredeyse ikiye ayrılmasına neden olmuştur (Resim 3.72.b).

Resim 3.72.a) SA No.11-B kodlu numuneyi çevreleyen kalın korozyon tabakası **b)** SA No.07-B'de gelişen korozyon nedeni büyük çatlak.



Dağlanma sonrasında bütün numunelerin içyapısını çeşitli boyutlara sahip ferrit tanelerinin oluşturduğu izlenmiştir. Genellikle eş eksenli *iri* tanelerin metal gövdenin iç bölgelerinde, ısıtma işlem ve soğuma hızına bağlı olarak *küçük* taneli ve hafif yönelme sergileyenler dış çevrelerde yer almaktadır (Resim 3.73.a ve b).

Resim 3.73.a) SA No.07-A dağlanma sonrası görünümü **b)** Aynı numunenin kenarında *iri* ve *küçük* ferrit taneleri.

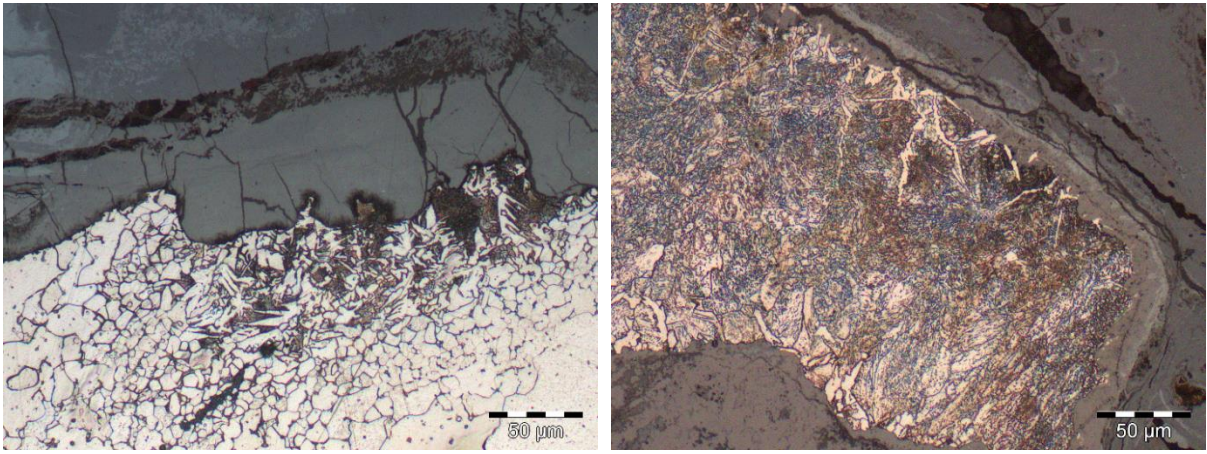


Okuçlarında en dikkat çekici özellik uç bölümlerden alınan numunelerde gözlenen karbürleme işlemine ait perlit oluşumlarıdır. SA No.07-08-09-10-B kodlu numunelerde bu

durum tespit edilirken SA No.11-B'de korozyon tabakasının kalınlığı nedeniyle kenarlardaki içyapı görüntülenememiştir. SA No.06-B'nin ise tüm içyapısı eş eksenli ferrit tanelerinden oluşmaktadır.

Perlitli bölgelerin yer aldığı numunelerden SA No.10-B'de korozyon sınırlarında ince perlit ve Widmanstaten görünümlü ötektoid öncesi ferrit taneleri (Resim 3.74.a) bulunurken, SA No.08-B'de etkili bir karbürleme yapıldığı ötektoid öncesi sementit oluşumlarından anlaşılmaktadır (Resim 3.74.b).

Resim 3.74.a) SA No.10-B korozyon sınırında ince perlit ve ötektoid öncesi ferrit **b)** SA No.09-B üst korozyon sınırında ötektoid öncesi sementit.



İki okucuna ait dört numunede yapılan mikro-sertlik ölçümlerinde uç bölgelerden alınan B kodlu numunelerin iğneden alınan A kodlu numunelere göre daha sert olduğu bazı noktalardaki sertliğin 133 HV'ye ulaştığı ortaya çıkmıştır. Uç ve iğne bölgesi sertlik farklılıkları büyük ihtimalle ferrit tane boyutlarının uçtan alınan örneklerde daha küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Karbürleme işleminden etkilenen bölgedeki sertlik değerlerinin daha yüksek olması beklenmektedir.

Numuneler üzerinde yapılan SEM-EDX incelemesinde demirce zengin malzemede az miktarlarda silika, mangan ve bazı örneklerde nikel bulunduğu görülmüştür. Bu ölçümlere göre SA No.08 kodlu numunede ortalama mangan %0,20 civarında iken SA No.10'da bu değer %0,28'dir. Ayrıca yine aynı örneklerdeki cüruf kalıntılarındaki mangan oksit oranının % 50'lere ulaştığı ve bu oranının diğer örneklerdeki cüruf kalıntıları ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu değerlendirmeler bazı okuçlarında kullanılan luppelerin yüksek manganlı cevherler kullanılarak üretildiğini işaret etmektedir.

3.2.2.2.3 SA No.12

Tip A.1 sınıfındaki okucunda korozyondan etkilenmemiş herhangi bir bölge bulunamamıştır. Okucunun uç kısmından kesit ancak parçalar şeklinde alınabilmektedir (Resim 3.75).

Resim 3.75. SA No.12 numunelerin korozyonlu içyapısı.



Korozyonun erken evrelerinde içyapının temel özelliklerini çağrıştıran bazı izler bulmak mümkün olmaktadır. Bu izlere *Hayalet İçyapılar* denir (Ghiara et al. 2014). Korozyon evreleri ilerledikçe hayalet yapılar kaybolur. Hayalet yapıların oluşumları bu çalışma kapsamında özellikle ötektoid öncesi sementit içeren yapılarda korozyon sınırlarında gözlemlenmiştir. Yüksek karbonlu çelikten üretilmiş KU No 04-B'de sementit yapılarının korozyona karşı bir miktar dirençli olduğu korozyon bölgesindeki beyaz kitleler, bir sonraki aşamada ise siyah renge dönüşerek asıl formunu korumaya devam ettiği tespit edilmiştir (Resim 3.76.a). SA No.12 içyapısında ise belli bir düzen izleyen siyah plakalara birkaç yerde rastlanmıştır (Resim 3.76.b). Bunlar büyük ihtimalle kalın perlitli bölgeye ait hayaletlerdir.

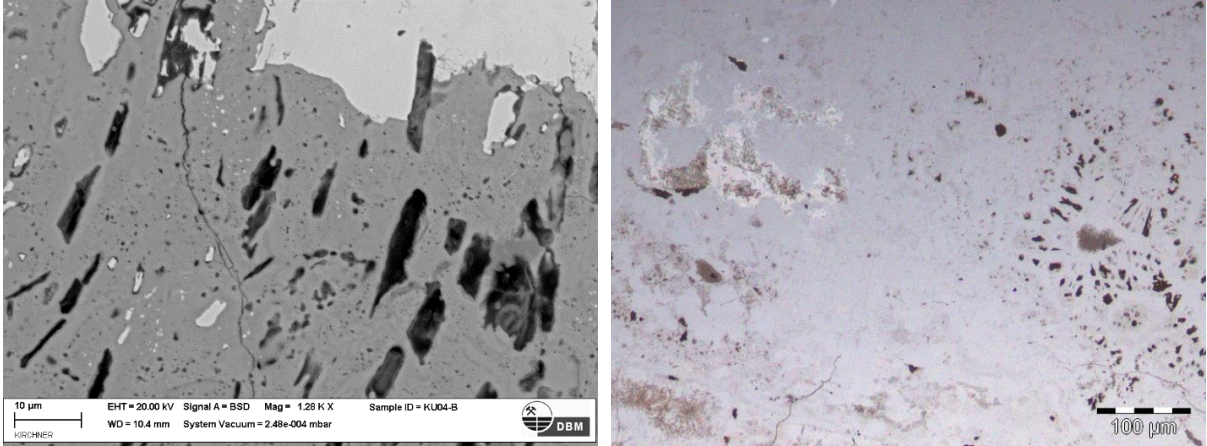
Üretim Yöntemi

Samsat mızrak uçları luppeden doğrudan dövülerek tek parçadan üretilmiştir. Luppelerin yumuşak olmasına dikkat edilmiş ve çok iyi rafine edilmemiş olanlar kullanılmıştır. Karbürleme işleminin sadece bir mızrak ucunda ve bu örnekte de tek yüzeyde görülmesi sürekli tercih edilen bir uygulama olmadığını göstermektedir. Dağlanma öncesi diğer numunelere göre cüruf kalıntısı açısından daha temiz olan SA No 03'de ferrit taneleri içerisinde yer alan iğnemsî yapılar dikkat çekicidir. Bu yapılar izabe işlemi esnasında nitrojen içerikli organik yakıtların kullanılması nedeniyle nitrür (Scott 2013: 109) ya da su verme işlemi esnasında az miktarda

karbonun bu şekilde çökmesi nedeniyle karbür (Feuerbach 2005) olabileceği düşünülmektedir. SA No.03'ün bu özellikleri farklı bir izabe sürecinden gelen bir lappeden üretildiğini göstermektedir.

Okuçları mızrak uçlarına benzer şekilde lappeden doğrudan dövme tekniği ile üretilmiştir. Çok sayıda cüruf kalıntısının varlığı iyi rafine edilmemiş luppe kullanıldığını göstermektedir.

Resim 3.76. a) KU No.04'de korozyonun sementit kitlelerini etkileyişi **b)** SA No.12'nin korozyona uğramış içyapısında sağda muhtemel perlitli bölgeye ait hayalet yapı.



İncelenen altı okucunun dördünde yüzeyde karbon zenginleştirmek için karbürizasyon işleminin kullanıldığının gözlenmesi bu işlemin aletin delicilik özelliğini arttırmak için tasarlanarak uygulanan bir işlem olduğunu düşündürmektedir. Bu işlemin uygulandığı SA No.09-B kodlu numunede karbürizasyon işleminin oldukça etkili olduğu ötektik üstü kompozisyona çıkıldığını gösteren ötektoid öncesi sementitlerin varlığı ile anlaşılmıştır. SA No.09-B'de karbonca zengin bölgenin kalınlığı (kabuk kalınlığı) bazı yerlerde 0,5 mm'yi aşmaktadır. SA No.12 kodlu numunede perlitli bölgeye ait olduğu düşünülen hayalet yapılar nedeniyle bu okucunda da karbürleme uygulanmış olma ihtimali vardır. Isıl işlem sonrası havada soğuma gerçekleştirildiği perlit tanelerinin yapılarından anlaşılmaktadır.

Mızrakuçlarında sadece bir örnekte karbürleme işleminin gözlemlenmesi mızrak uçlarının ağırlığının deliciliğinde yeterli olması nedeniyle gerek duyulmadığı sonucuna ulaşmamızı sağlayabilir.

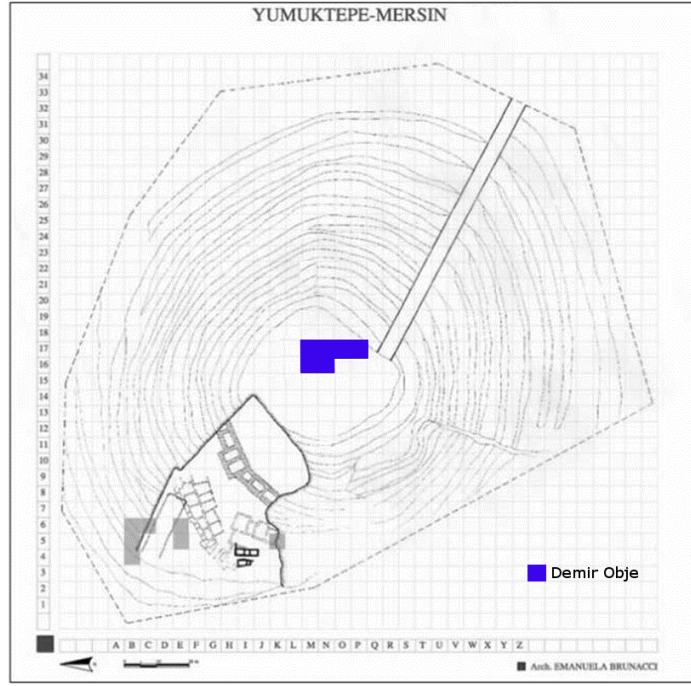
3.3 Yumuktepe

Yumuktepe Höyüğü Mersin kent merkezi içerisinde Demirtaş bölgesinde yer almaktadır. 1936-39 ve 1947-48 yıllarında John Garstang başkanlığında ilk kazıları yapılan Yumuktepe Höyüğü'nün kazı ekibinde dönemin önemli bilim insanları Gordon Childe, Seton Lloyd, Richard Barnett ve Oliver Gurney gibi isimler yer almıştır. Garstang'ın özellikle batı eteklerine uzatarak yaptığı açmalar sonucunda höyüğün Erken Neolitik döneminden Ortaçağa kadar uzanan 33 kültürel tabakadan oluştuğu tespit edilmiştir. Uzun süre ara verilen kazılar 1993 yılında Veli Sevin başkanlığında tekrar başlamıştır (Sevin & Caneva 1994).

Yumuktepe Höyüğü'nde Ortaçağa ait tabakalara zirve bölgesinde gerçekleştirilen açmalarla ulaşılmıştır. Ortaçağ tabakalarında yapılan çalışmalarda 10. yüzyıl sonu 13. yüzyılın ortalarına kadar tarihlendirilen kilise, mezarlık şapeli, depo, surlar gibi mimari unsurlar ve bu unsurlarda yer alan çeşitli buluntular ortaya çıkarılmıştır.

Yumuktepe Höyüğü'nün zirve açmalarında (Plan 3.3, M16-17, N16-17) Ortaçağ'a ait 3 farklı yapı katı tespit edilmiştir. Bu yapı katlarının en eskisinde 10.yüzyıl sonları ya da 11. yüzyılların başlarında inşa edildiği düşünülen kilise kalıntıları bulunmaktadır. Kilisenin yapılışından yaklaşık 100-150 yıl sonra depo olarak kullanılmaya başlandığı ve kiliseyi de içine alan zirve bölgesinde büyük bir çiftlik bulunduğunu gösteren emareler vardır. İkinci yapı katını oluşturan çiftlik yapıları arasında batıda yan yana sıralanan konutlar, doğuda ise oldukça büyük depolama alanları bulunmaktadır. Depo alanında yer alan depo küplerinin ve amforaların 1160 -1190 yılları civarında (depo kalıntıları bakliyatlar üzerinde yapılan karbon 14 testleri ile tespit edilen tarihler) gerçekleşen büyük bir yangında zarar gördüğü, sonra büyük bir ihtimalle bu yapı katında kullanımın sonu geldiği tespit edilmiştir (Caneva et al. 2006). Üçüncü yapı katı olarak kilise içerisinde ve çevresinde yer alan mezarlar ve şapel ise bu bölgenin höyüğün eteklerine kayan yerleşimin mezarlığı işlevini gördüğünü düşündürmektedir. Burada bulunan çok sayıda basit toprak mezar içerisinde iskeletlerin yanına bırakılan mezar hediyeleri sırlı çanaklar, monokrom sırlı kâseler, camdan koku şişesi, kadeh, boncuk, küpe, bilezik ve haç gibi buluntuları 13. yüzyıl ilk yarısına işaret etmektedir.

Plan 3.3. Demir objelerin bulunduğu ve metinde bahsi geçen zirve açmaları: M-N-O-P 17, M-N 16 (Caneva et al. 2004: 210).



Yumuktepe’de ele geçirilen zengin türlere sahip seramik çanak çömlek koleksiyonu 12.-13. yüzyıllarda Akdeniz’de kurulan etkili deniz ticareti ağları Türk-İslam ve Hristiyan medeniyetleri arasında kurulan kültürel bağlardan buranın da etkilendiğini göstermektedir. Yumuktepe halkı Hristiyan inancına sahip olmuş olsa da Haçlılarla, Selçuklularla, Eyyubilerle ve Fatimililerle ticaret yapmaktan çekinmemişlerdir. Bu medeniyetlerle ticaret yapıldığını kanıtı seramik çanakların yanı sıra Kıbrıs ve Ege üretimi seramikler de göze çarpmaktadır (Caneva & Köroğlu 2011).

3.3.1 İnceleme İçin Seçilen Buluntular

Yumuktepe’deki Ortaçağ yapı katlarında yer alan yapıların zemin ve duvar çukurlarında, mezarlarda ve çöp çukurlarına atılmış olarak kırık veya tüm halde altın, gümüş, bronz, demir ve kurşundan yapılmış farklı amaçlar için kullanılmış madeni buluntularla karşılaşmıştır.

Yumuktepe Ortaçağ tabakalarında bulunan demir objelerden 10 tanesi arkeometalürjik inceleme yapmak üzere seçilmişlerdir (Tablo 3.5). Bütün buluntuların kazılar sonucu ortaya çıkarılan Ortaçağ tabakalarına ait olduğu ve 11. yüzyıl -13. yüzyıl arasına tarihlendirilebileceği düşünülmektedir.

Tablo 3.5. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.

Buluntu Türü	Buluntu sayısı	Numune Sayısı
Kesici Alet	2	7
Okucu	2	3
Çivi	3	5
Toplam	7	15

Yumuktepe demir buluntuları arasında yer alan bir kerpetende korozyon nedeniyle aşırı malzeme kaybı meydana geldiği tespit edilmiş bu nedenle numune alınamamıştır. Kör uçlu kerpetenin benzer örnekleri Romalı demirciler tarafından tel üretiminde çekme amacıyla kullanılmıştır (Pleiner 2006: 89).

Resim 3.77. Tamamen korozyona uğramış demir kerpeten.

Yumuktepe kazı alanında Ortaçağa ait tabakalarda hiç demir cürufu bulunmamıştır ya da varlığı tespit edilememiştir. Bu nedenle incelemeler sadece demir ürünler üzerinde yapılabilmektedir. Bu durumda bu demir ürünlerin Yumuktepe höyüğü çevresinde başka bir Ortaçağ yerleşiminde üretilmiş olma ya da başka üretim yerlerinden ithal edilmiş olma ihtimalleri göz önünde bulundurulmalıdır.

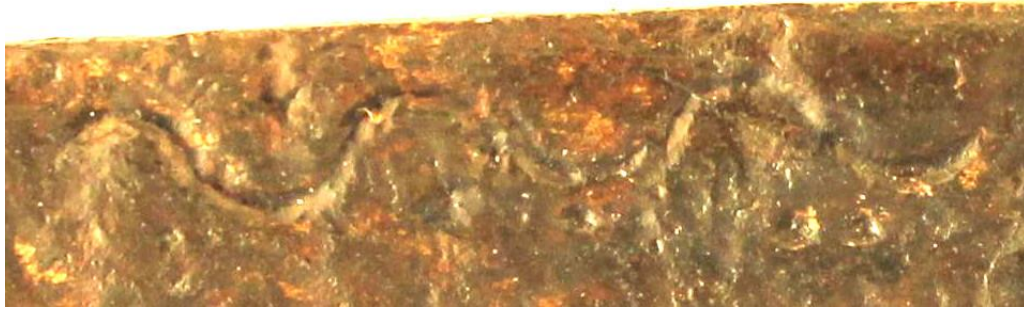
3.3.2 Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler

3.3.2.1 Kesici aletler

Yumuktepe Höyüğü kesici aletlerinin ikisi de farklı açmalarda ve farklı kazı dönemlerinde ele geçmişlerdir. İki alet de farklı tipolojik özellikler göstermektedir. İlk örnek (YT No.01) form olarak bir usturayı andırmaktadır. Gövdenin sap kısmına yakın olan bölümünde dışa taşkın bir şekilde yer alan delikte kalmış olan demir, bu aletin bir yere asılmasına yarayan halkanın kırılmış parçası olmalıdır. Yine sap kısmına yakın bölümde çok düzgün açılmış dairesel bir delik

bulunmaktadır. Bu delikten geçirilen çivi ile kesici aletin muhtemelen ahşaptan ya da kemikten bir koruma içerisine katlandığı düşünülmektedir. Kesici olmayan kısımda her iki yüzey boyunca yarım çember uçlu bir aletin döndürülerek defalarca çakılmasıyla oluşturulmuş bir dalga motifi yer almaktadır (Resim 3.78). Bu motif içerisine süsleme amaçlı farklı bir metal telin kakılması için şekillendirilmiş olabileceği gibi aynı zamanda kesici aletin koruma kılıfından çıkarılmasını kolaylaştıracak tırtık işlevini de üstlenmiş olabilir. Bu aletin bulunduğu ZII doruk açmasında açmada ele geçen XI. yüzyılın ortalarına ait bakırdan anonim Bizans sikkeleri tarihlendirme konusunda ipuçları sunmaktadır (Sevin & Caneva 1994).

Resim 3.78. YT No.01'in sırt kısmında çakma yöntemi ile oluşturulmuş dalga motifi.



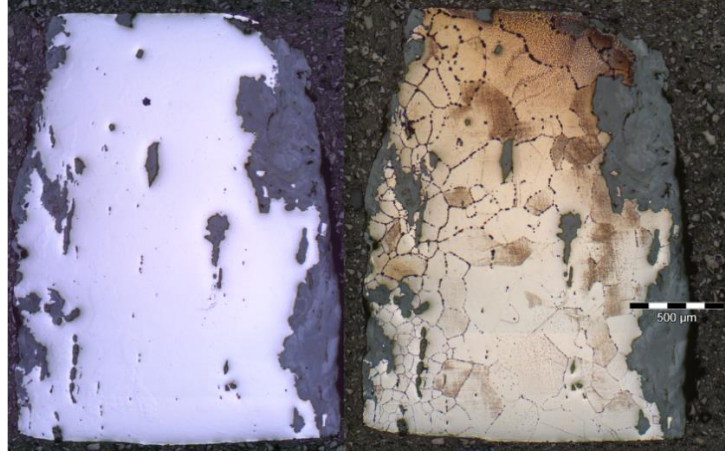
YT No.08 kodlu ikinci kesici objenin uğramış olduğu tahribat nedeniyle uzunluğu konusunda bir şey söylenebilmesi mümkün değildir. Ancak tek tarafı kesicidir, ele geçen kısmında sırt düz bir şekilde devam etmektedir. Sap kısmındaki kıvrım bükülerek kırıldığı ve böylelikle işlevini son verildiği izlenimi vermektedir.

3.3.2.1.1 YT No.01

Numune A

Kesici aletin sırtından alınan Numune A'nın dağlanmamış görüntüsünde açılı ve yarı küresel büyük cüruf kalıntıları yer alırken dağlanma sonrasında içyapının bazılarının çapının 400 μm 'ye ulaşan iri ve çok iri ferrit tanelerinden oluştuğu görülmüştür (Resim 3.79). Ferrit tanelerinin boyutları kenarlara doğru gidildikçe küçülmektedir. Yapıdaki karbon oranı neredeyse sıfırdır. Dağlanmış numunede dağlayıcıdan farklı oranda etkilenmiş ferrit taneleri okside olmuşlardır.

Resim 3.79. YT No.01-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.

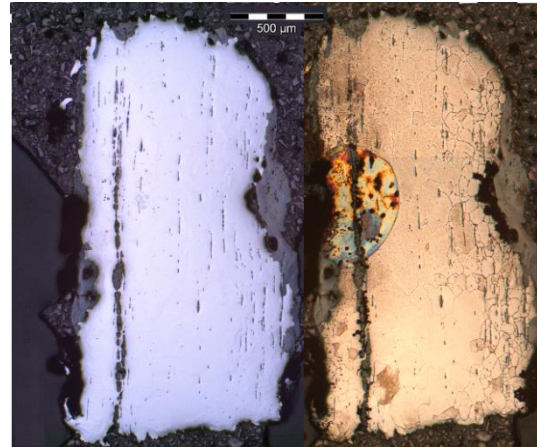
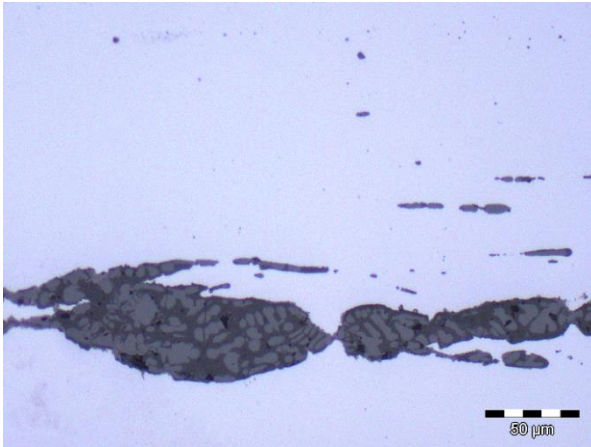


Numunede sıfır karbonlu yapıya rağmen ortalama 177 HV sertlik ve ferrit tanelerinin çok iri oluğu fosforun varlığına işaret etmektedir. Diğer numunelerin bazı noktalarında ağırlık yüzdesi 0,15 olarak ölçülen fosfor değeri bu bilgiyi doğrulamaktadır.

Numune B

Aletin sırta yakın uç kısmından alınan numunenin dağlanmamış görüntüsünde çok sayıda kırılmış ve uzamış cüruf kalıntısı yer almaktadır. Cüruf kalıntıları düşük karbonlu içyapılarda oluşan yapı tiplerine uygun olarak (Buchwald & Wivel 1998: 77) vüstit, fayalit ve cam fazlarından oluşmaktadır (Resim 3.80.a). Cüruf kalıntılarının Numune A'ya göre daha incilmesi ağıza doğru gidildikçe aletin kalınlığının azalmasıyla alakalıdır. Bu bölüm diğerine göre daha fazla eki darbesine maruz kalmıştır.

Resim 3.80.a) ok fazlı cüruf kalıntısı **b)** YT No.01-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.

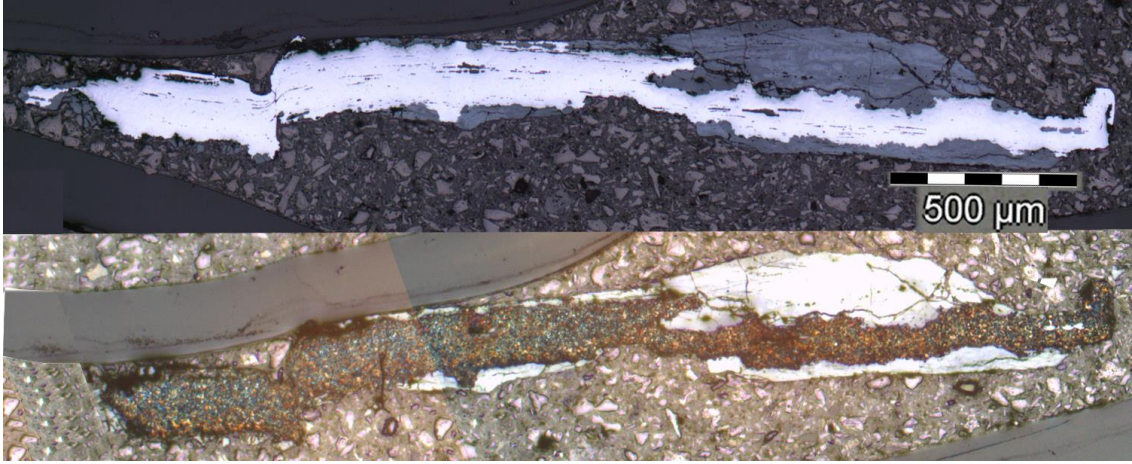


Dağlanma sonrasında Numune A'ya çok benzer bir içyapı gözlemlenmiştir (Resim 3.80.b). Bu numunede de sıfır karbonlu yapıda *çok iri* ve *iri* ferrit taneleri bulunmaktadır.

Numune C

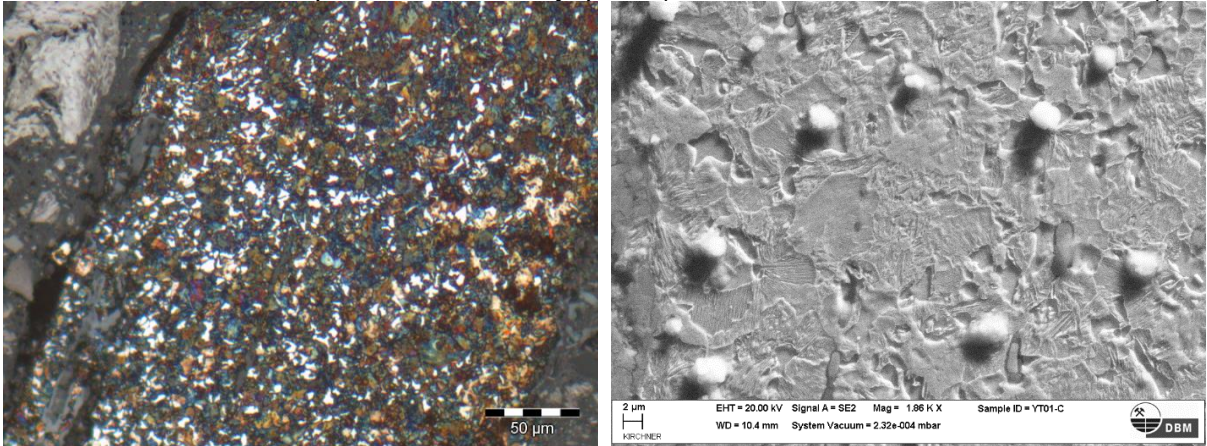
Numunenin kesici kısmı numune alımında kırılma özelliğiyle diğerlerinden ayrılmıştır. Dağlama işlemi sonrasında kesici aletin ağzında diğer bölgelere göre çok daha farklı bir yapı bulunduğu ortaya çıkmıştır.

Resim 3.81. YT No.01-C dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Yaklaşırıcı merceklerle yapılan incelemede yapıda küçük taneli ötektoid öncesi ferrit ve metalografi yöntemi ile çözölemeyen oluşumlar bulunduğu gözlemlenmiştir. Ötektoid öncesi ferrit miktarına bakarak %0,6 civarında karbon içerdiği görülen yapıda karbon miktarı kesici bölgeden içerleri gidildikçe değişiklik göstermemektedir.

Resim 3.82.a) Beyaz renkli ötektoid öncesi ferrit taneleri **b)**SEM-SE görüntüsünde ferrit tanelerine ek olarak ince perlit ve martensit yapıları (bunlara ek olarak oksitlenme bulutları).



SEM incelemesi ardından ferrit dışındaki diğer yapıların ince perlit, bazı bölgelerde martensit ve muhtemelen beynit olduğu anlaşılmıştır.

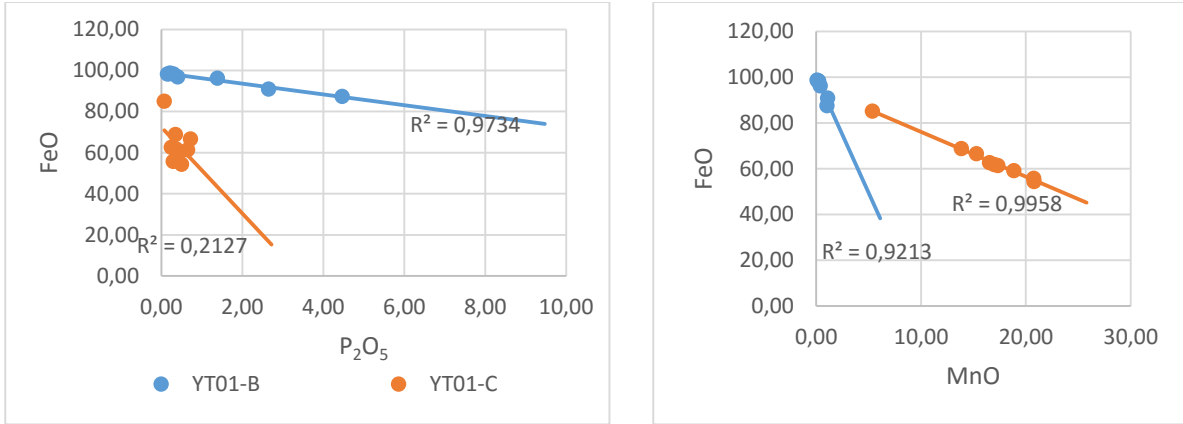
Mikro-sertlik testleri sonucunda bu miktardaki karbonlu yapılarda ince perlit ve martensit sertlikleri ölçülmüştür.

Üretim Yöntemi

Luppeden döverek şekillendirilmiş bu kesici aletin sırt ve gövde kısmı sıfır karbonlu fosforlu demirden, kesici ağız ise orta karbonlu çelikten üretilmiştir. Şekillendirme aşamasının ardından bir süre ötektoid üstü sıcaklıkta bekletilen alet ardından sudan farklı bir sıvıya batırılarak su verme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Aletin kesici kısmındaki karbon oranının değişken olmayışı ağız ve diğer kısmın kaynakla birleştirilerek üretimin gerçekleştiğini işaret etmektedir. Bu sonuca doğrulamak için YT No.01-B ve YT No.01-C numunelerindeki cüruf kalıntıları EDX yöntemi ile analiz edilmiş, %FeO/%P₂O₅ ve %FeO/%MnO oranları ile grafikler oluşturulmuştur.

Şekil 3.5.a) YT No.01'de yer alan cüruf kalıntılarında %FeO/%P₂O₅ **b)** %FeO/%MnO değişimi.



YT No.01-B cüruf kalıntıları diğer örnekteki kalıntılara göre düşük MnO yüksek P₂O₅ içerirken bu oksitlerin değişimi FeO değişimi ile orantılı bir şekilde gerçekleşmiştir. YT No.01-C'de ise %FeO ile %MnO oranı farklı bir formülle değişmektedir. Ayrıca P₂O₅ düşük değerlerde kümeleşmektedir.

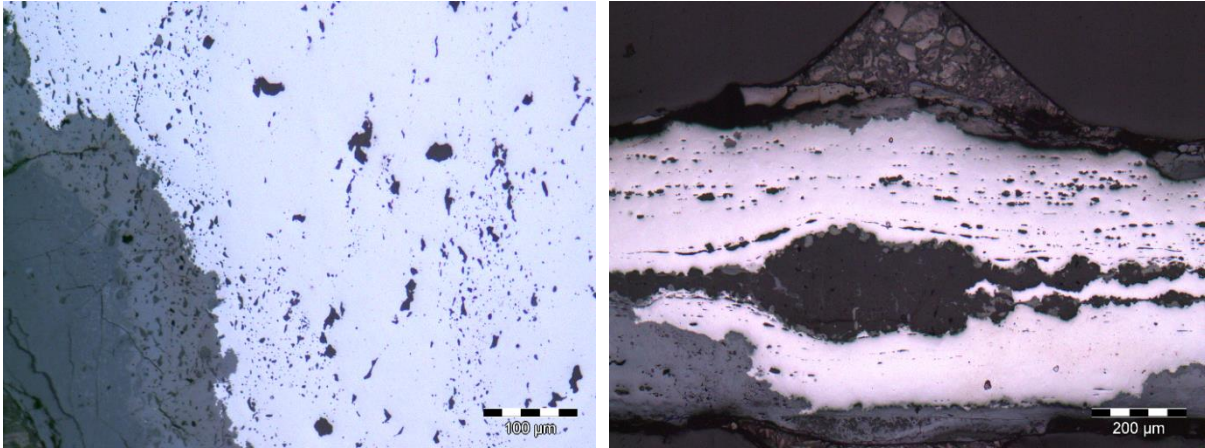
Bu bilgiler ışığında kesici aletin ağız kısmının bir luppenin karbonlu bölgesinden sırt kısmının ise fosforlu cevher kaynaklı farklı bir luppeden üretildiğini ve bu iki parçanın kaynatıldığını söylemek mümkündür.

3.3.2.1.2 YT No.08

Tipi anlaşılamayan kesici aletin kesit kalınlığından uca doğru gittiği düşünülen bölümünden sırtından ağıza kadar toplam dört numune alınmıştır. Bu numuneler üzerinde SEM-EDX ile kimyasal, mikro-sertlik yöntemi ile sertlik analizleri uygulanmış ve metalografi incelemeleri yapılmıştır.

Numunelerin metalografik incelemesinde bazıları dövme eksenine dik olarak uzamış yarı küresel veya yarı açılı çok sayıda cüruf kalıntısı gözlemlenmiştir. Bu cüruf kalıntıları kaynak esnasında oluştukları izlenimi verecek şekilde düzenler izlememektedirler (Resim 3.83.a). Ağız kısmından alınan Numune B’de muhtemelen su verme işlemi esnasında oluşan bir çatlak cüruf kalıntılarını takip ederek kütlesele bir cüruf kalıntısına ulaşmıştır. Bu bölge korozyonun da etkisiyle büyük bir oksit havuzu oluşturmuştur (Resim 3.83.b).

Resim 3.83.a) YT No.08-D’de Dağınık cüruf kalıntıları **b)**YT 08-B’de oluşmuş çatlak ve büyük oksit havuzu.

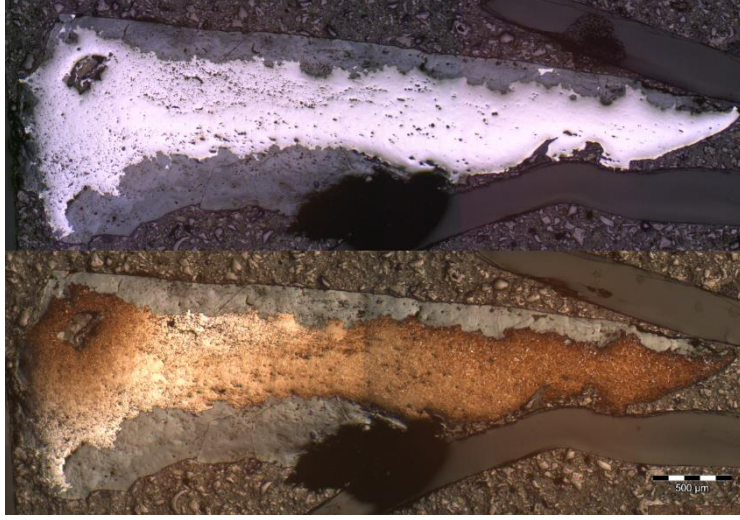


Dağlama işleminin ardından bütün numunelerin iç yapısına martensitin hâkim olduğu ortaya çıkmıştır. Numune B ve C tamamen martensit yapıları ile kaplıyken Numune A’nın sırta yakın bölümlerinde bazı bölgelerde ferrit bazı bölgelerde yüksek karbonlu sementit iğneleri gözlemlenmiştir.

Düşük ve orta karbonlu bölgelerin belli bir düzen izlemeyişi bunların luppenin heterojen oluşundan kaynaklandığını işaret etmektedir. Yaklaşırıcı mercekle ve SEM ile yapılan incelemeler sonucunda martensitin iğne türünde olduğu bu nedenle orta karbonlu bir çelik kullanıldığını anlaşılmıştır.

Kesici aletin sertliği 251-633 HV arasında değişirken en yumuşak değerler sırta yakın ferritli-perlitli oluşumların yer aldığı bölgelerde okunmuştur.

Resim 3.84. YT No.08-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Üretim Yöntemi

YT No.08 kodlu kesici alet iyi rafine edilmemiş orta karbonlu lappeden ya da karbürizasyon uygulanmış lappeden dövülerek şekillendirilmiştir. şekillendirme işleminden sonra su verilerek sertleştirilmiştir. Çok sayıdaki cüruf kalıntısı nedeniyle ağıza yakın bölümlerde çatlaklar oluşmuştur. Tüm yapının martensit oluşu bıçağın kırılğan bir hal almasına neden olmuştur. Bu nedenle bıçağın kullanım esnasında hem kuyruğa hem de uca yakın bölümlerinden kırıldığı bulunuş halinden anlaşılmaktadır.

Cüruf kalıntısı açısından temiz olmayışı, kırılğanlığı ve ağızda oluşan çatlakları nedeniyle YT No.08'in özensiz bir üretim olduğu söylenebilir.

3.3.2.2 Okuçları

Seçilen Yumuktepe buluntuları arasında okucu formuna sahip üç obje bulunmaktadır. Bu objelerden ikisi dörtgen kesitli *Tip A* türünde okucudur. Diğer i se yassı kesitli *Tip B* türündedir.

YT No.05 ve 06 kodlu dörtgen kesitli okuçlarından YT No.05'in iğne kısmına yakın namlu köşeleri vurularak sekizgen halinde bir bitiriş sağlanmıştır. İğnesi de dörtgen kesitli olup tam türü *Tip A.1.x*'tir. YT No.06 da *Tip A.1.x* türünde olup diğer okucuna göre daha ince kesitlidir. Bu okuçlarının ele geçtiği M17 açmasında 30-125 cm derinlikte bu bölgenin mezarlık olduğunu düşündüren çok sayıda basit gm ile karşılaşılmıştır. En geç Ortaçağ tabakasına ait olduğu dşnlen mezarlıkta XIII. yüzyıl boyunca yeniden gmmeler olduğu, farklı mezarlara ait kemiklerin i içe geçtiği anlaşılmaktadır. Erişkin kadın, erkek, ocuk ve bebek iskeletleri

bulunduğu mezarlarda birçok seramik, cam ve metal ölü hediyeleri de ele geçmiştir (Caneva et al. 2004).

Delici-kesici uç kısmı geniş açı ile sonlanan *Tip B.2.y* türündeki YT No.07 kodlu obje formu bu çalışmada değerlendirilen Kubad Abad örneklerinden KU No.09 ve KU No.10 kodlu okuçlarıyla benzerlik taşımaktadır. Ancak Kubad Abad örnekleri hem daha kısa hem de daha hafiftir. YT No.07 örneğinin ise boyunun 8,5 cm ve ağırlığının 14,23 gram olduğu ölçülmüştür. Daha önce bahsedildiği gibi Korfmann'a göre 8,3 gram, Yücel'e göre ise 16-17 gram okuçları için en üst ağırlık limitleridir (Korfmann 1972; Yücel 1999). Dolayısıyla Yumuktepe örneği Korfmann'a göre okucu olamayacak kadar ağırdır. Bu okucunun iğne kısmındaki şişkinlik (eğer restorasyon çalışmasında orijinal halinden uzaklaşmadıysa) bu demir objenin başka bir amaçla kullanıldığı fikrini akla getirmektedir. Örneğin bu obje arkasında ağır bir aletle vurularak bir şeyi kazıma ya da kakma işlevi görmüş olabilir. Uç kısmında kullanıma dair bir iz görülmemesi bu amaç için üretilmiş bir obje olsa bile hiç kullanılmamış olmadığını işaret etmektedir. Tüm bünyesi korozyona uğrayan YT No.07'den okside olmamış demir bölge bulunamaması nedeniyle numune alınamamıştır.

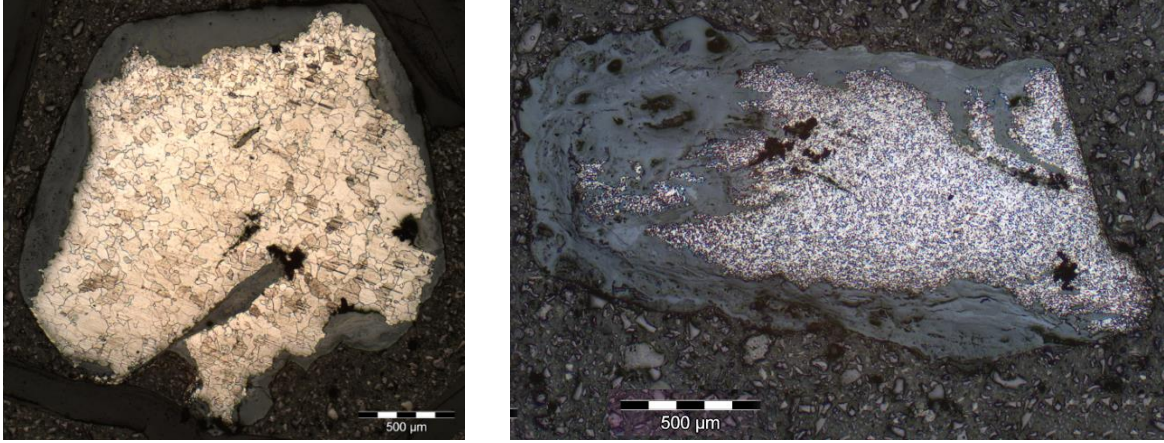
Resim 3.85. YT No.07 kodlu okucu.



3.3.2.2.1 YT No.05 ve 06

Tip A.x. sınıfından iki okucunun uç bölümlerinden alınan numunelerde kalın korozyon tabakaları ve az miktarda cüruf kalıntısı tespit edilmiştir. Dağlanma sonrası küçük ve orta boyutlardaki ferrit tanelerinin YT No.05-A'nın tüm iç yapısını kapladığı görülürken YT No.06-A'da karbon oranı %0,1 civarındadır. YT No.06-A'nın iç yapısında ötektoid öncesi ferrit ve az miktarda perlit bulunmaktadır.

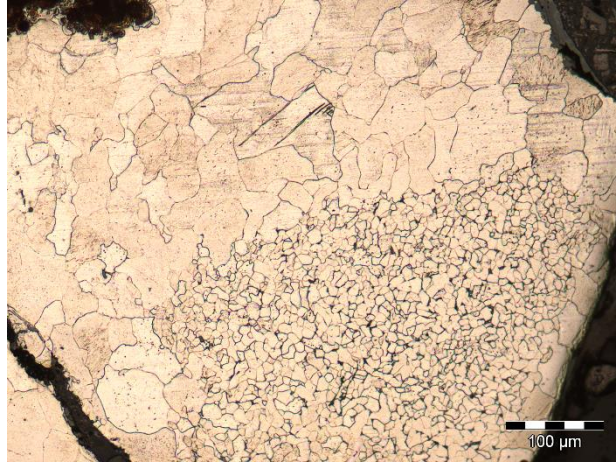
Resim 3.86. a)YT No.05-A ve b) YT No.06-A dağlanma sonrası görünümü.



Her iki numunede de karbürleme uygulandığına dair herhangi bir yapısal dönüşüm görülmemiştir.

YT No.05 kodlu okucunun iğne kısmından alınan B kodlu numunede birkaç bölgede çok küçük taneli ferritlere rastlanmıştır. Küçük tane sınırlarının malzemenin dış kenarlarında oluşumu ısıl işlem sonucu gelişmiş olmalıdır. Aynı okucunun uç kısmında küçük ferrit tanelerine rastlanmayışı iğnenin ayrıca ısıtıldığını göstermektedir.

Resim 3.87. YT No.05-B içyapısında ferrite ait iki farklı tane boyutu.



YT No.05-A ve B kodlu numunelerde yapılan mikro sertlik testleri sonucunda sırasıyla ortalama 181 HV ve 122 HV değerleri ölçülmüştür. İğnede daha küçük taneli ferritlerin bulunmasına rağmen sertliğin düşük olması ucun sertleşmesi için soğuk dövme yapılmış olabileceğini akla getirmektedir. Ferrit taneleri soğumaya yakın halde dövüldüklerinde iki kata yakın bir oranda sertleşebilmektedirler (Sherby & Wadsworth 2001: 348).

Üretim Yöntemi

Her iki okucu luppeden doğrudan dövme yöntemi ile üretilmişlerdir. YT No.05'de sıfır karbonlu muhtemelen bir miktar fosfor içeren luppe kullanılmışken YT No.06'nın üretildiği luppe az karbonludur.

YT No.05-A şekillendirme sonrası havada soğutulmuş ve soğumaya yakın tekrar dövülmüştür. İğne kısmı ise büyük ihtimalle ahşap gövdeye sokulmak üzere bir miktar ısıtılmıştır.

YT No.06 ise şekillendirmeden sonrası bir süre tavlansmıştır. İki okucunda da karbürleme uygulanmamıştır.

3.3.2.3 Çiviler

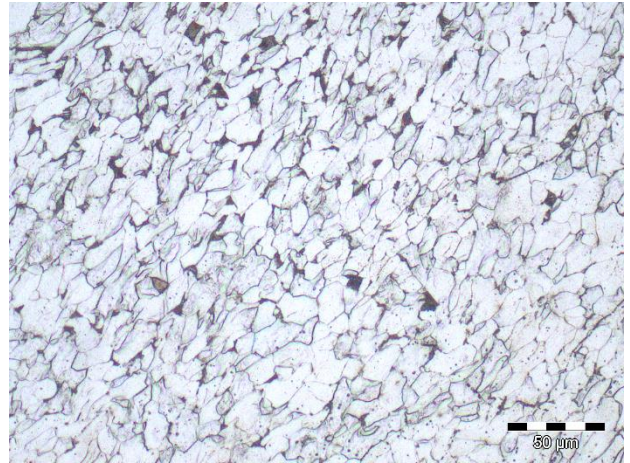
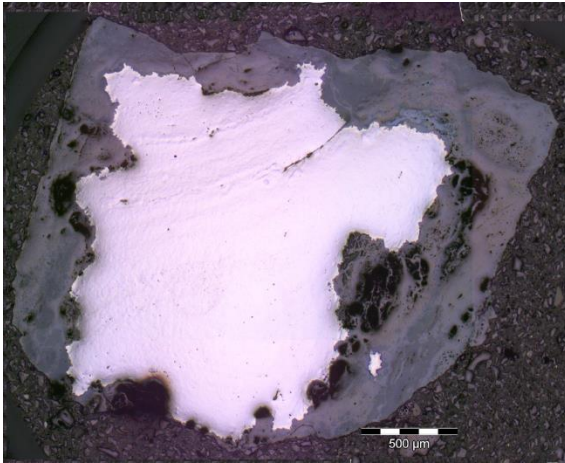
Tüm çiviler 2003 yılı kazı çalışmaları esnasında en geç dönemi XIII. yüzyıla tarihlendirilen mezarların bulunduğu N16/N17 açmalarında bulunmuşlardır. Burada mezarların altında doldurulmuş hafriyat çukuru bulunduğu belirlenmiştir (Caneva et al. 2004). Çivilerden YT No. 03 ve 12 *Tip B* türünde iken YT No. 02 *Tip C* sınıfındadır.

3.3.2.3.1 YT No.02

Numune A

C tipindeki çivinin uç kısmından alınan numune cüruf kalıntısı açısından temizdir (Resim 3.88.a).

Resim 3.88.a) YT No.02-A dağlanmamış görüntüsü **b)** Yaklaştırılmış mercekte deformasyona uğramış ferrit taneleri ve tane sınırlarında az sayıda perlit oluşumları.



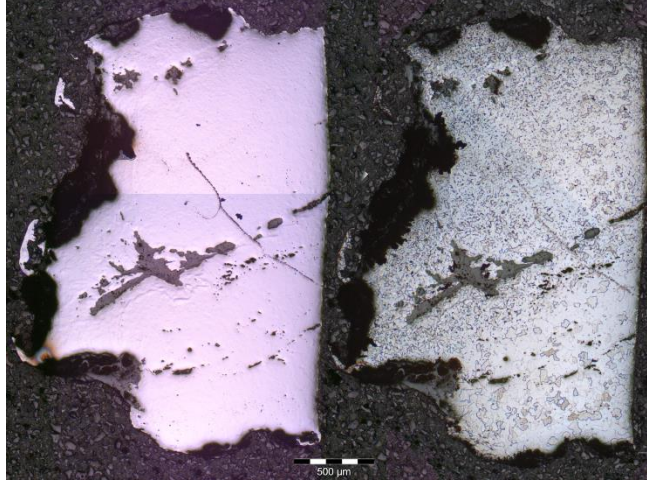
Dağlanma sonrası yapının küçük taneli ferritlerden ve az miktarda perlitten oluştuğu görülmüştür. Ferrit taneleri farklı yönlerde uzamış ve deforme olmuş görüntüsü sergilemektedirler (Resim 3.88.b).

Mikro-sertlik analizleri sonucunda ölçülen ortalama sertlik değeri 229 HV olup, malzemedeki karbon oranı ile bu sertliğe ulaşılması ancak soğuk dövme ile mümkündür. SEM-EDX analizinde malzeme içerisinde demir ile birlikte % 0,15 ağırlık yüzdesine sahip mangan bulunduğu tespit edilmiştir.

Numune B

Çivinin başından alınan numunede diyagonal yönde uzanan cüruf bölgeleri görülmüştür. Bu bölgelerden en büyük olanı açılı ve korozyonlu bir görünümündedir. Dağlanma ile birlikte iç yapının büyük cürufllu alanın üstünde küçük altında ise orta tane boyutuna sahip ferritlerden oluştuğu tespit edilmiştir. Bu nedenle cürufllu alanın farklı malzemelerin birleşme sınırına denk geldiği söylenebilir.

Resim 3.89. YT No.02-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Üretim Yöntemi

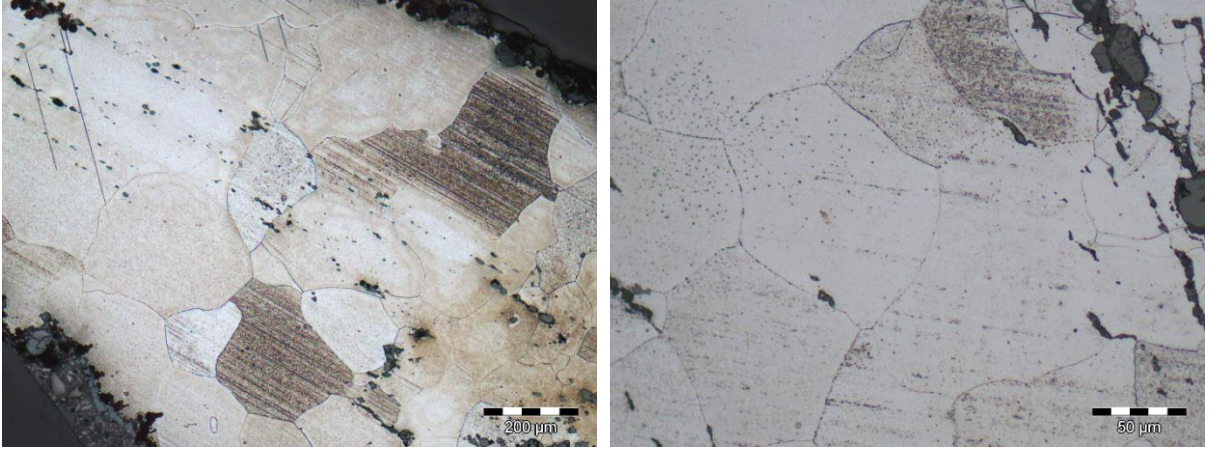
Bu çivinin üretiminde yumuşak luppeler birleştirilmiş ve dövülerek dörtgen kesit haline getirilmiştir. Başı oluşturacak kısım yassılaştırılmış ve büyük ihtimalle kullanım esnasında vurularak kıvrılmıştır. Uçta sadece tek bir malzemeden oluştuğu görülen kısım ise soğumanın ardından dört bir yanından dövülerek deformasyona uğratılmış ve sertleştirilmiştir.

3.3.2.3.2 YT No.03 ve 09

Numune A

B tipindeki iki çivinin ucundan alınan numunelerin metalografi incelemesinde görülen içyapılar benzer özellikler göstermektedir. İkisinde de dörtgen hale getirilirken iyi birleştirilmediğini gösteren cüruf kalıntıları gözlenmiş olup numunelerin içyapıları *iri* ve *çok iri* ferrit tanelerinden oluşmaktadır (Resim 3.90.a ve b). Özellikle YT No.03-A'da gözlenen *çok iri* tane boyutu kullanılan malzemenin fosforlu demir olduğunu işaret etmektedir. Aynı numunedeki Neumann bantları çivinin kullanıldığını kanıtlamaktadır.

Resim 3.90.a) YT No.03-A ve **b)** YT No.09-A dağlanmış görüntülerde *iri* taneli ferritler.

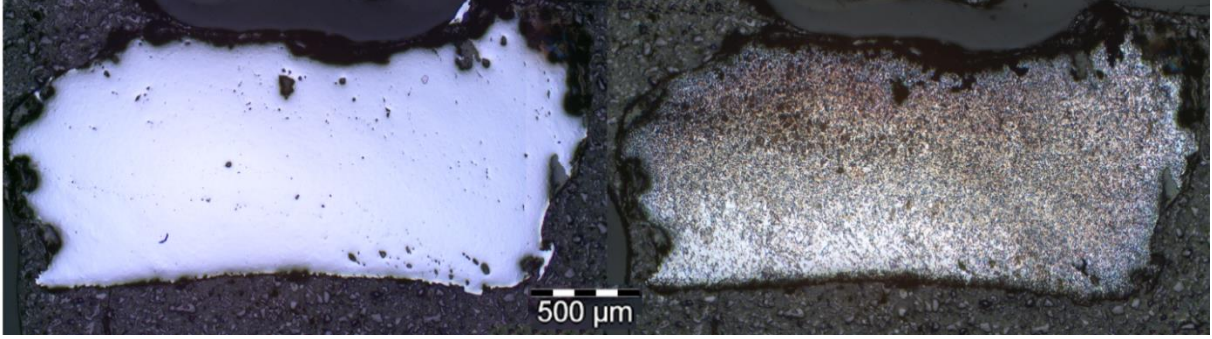


YT No.09-A'dan alınan sertlik ölçümlerinin 177 ile 210 HV arasında değişmesi bu numunede de fosfor olabileceğini düşündürmektedir.

Numune B

YT No.03 kodlu çivinin başından alınan numunede az ve orta karbonlu yapılar heterojen bir şekilde yer almaktadır. Üst bölümde kenarlara doğru artan karbon oranı karbürleme sonucu oluşmuştur. Orta karbonlu bölümlerdeki perlitler ince yapıda olup, ferrit taneleri Widmanstatten görünümü sergilemektedir.

Resim 3.91. YT No.03-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Üretim Yöntemi

Fosforlu demir ve demir karışımı heterojen içeriğe sahip luppelerden şekillendirilen çivilerden YT No.03'n baş kısmı incedir. Bu nedenle başın şekillendirilmesi esnasında ocakta beklerken gerçekleşen karbürleme neredeyse tüm başı etkilemiştir. YT No.09'un baş bölümündeki yanakların kırılmış ya da korozyona uğramış olması bu bölgenin de ince bir kesite sahip olduğunu düşündürmektedir.

3.4 Kinet Höyük

Kinet Höyük Hatay ilçesi Dört Yol ilçe merkezinin yaklaşık 6 km batısında İskenderun Körfezinin doğu kıyı bölgesinde Delta Petrol Ürünleri Ticaret A.Ş.'nin tesisleri içerisinde bulunmaktadır. İlk kurulduğunda kıyıda yer alan ve büyük olasılıkla bir de limana sahip olan bu antik yerleşim alanı, zaman içerisinde Deliçay'ın getirdiği alüvyonlarla nedeniyle denizden 475 metre içeride kalmıştır (Ozener 1992).

Resim 3.92. Kinet Höyük'ün havadan görünüşü.



İskenderun Körfezi çevresindeki antik yerleşim alanlarının 1992 yılındaki jeomorfolojik incelemelerinin ardından Kinet Höyük'teki arkeolojik çalışmalar Dr. Marie-Henriette Gates başkanlığında 1993 yılında başlatılmış, Ortaçağ tabakaları ise Dr. Scott Redford ve ekibi tarafından kazılmıştır.

Kinet, Büyük İskender'in Perslilere karşı İssos ovasında MÖ 333 yılında yaptığı savaşta bahsi geçen liman kenti İssos ile ilişkilendirilmektedir (Seton-Williams 1954: 161). Daha erken evrelerinin Fenike kenti Sissu'ya (Demir Çağı) ve Hitit kenti Zise'ye (Geç Tunç Çağı) karşılık geldiği düşünülebilir. Höyükte gerçekleştirilen kazılar MÖ 3.000 – MÖ 50 arası birbirini takip eden Tunç Çağı – Demir Çağı ve Hellenistik dönem yerleşimlerinin varlığını ortaya koymuştur. Hatta daha eskiye giden Neolitik ve Erken Kalkolitik çağa dair güçlü kanıtlarda ortaya çıkarılmıştır. MÖ 50 yıllarında terk edilen höyük yerleşimleri Orta Çağ'da Haçlıların- Tapınak Şovalyelerinin gelişimiyle birlikte 12. yüzyıl sonları ve 14. yüzyıl başları arasında tekrar yerleşime tanık olmuş ve bu dönemin ardından 1980'lerin ortalarında inşa edilen endüstriyel yapılar dışında herhangi bir yapılaşma dönemi geçirmemiştir (Gates 1998).

Kinet Höyük Doğu Akdeniz ticaret ağlarının bir parçası olan limanı, tarıma elverişli, verimli toprakları ve doğal bir koruma sağlayan aynı zamanda zengin kaynaklara sahip Amanos dağlarına yakınlığıyla kültürel ve politik değişimlere rağmen ekonomik bağlamda avantajlı konuma sahip olmuştur. Ayrıca kuzeyde Kilikya düzlüğü, güneyde Belen Geçidi arasında kalarak Anadolu ile Suriye arasında ticaret yollarının ve askeri seferlerin bir uğrak noktası olmuştur (Gates 1993). Kinet Höyük'ün Orta Çağ tabakası çağdaş Bizans, İslam ve Moğol yerleşim örnekleri gibi bir tepede surlarla korunaklı olarak inşa edilmiştir.

Her türlü doğal kaynak açısından zengin Amanos dağlarının maden (özellikle demir kaynakları) da bu dönemde değerlendirilmiştir. 1285 yılında Memlük Sultanı Kalavun ile Ermeni Kilikyası Kralı III. Leon arasında imzalanan anlaşma Memlüklüler için burada üretilen demirin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu anlaşmada Memlüklülere ihraç edilecek kıyafet, at, katır gibi mallarla birlikte 10.000 demir nalın ve çivinin sipariş edildiği zaman gönderileceği belirtilmektedir.

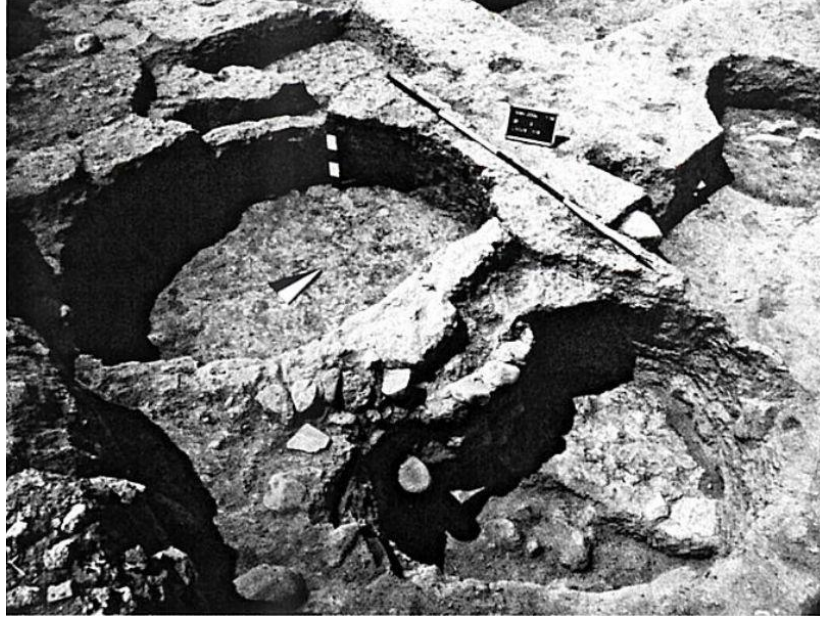
Orta Çağ'da ticareti yapılan katır, at, demir nallar ve kereste gibi kaba ticaret mallarının ötesinde daha uzak diyarlardan gelen lüks olanların izleri de Akdeniz'in bu köşesinde bulunmuştur. Moğolların 1244 yılında Ermenilerle yaptığı işbirliği, Memlüklerin daha kuzeydeki Haçlı limanlarını ele geçirmesi Kinet ve yakınındaki limanları baharat, ipek ve diğer değerli malzemelerin ticareti için önemli merkezler haline getirmiştir (Redford et al. 2001).

Kinet Höyük'ün Orta Çağ yerleşimleri üç tabakadan meydana gelmektedir. "Faz 1: 1, 2, 3a-3b" olarak adlandırılan bu tabakalardan en geç olanı kendi içinde iki farklı yerleşim döneminin (kurulum ve tekrar kullanım) izlerini taşımaktadır. Tarihsel kaynaklarda buranın askeri özelliklerinin ağır bastığının vurgulanmasıyla bağlantılı olarak savunma surlarıyla çevrilmiş bu tabakalarının her biri yangınlar sonucu tahrip olmuştur. Faz I: 3-b'nin yıkımının ardından Kinet Höyük tamamen terk edilmiştir.

Doğrudan Hellenistik kat üzerinde kurulu en erken Faz olan 1:1'de G2 ve G3 açmalarındaki cüruf içerikli çukurlar ve fırın/ocak hazneleri burada mütevazı bir demir endüstrisi olduğunu işaret etmektedir. Özellikle G2'de çakıllı zeminde taşların arasında ve üzerinde rahatlıkla görülebilen cüruf damlacıkları/çekiç artıkları (hammerscales) burada demir işçiliği yapılmış olduğunun kanıtlarıdır. Tüm Orta Çağ tabakalarında az ama düzenli miktarda demir işleme kökenli cürufa rastlanması demir işçiliğinin devamlı bir aktivite olduğu izlenimini uyandırmaktadır.

2004 yılı kazılarında G açmasında ortaya çıkarılan cüruf dolu iki çukur burada bir izabe fırını olup olmadığı sorusunu akla getirmiştir (Resim 3.93). Taşıma işçiliğini azaltmak için izabe fırınları çoğunlukla demir cevherinin çıkarıldığı ya da yakıtın bol olduğu bölgelerde işletilmişlerdir. Yerleşim yerlerinin içerisinde demircilik faaliyetleri işçilikle sınırlıdır. Redford ise demir cevherinin (hematit) burada Kinet Höyük yakınındaki alüvyonlu vadide rahatlıkla bulunabildiğini ve bazı evlerin yapı taşları arasında hematit kaya parçaları bulunduğunu yazmaktadır. Bu nedenle cevher hazırlama ve izabe işlemlerinin Kinet Höyük'te gerçekleştirilmiş olabileceğini iddia etmektedir (Redford 2012: 391). 13. yüzyıl tabakasında kalıbıyla birlikte eritilmiş demir külçe bulunduğu aynı makalede bahsedilmektedir. Böyle bir iddia akla pota çeliği üretimini getirirse de böyle bir metalürjik teknolojinin elde edilen diğer buluntular ışığında burada bulunması pek beklenmemektedir. Bu tez projesi kapsamında yapılan incelemelerde de kalıp olduğu belirtilen çok gözenekli seramikte yüksek ısıya bağlı herhangi bir vitrifikasyon gözlemlenmemiş, form ve içerik olarak da bir potadan çok farklı olduğu tespit edilmiştir. İngot olduğu belirtilen korozyona uğramış objeden de (KH No.14) numune alınmıştır.

Resim 3.93. Kinet Höyük'te ısıl işlemlerde kullanılmış ocak kalıntıları (Redford 2012).



Ortaçağ tabakalarının tarihlendirilmesi buradaki kazılardan çıkarılan seramikler ve sikkeler yardımıyla yapılabilmektedir. Tüm Orta Çağ tabakalarında Tapınak Şövalyeleri / Haçlılara ait 12. yüzyılın sonlarından 14. yüzyılın başlarına uzanan bir döneme tarihlendirilebilecek buluntu zenginliği vardır (Gates 1999: 1993).

Kesici alet, okucu, çivi, nal türleri incelemek üzere seçilen objelere ait türlerdir. Ayrıca fiziksel özellikleri nedeniyle dikkat çekici kullanım amacı tespit edilememiş beş objede tanımsız obje olarak çalışmaya dâhil edilmiştir.

Tablo 3.6. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.

Buluntu Türü	Buluntu Sayısı	Numune Sayısı
Kesici alet	6	9
Okucu	5	9
Çivi	1	2
Nal	1	2
Tanımsız Objeler	5	8
Metalürjik Buluntular	8	8
Toplam	26	39

3.4.2 Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler

3.4.2.1 Kesici aletler

Kinet Höyük kazıları Orta Çağ tabakasında ele geçirilen kesici aletlerden 6 tanesi incelenmek üzere seçilmiştir. Bunlardan iki tanesinin balçak bölümleri sağlamdır. KH No.10 kodlu *Tip A.x* türüne ait bıçağın balçağı iki ayrı demir şeridin namlu kuyruk bağlantı kısmına sarılması ve dövülmesi ile yapılmıştır. Ayrıca bu bıçağın üretilirken tırnağın da işlendiği görülmektedir. Sırtın sert bir kıvrımla ağızla bulunduğu bıçakta kullanım aşınması oldukça belirgin olsa da ucun kırılarak kullanımının sona erdiği düşünülebilir. Bir diğer balçağı sağlam olan bıçak (KH No.13) ilk örneğe göre daha büyük olup *Tip A.z* türündedir. Tırnağı bulunmayan bıçağın ağız kullanım sonucu tüketilmiştir ve ayrıca uçtan kırılmıştır. Balçak diğer örneğe benzer şekilde fakat tek bir şeridin sarılması ve dövülmesi ile üretilmiştir.

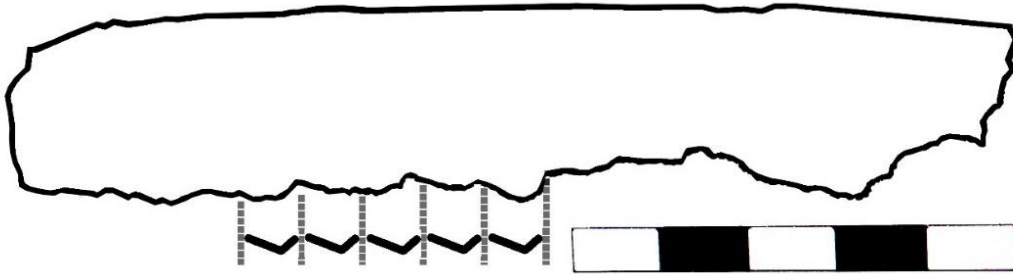
Resim 3.94.a) KH No.13 kodlu örnekte balçak bölümü **b)** KH No.16 kodlu tamamen korozyona uğramış örneğin kesiti.



KH No.16 yapım aşaması tamamlanmamış *Tip A.z* türünde bir bıçak tamamen korozyona uğramıştır. Ancak kesitinden üretim yöntemi konusunda yorum yapılabilmektedir. Metalürjik faaliyetlerin yoğun izlerinin bulunduğu G/G2 açmaları arasındaki yürüyüş yolu 2005 yılında kaldırılırken bulunan bu obje Kinet Höyük'te bıçak üretimi yapıldığını gösteren önemli bir örnektir.

Tip C.y türündeki KH No.03'te hafif bir kullanım aşınması fark edilmektedir. KH No. 06'nın sadece namlu kuyruk bağlantısı, KH No 11'in ise sadece namlu kısmı buluntu olarak yer almaktadır. Her ikisinin de türü tespit edilememiştir ancak ikincisinin ağız kenarında korozyon kırılmaları sonucu oluşabilecek çıkıntılarının bir kısmı testere dişlerini andıran bir düzen izlemektedir. 3 santimetrede 4,5 diş tespit edilen bu objenin durumu üretim yöntemi ve malzeme özellikleri incelenirken değerlendirilecektir.

Şekil 3.6. KH No.11'in ağızında yer alan tekrar eden dişler

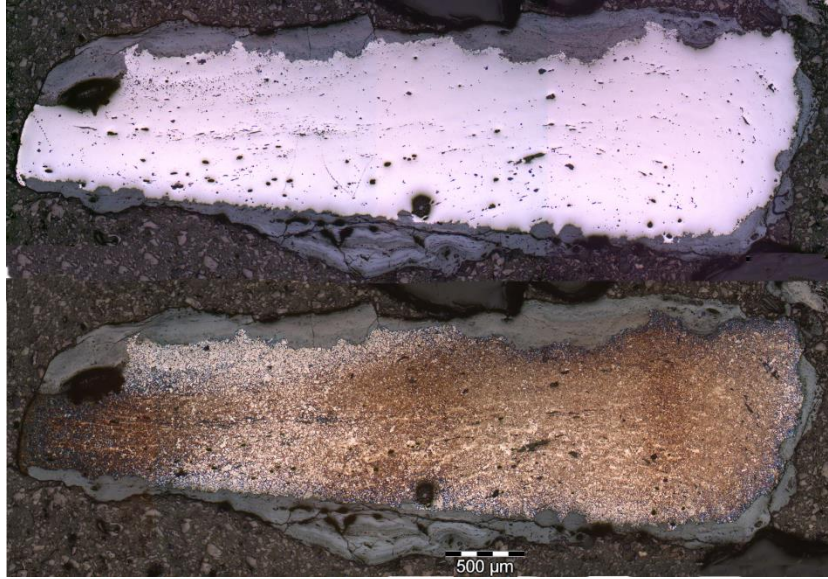


3.4.2.1.1 KH No.03

Numune A

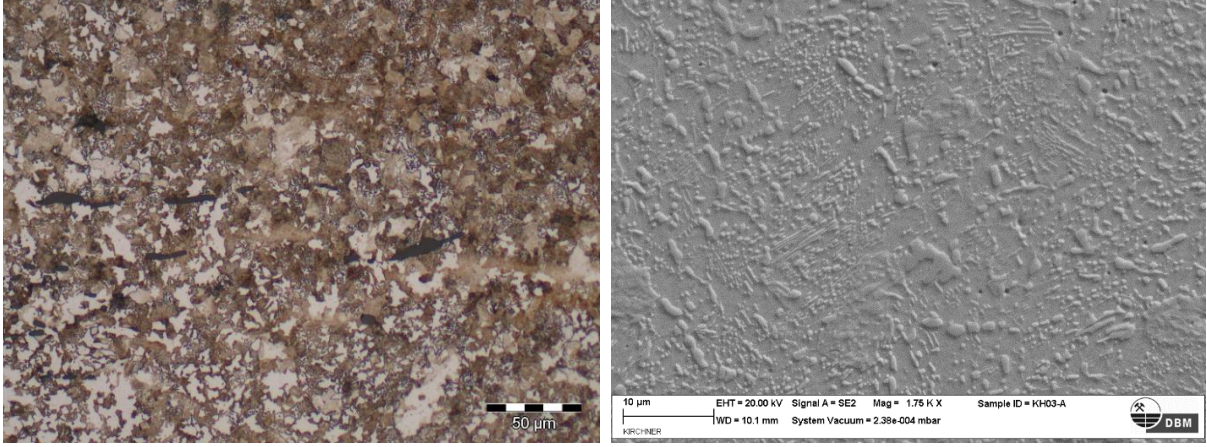
Tip C.y sınıfına ait bıçağın kuyruğundan alınan numunede küresel ve uzamış çeşitli boyutlarda cüruf kalıntıları bulunmaktadır. Dağlama sonrasında gövde boyunca perlit olması muhtemel bölgeler kuyruğun ağız tarafında daha yoğun olmak üzere görünmeye başlamıştır. Alt kenarlarda karbon azalmakta ve yapı beyazlaşmaktadır (Resim 3.95).

Resim 3.95. KH No.03-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Yaklaşımcı merceklerle yapılan incelemelerde yapıda ötektik öncesi ferrit ve ince perlit ağırlıklı bir yapı bulunduğu, kenarlarda ise Widmanstatten ferrit bulunduğu gözlemlenmiştir (Resim 3.96.a). SEM-SE görüntülemelerinde ince perlit yapının yumrulaşma eğiliminde olduğu fark edilmiştir. Karbon miktarının oldukça heterojen olduğu, kuyruğun ağız kısmında ötektik üstü kompozisyonun alt kenarlarda %0,1'e kadar düştüğü tespit edilmiştir (Resim 3.96.b). Düşük oranlarda silika ve mangan içeren malzemenin sertlik ortalaması 197 HV'dir.

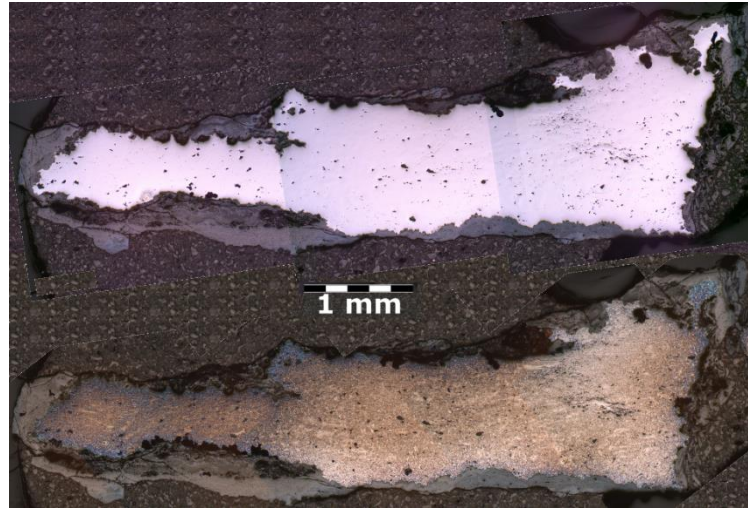
Resim 3.96.a) Ötektoid öncesi ferrit ve ince perlit taneleri **b)** Ağıza yakın bölümde yumrulaşma eğiliminde perlit ve ötektik kompozisyonun aşıldığını gösteren muhtemel sementitlere ait daha kütleli yumrular.



Numune B

Uca yakın bölümden alınan Numune B diğer numune ile büyük benzerlik göstermektedir. Bu yapıda da karbon oranının heterojen olduğu ağıza yakın bölümde yoğunlaştığı görülmektedir. Sırta doğru gidildikçe karbon oranı azalmaktadır (Resim 3.97).

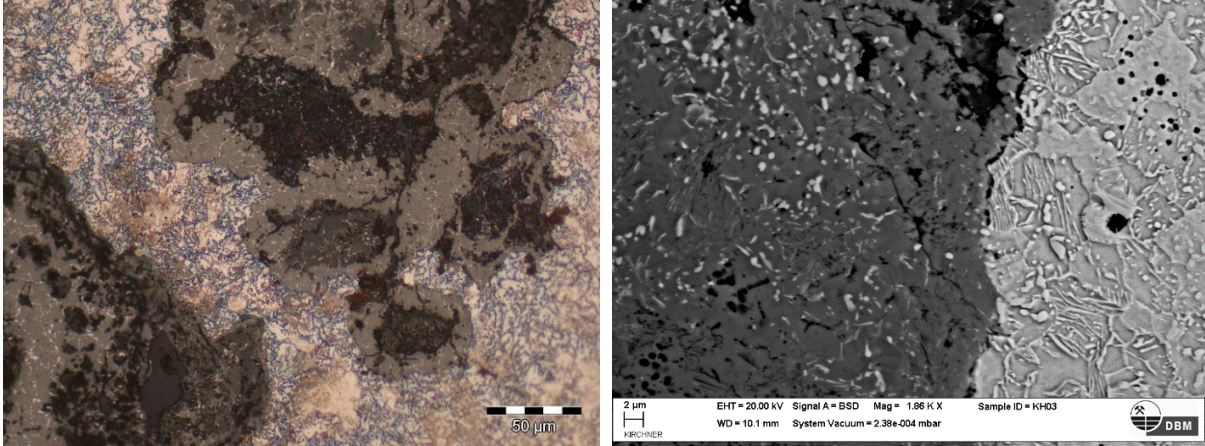
Resim 3.97. KH No.03-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Yaklaşırıcı merceklerle yapılan gözlemlerde uç bölümde ötektik üstü kompozisyona çıkıldığı korozyonlu bölgelerde oksitlenmeye direnen sementit tanelerinden anlaşılmıştır (Resim 3.98.a). Bu bölgede görülen sarımsı taneler kompozisyon dikkate alındığında

dönüşmemiş östenit olmalıdır. Aynı bölgenin SEM-BSD görüntüsünde bu durum daha açıkça görülmektedir (Resim 3.98.b).

Resim 3.98.a) Koyu renkli korozyonlu bölgelerde okside olmamış açık renkli yapılar **b)** Aynı yapıların SEM-BSD görünümü.



Bu numuneden karbon oranının diğerine göre bir miktar daha yüksek olması nedeniyle daha sert olup ortalama 230 HV civarındadır. Fosforun SEM-EDX ölçüm alt limitlerinin üzerine çıkması, bu elementin sertliğe etkisi olduğunu düşündürmektedir.

Üretim Yöntemi

Bu bıçak döverek kaynatmaya dair bir iz bulunmaması nedeniyle tek parça lappeden üretilmiştir. İki numunede de görülen heterojen karbon oranları, yüksek karbonlu bölgeler içeren bir luppenin seçildiğini düşündürmektedir. Ağız kısmına yakın bölümde ötektik üstüne çıkan kompozisyon aynı zamanda alet üzerinde karbürizasyon yapıldığını işaret etmektedir. Özellikle bu bölgelerde dönüşmemiş östenitin görülmesi ancak martensite rastlanmaması ilginçtir. Martensit yerine ince perlit, yumrulaşmış perlit ve yumrulaşmış ötektoid öncesi sementit bulunmaktadır. Böyle bir yapının farklı işlemler sonucunda oluşma ihtimali vardır. En güçlü ihtimal bıçağın uç kısmında seçici karbürlemenin ardından su verme işleminin yapılması ve sonrasında menevişleme uygulanmasıdır. Ancak menevişleme işleminde bıçak çok uzun süre düşük ısılı ateşte tutulmuş bu nedenle aşırı yumuşama gerçekleşmiştir. Uç kısımlarda ölçülen 230 HV civarındaki değerler bıçak yapılırken hedeflenen sertlikten çok daha düşük olmalıdır. Kazı raporları bu bıçağın yanık izleri bulunan tuğlalı bir ocak yapısının içinde bulunduğunu belirtmektedir (Gates 2005). Bu nedenle bıçağın orta karbonlu olduğu ve su verme işlemi ile sertleştirildiği daha sonra ise ocakta ateş içerisinde bırakıldığı anlaşılmıştır.

3.4.2.1.2 KH No.06

Numune A

Sınıfı tespit edilemeyen KH No.06'nın kuyruk kısmından alınan numunede sıralı küresel cüruf kalıntıları ve dağlama işleminin ardından farklı bölgelerde farklı tane boyutuna sahip ferritli az karbonlu yapı gözlemlenmiştir.

Çok küçük tane boyutlarına sahip ferritler cüruf kalıntılar ile birlikte bir şerit gibi gövde içerisinde uzanmaktadır. Diğer bölge *orta* ferrit tanelerine sahip ve temizdir. Bu nedenle orta şeritte kullanılan demirin başka bir luppe kaynaklı olduğu söylenebilir. Kimyasal analiz ile elde edilen en ilginç sonuç ise küçük taneli boyutlu ferritlerin yer aldığı bölümde ölçülen %6 oranında bakırdır. Bakırın izine buradaki cüruf kalıntılarında da rastlanmıştır. Bakır ve demirin beraber bulunduğu cevherlere sıklıkla rastlanmaktadır. İzabe işlemi esnasında cevherden gelen bakır demir ile alaşım yaparak metalde kalır. Bakır sadece alaşım yaptığı demirde renklenmeye sebep olmaz aynı zamanda demire bir miktar sertlik de kazandırır. Ancak bakırın sebep olduğu sıcak gevreklik nedeniyle demir izabesi ile uğraşanlar bu elemente sahip cevherlerden uzak durmuşlardır (Rostoker & Bronson 1990: 20).

Resim 3.99. KH No.06-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Üretim Yöntemi

İki farklı demir parçasının döverek kaynatıldığı ve eklenen parçanın orta bölüme gelecek şekilde ayarlandığı bir üretim yöntemi uygulanmıştır. İç yapısının tamamen ferritli yapıdan oluşması sonucunda numunenin sertliği yumuşak bir değer olan 152 HV'dir. Kuyruk kısmının bıçağın kesme işlevini yerine getiren bölümü olmaması nedeniyle bu numunenin namlu bölümünün sertliği konusunda bir bilgi sunması beklenmemektedir. Ancak namlunun da benzer

sandviç tarzı döverek kaynatma yöntemi ile şekillendirildiği tahmin edilmektedir. Demircinin ortada bulunan bakırlı demirin sertliğinden mi faydalanmak istediğini yoksa namlu da dekoratif bir uygulama mı gerçekleştirdiğini namluya bakarak söylemek mümkün değildir.

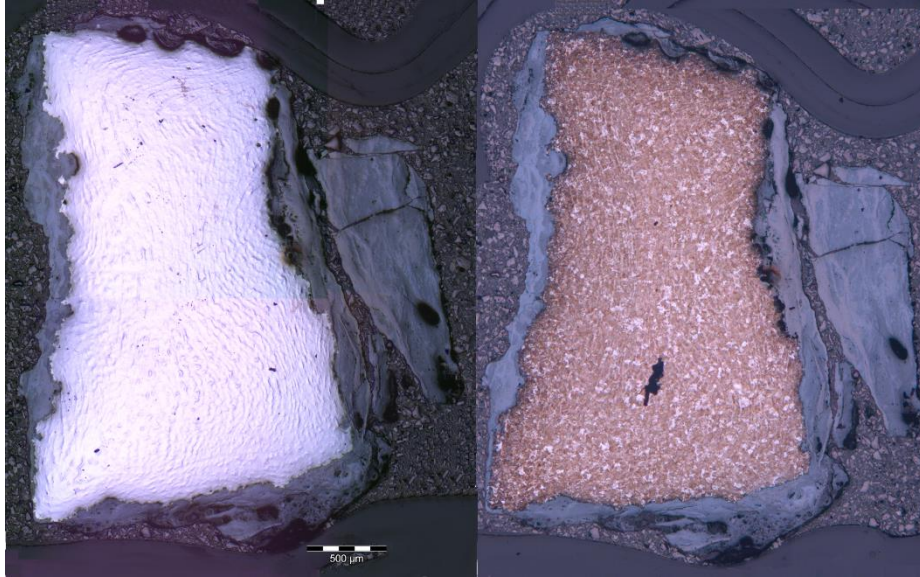
3.4.2.1.3 KH No.10

Numune A

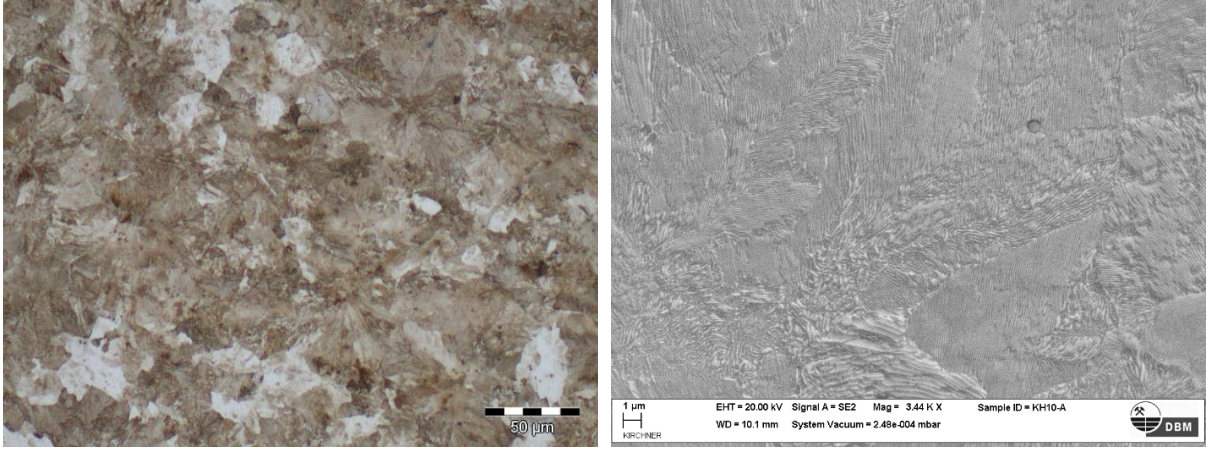
Tip A.x sınıfındaki balçaklı bıçağın kuyruk kısmından alınan numunede küçük taneli uzanmış cüruf kalıntıları ve dövme yönü ile alakalı olarak sıralanmış tümsekler görülmüştür. Dağlanma sonrasında homojen karbon oranına sahip perlitli yapı gözlemlenmiştir (Resim 3.100).

Yaklaşırıcı mercek ve SEM incelemelerinde yapının tamamen perlit tanelerinden ve ötektik kompozisyona sahip olduğu gözlemlenmiştir (Resim 3.101.a ve b). Bazı bölgelerde perlitli yapı yumrulaşma eğilimi göstermektedir.

Resim 3.100. KH No.10-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Resim 3.101.a) Perlitli çelik yapısı **b)** Aynı yapının SEM-SE görünümü.

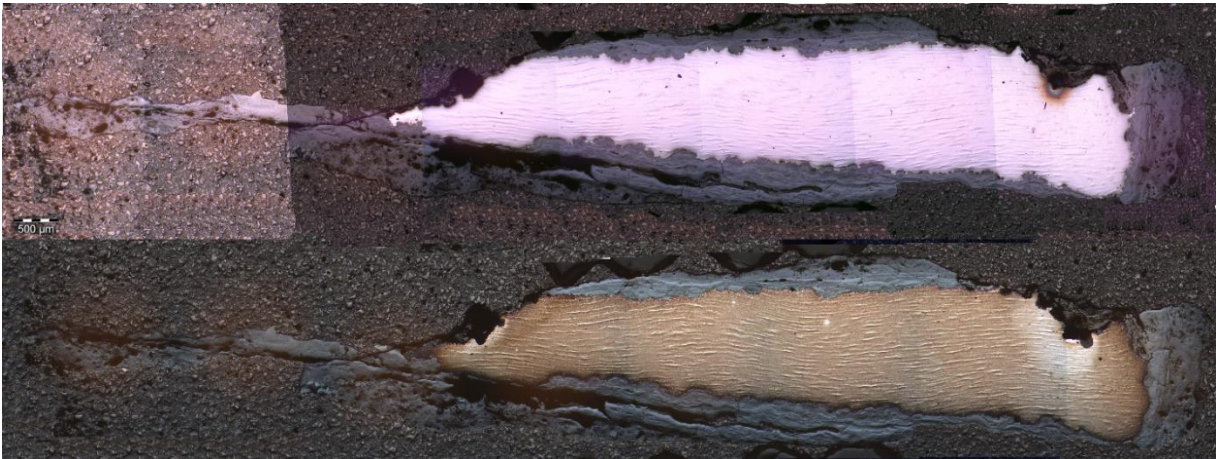


Mangan oranının %1'i aştığı gövdede yine %1'e yakın silika bulunmaktadır. İnce perlitin etkisiyle sertlik değeri ortalama 366 HV'dir.

Numune B

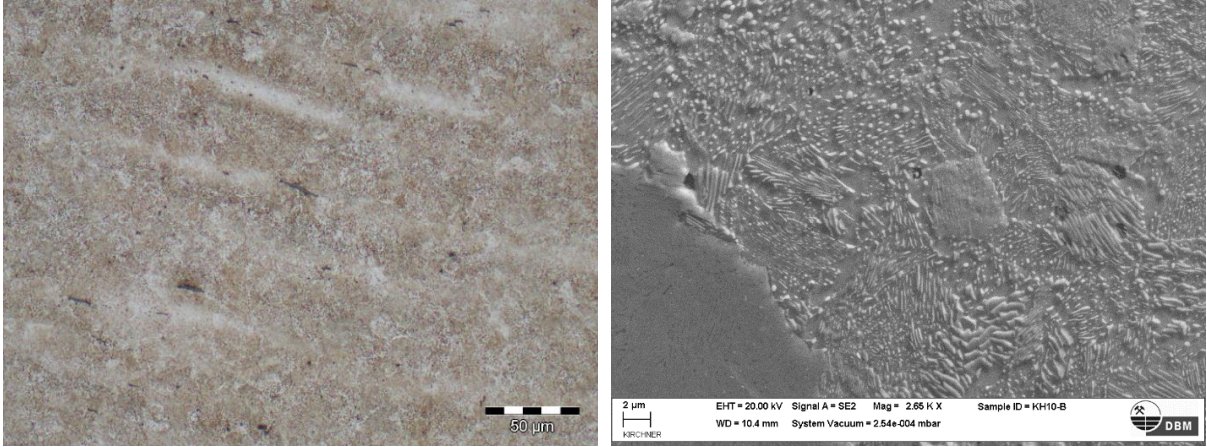
Namlunun uca yakın alınan bölümüne Numune B kodu verilmiştir. Bu numunede sırt bölgesine yakın bölüm gözlenebilirken kesici ağız kısmı tamamen korozyona uğramıştır. Objede kullanıma bağlı aşınmanın ağız kısmını tüketmiş olmasının da bu bölgenin gözlenmemesinde etkisi vardır. Sırta yakın bölgenin dağlanmadan önceki ve sonraki görüntülerinde Numune A'ya benzer bir şekilde tümsekler ve homojen bir içyapı dağılımı gözlemlenmiştir (Resim 3.102). Numune A'da kıvrımlı görülen tümsekler burada gövde boyunca uzanmaktadır.

Resim 3.102. KH No.10-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



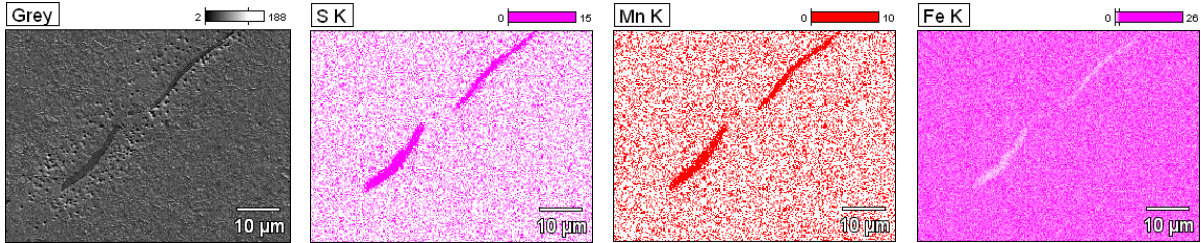
Bu numunedeki yapının daha açık renkli olması ve metalografi görünümünde içyapının çözülmemesi perlitin neredeyse tamamen yumrulaşmış olmasından kaynaklanmaktadır (Resim 3.103.a ve b). Yumrulaşma oranındaki artış beraberinde yumuşamayı da getirmektedir. Nitekim bu numunenin sertlik ölçümlerinde ortalama 271 HV değeri elde edilmiştir.

Resim 3.103.a) İnce perlitli çelik yapısı **b)** Aynı yapının SEM-SE görünümü.



Kuyrukta olduğu gibi namluda da %1 civarındaki yüksek mangan oranı dikkat çekicidir. İki numunede de ölçüm için seçilen tüm cüruf kalıntılarında %9 - %24 arasında değişen oranlarda mangan oksit bulunmuştur. Cüruf kalıntılarında %8 - %21 oranında sülfür eşlik etmektedir (Resim 3.104).

Resim 3.104. İlk resimde görülen cüruf kalıntısının içeriğindeki yüksek sülfür, mangan ve düşük demir.



Üretim Yöntemi

Bu bıçak ötektik kompozisyona sahip homojen tek parça ara üründen şekillendirilmiştir. Ağız kısmında yer alan yapı korozyon nedeniyle gözlenememiştir. Ancak bu yapıya en uygun üretim yöntemi kontrollü su verme işlemi ile ağzın martensite dönüştürülmesi ve bir süre menevişleme yapılmasıdır. Namluda menevişleme izlerinin etkisi yumrulaşmış perlit ile gözükmemektedir.

Gövdedeki yüksek mangan ve mangan oksitli sülfütlü cüruf kalıntıları malzemenin geldiği teknoloji konusunda soru işaretleri doğurmaktadır. Sonuçlar bölümünde bu bıçakta pota çeliği kaynaklı olup olmadığı tartışılacaktır.

Her iki numunede de dağlanmamış halde daha belirgin olan tümsekler manganın mikro-segregasyonu ile bantlar oluşturması neticesinde oluşmuş sert bölgelerdir. Bu sert bölgeler kuyruğun dört yandan, gövdenin iki yönden dövülmesi ile sıralanmış ve numune hazırlık aşamasında zımparalama araçlarına direnç göstererek tümsekler oluşturmuşlardır.

3.4.2.1.4 KH No.11

Numune A

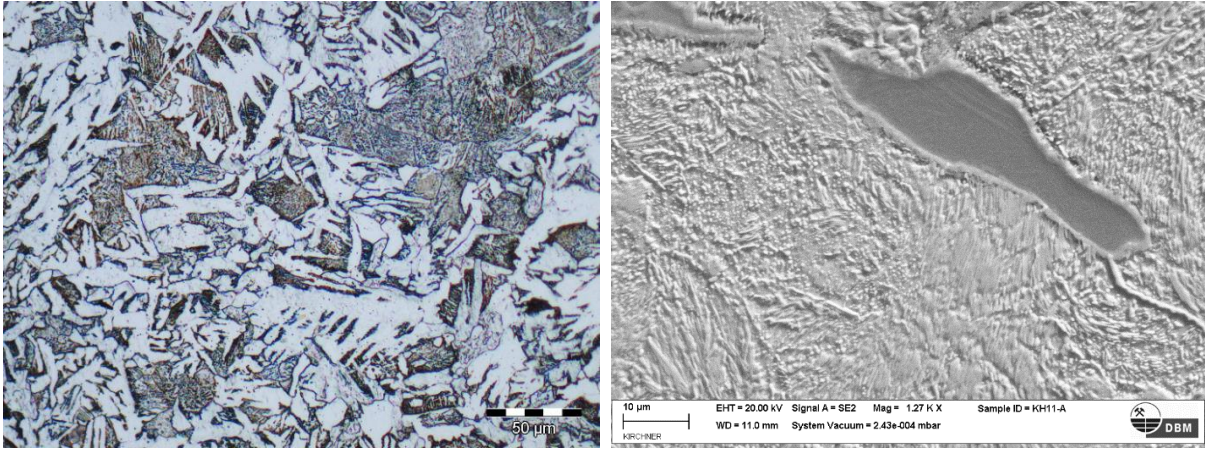
KH No.11 kodlu sınıfı belirlenemeyen kesici aletin sırta yakın bölümü büyük boyutlu uzamış birkaç korozyonlu cüruf kalıntısı içerirken, ağıza yakın diğer yarısında daha küçük ve dağınık çok sayıda uzamış ve yarı-küresel cüruf kalıntısı bulunmaktadır. İki bölge korozyonun neden olduğu bir çizgi ile ayrılmaktadır. Dağlama işleminin ardından korozyon çizgisinin aslında iki farklı malzemeyi ayırdığı ortaya çıkmıştır.

Resim 3.105. KH No.11-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Sırta yakın bölüm Widmanstatten ferrit ve dejenere perlitten oluşurken karbon yapısı %0,4 – 0,5 civarındadır. Ötektik kompozisyon ve üstü karbon oranına sahip ikinci bölüm ise kısmen yumrulaşmış perlitten oluşmaktadır.

Resim 3.106.a) Widmanstatten ferrit ve dejenere perlitli bölüm **b)** İnce perlit ve yumrulaşmış perlitli bölüm.

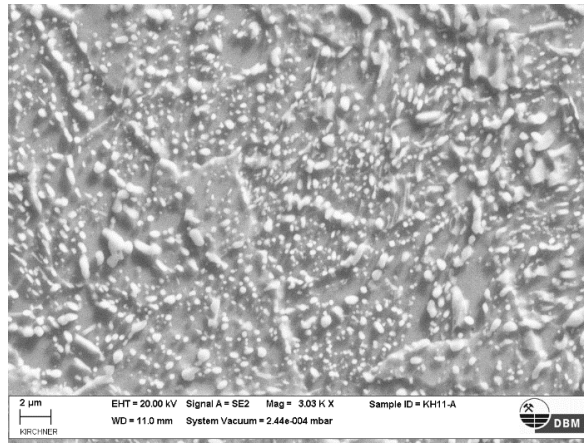


Mikro-sertlik ölçümleri sırta yakın bölümden yapılmış olup buradaki içyapıya uygun olarak ortalama 152 HV'lik bir değer ölçülmüştür. Çoğu bölgede saf demire yakın bir kimyasal kompozisyon gözlenirken bazı noktalarda %1 civarı mangan oranı tespit edilmiştir.

Üretim Yöntemi

Kesici aletin yapımında sırta orta karbonlu çelik, ağızda ötektik ve üstü karbonlu bulunacak şekilde iki ayrı şerit demirin döverek kaynatılması ile üretilmiştir. Ağıza doğru gidildikçe yumrulaşma miktarı artmaktadır. Ağız bölgesindeki SEM-SE incelemelerinde sırt bölümündeki perlitlerde yumrulaşma eğilimi olduğu görülmüş ve kesici aletin bu yapısı KH No.03-A ile benzerlik göstermektedir.

Resim 3.107. Ağız bölgesinde menevişlenmiş martensit görüntüsü.



Bu görüntüden yola çıkarak bıçak şekillendirmesinin ardından oldukça az bir bölümde seçici su verme işleminin uygulandığı ve son olarak menevişleme yapıldığı düşünülebilir. Bu

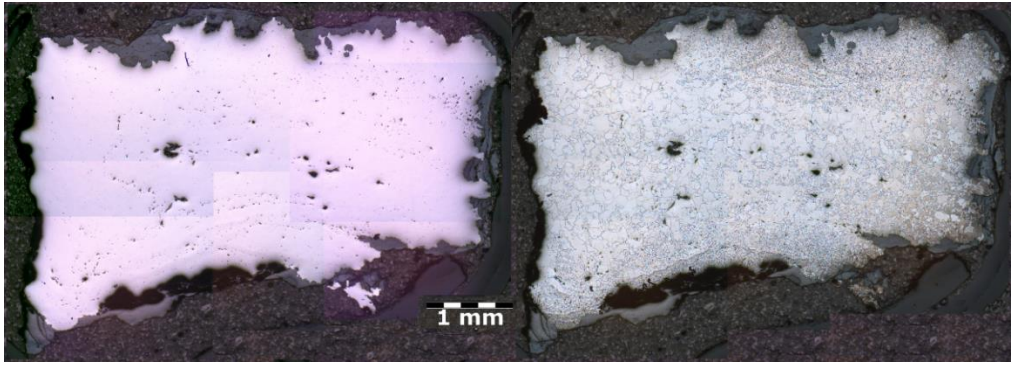
haliyle çok kırılğan olmayan ağıza sahip bıçağın kullanım aşınmasının dişli değil kıvrımlı olması beklenir. Bu nedenle bu aletin testere olarak üretildiği ve kullanıldığı söylenebilir.

3.4.2.1.5 KH No.13

Numune A

Tip A.z sınıfından bıçağa ait uzun kuyruk kısmının ucundan alınan numune küresel ve yarı küresel cüruf kalıntıları barındırmaktadır. Dağlama sonrası tüm içyapının ferrit tanelerinden oluştuğu gözlemlenmiştir (Resim 3.108). Ferrit tanelerinin boyutu kenarlara gidildikçe ısıl işlem kaynaklı olarak küçülmekte az miktarda perlitin buralarda oluştuğu görülmektedir. Kimyasal içerik açısından saf demire çok yakın olan malzeme içyapısının özelliğine bağlı olarak yumuşaktır.

Resim 3.108. KH No.13-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Numune B

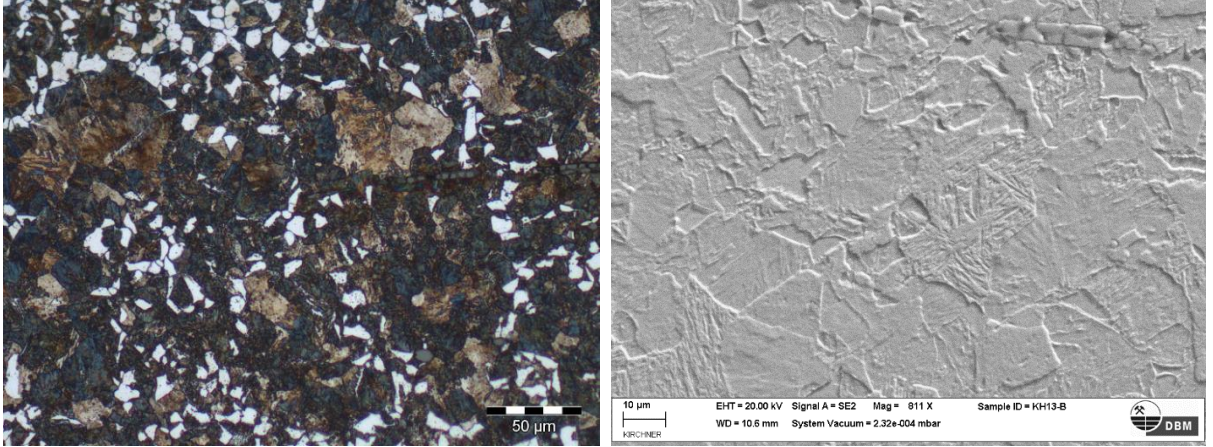
Bıçağın uç kısmından alınan numune düşük ve orta karbonlu çelik katmanlarından oluşmaktadır. Uç kısma gidildikçe orta karbonlu bölgenin yoğunlaştığı görülmektedir. Uç kısım korozyona uğradığı için buradaki içyapı tespit edilememiştir. Ancak diğer bölgelerden daha yüksek karbon içerdiği uçtan orta bölgeye doğru gerçekleşmiş karbon difüzyonundan tahmin edilmektedir.

Resim 3.109. KH No.13-B dağlanma sonrası görünümü.



Katmanların birleşim yerleri olduğu düşünölen uzunlamasına korozyon bölgeleri muhtemelen su verme işleminde çatlamış ve zamanla genişlemiştir. Su verme işleminin kanıtı uç bölümdeki perlit yapılarının martensite dönüşmüş olmalarıdır. Düşük ve orta karbonlu sırt bölgelerinde ölçölen sertlik değerleri 129 – 196 HV aralığındadır. Ölçüm alınamayan uç bölgelerin daha sert olduğu varsayılmaktadır.

Resim 3.110.a) Martensite dönüşmüş perlit taneleri ve ötektoid öncesi ferrit **b)** Benzer bir bölgenin SEM-SE görünümü.



Üretim Yöntemi

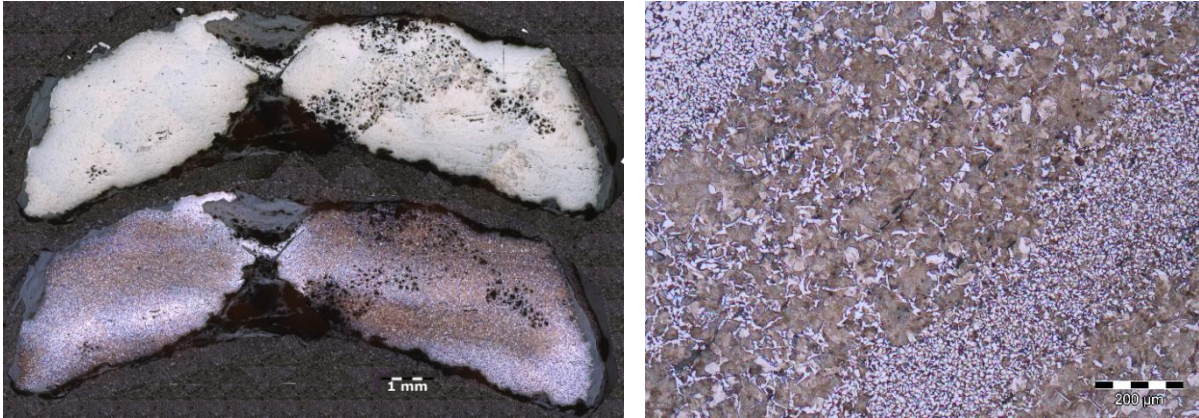
Bu bıçağın üretimi esnasında düşük ve orta karbonlu çelik katmanları kullanılmıştır. Ortada yer alan büyük korozyonlu çatlak üretim esnasında buradan malzemenin açıldığı ve daha yüksek karbonlu bir çeliğin uca gelecek şekilde kaynatıldığını düşöndürmektedir. Kuyruk ise tek bir parça demirden yapılmış ve namluya kaynatılmıştır. Şekillendirme işleminin ardından bıçak östenitleşme sıcaklığının altında (Resim 3.110.a'daki yapı için bu sıcaklık 750 °C civarındadır) bir süre bekletilmış ardından su verme işleminin gerçekleştirilmiştir. İzlerinin ayrıca kuyruk bölümünde gözlendiği bu uygulama ile kaynak bölgelerinde çatlağın önlenmesi hedeflenmiş olmalıdır. Ancak bu uygulamaya rağmen su verme çatlakları oluşmuştur.

3.4.2.1.6 KH No.15

Numune A

Kuyruk kısmı olduğu düşünölen kısımdan alınan numunenin ortası neredeyse tamamen korozyona uğramıştır. Korozyonun ayırdığı bölgelerden birisi diğerine göre cüruf kalıntıları açısından daha kirlidir. Cüruf kalıntılarında oluşan korozyon metal gövdede daha fazla yer kaplamalarına neden olmuştur. Dağlama sonrasında metal gövde içyapısının orta ve az karbonlu yapıların yoğunlaştığı bölgelerden oluştuğu görölmüştür (Resim 3.111.a). Dağınık gibi gözöken bu bölgeler değişik karbonlu yapıların katlanmış görüntüsünü vermektedir. Ötektik kompozisyona yakın orta karbonlu bölgeler ince perlit ve ferrit ağlarından, az karbonlu bölgeler küçük ebatlı ferrit ağırlıklı bir yapıdan oluşmaktadır (Resim 3.111.b).

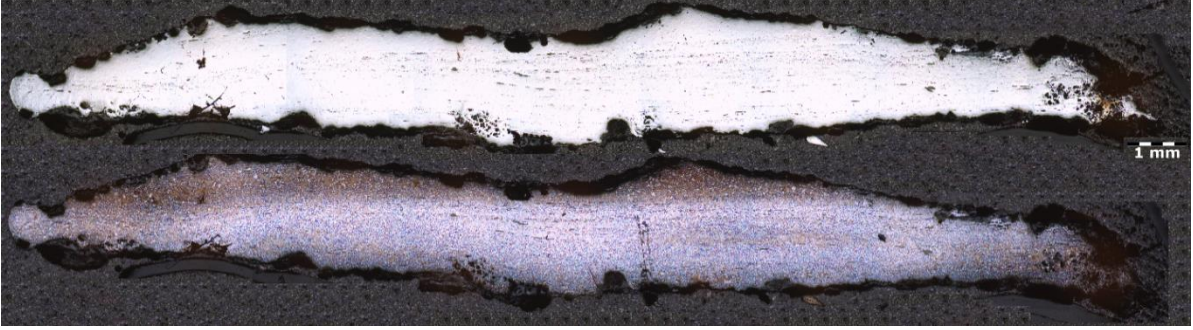
Resim 3.111.a) KH No.13-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü **b)** Katmanlar halindeki farklı karbonlu yapılar.



Numune B

KH No.13 kodlu kesici aletin namlu kısmı olduğu düşünölen bölümden alınan kesitte ise Numune A'da görölen yapılar topluluğunun daha düzenli bir şekilde dövme eksenine dik sıralanışı görölmüştür. Uç kısımlara doğru gidildikçe belirgin bir yapı değişikliği görölmemektedir.

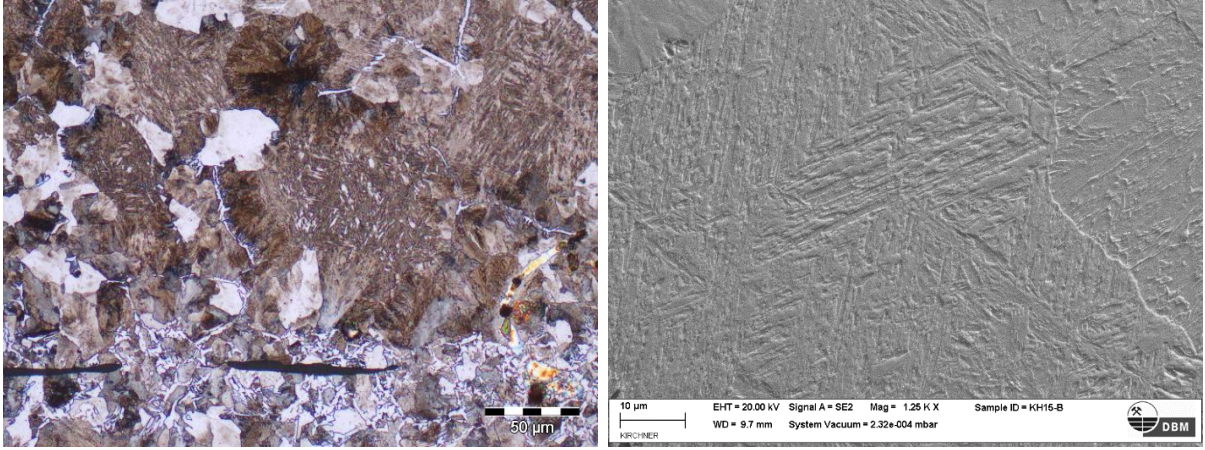
Resim 3.112. KH No.15-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Yaklaştıracı merceklerle yapılan incelemede bu numunedeki orta karbonlu bölgelerden kenarlara yakın olanların martensite dönüşmüş oldukları ortaya çıkmıştır.

Bu numunede az karbonlu bölge daha yoğun olduğu için ortalama sertlik değeri 127 HV ile Numune A değerinden (161 HV) daha düşüktür. Martensitli kenarların daha sert olması beklenmektedir.

Resim 3.113.a) Martensite dönüşmüş perlitli bölge **b)** Aynı bölgenin SEM-SE görünümü.



Üretim Yöntemi

Katmanlı çelikten üretilen kesici alet, şekillendirilirken döverek inceltilmiş olup kuyruk kısmının oluşturulması için ise bir bölümü katlanmışdır. Şekillendirme işleminin bitiminde su vererek orta karbonlu bölgeler sertleştirilmiştir. Her ne kadar günümüze ulaşan hali bitmemiş bir ürünü anımsatsa da içyapısı şekillendirme ve ısıl işlemlerin tamamlandığını göstermektedir. Uçlara doğru herhangi bir dönüşüm gözlemlenmemesi kesme işlevini ağız kenarının değil ağız ve sırtı birleştiren düzlemin gördüğünü düşündürmektedir.

3.4.2.1.7 KH No.16

Üç parça halinde ele geçmiş bıçağın kesitlerinden üretiminde iki farklı demir ve/veya çelik malzeme kullanıldığı görülmektedir. Malzeme özellikleri ileri korozyon nedeniyle incelenememiştir.

Resim 3.114.a) Korozyon nedeniyle kırılmış kesici aletin kesiti **b)** Kesici aletin farklı bir bölümündeki kesit.



Üretim Yöntemi

Kesitlerde sandviç tarzı üretim ile dış kısımda farklı, ağıza denk gelecek iç kısımda farklı bir malzeme kullanıldığı anlaşılmaktadır (Resim 3.114.a ve b). Büyük ihtimalle dışarıda yumuşak az karbonlu çelik içeride ise orta karbonlu çelik kullanılmıştır. Ancak malzemelerin kaynaması için yeterli dövme işlemi yapılmamış şekillendirme işlemi yarıda bırakılmıştır. Bazı kesitlerde ortadaki malzemenin eksik oluşu kaynatma işleminde yapılan bir hata nedeniyle üretimin yarıda bırakıldığını göstermektedir. Bu tip bıçak üretimlerinde şekillendirmenin ardından su verme ile ağızın sertleştirilmesi ve ardından menevişleme gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

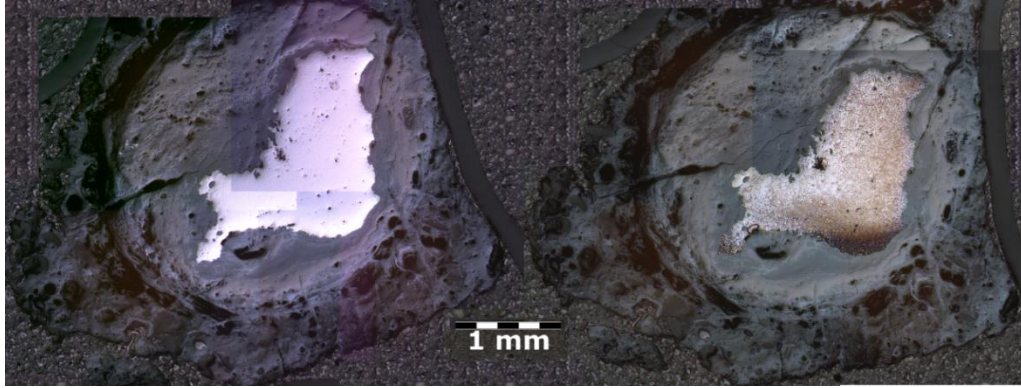
3.4.2.2 Okuçları

Seçilen okuçlarından ikisi yassı kesitli, üç tanesi ise dörtgen kesitlidir. KH No.09 oldukça uzun bir iğneye sahip olup iğne kesiti ve namlu formuna göre *Tip B.1.x* türündedir. Ağırlığı iğne uzunluğunun da etkisiyle 16,72 gramdır. KH No.19 kodlu diğer yassı kesitli okucunun sadece namlu kısmı formunu korumuş olsa da numune alımı için korozyona uğramamış bölge bulunamamıştır. Bu okucunun ağırlığı 10 gram ve sınıfı *Tip B.1*'dir. Kinet Höyük'te ortaya çıkarılan dörtgen kesitli okuçlarının (KH No 04, 07, 08) hepsi *Tip A.1.x* sınıfında olup ağırlıkları 5 ile 13 gram arasında değişmektedir.

3.4.2.2.1 KH No.04-07-08

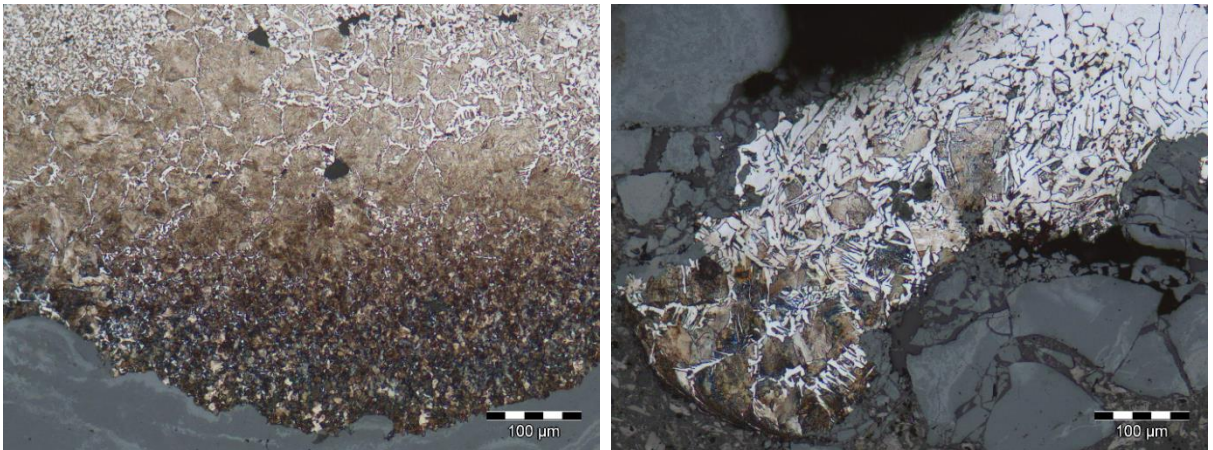
Tip A.x sınıfına ait okuçları malzeme özellikleri ve içyapıları bakımından benzer özellikler göstermektedirler. Bu okuçlarının ine ve uç kısımlarından alınan numunelerde çok sayıda çeşitli geometrilere sahip cüruf kalıntısı gözlemlenmiştir. Dağlama sonrasında içyapıların çoğunlukla az karbonlu olduğu fark edilmiştir. Karbürleme bu okuçlarının hepsinde uygulanmiş, karbonca zengin kenarlara hem uçtan hem de ineden alınan numunelerde rastlanmıştır.

Resim 3.115. KH No.04-A dağlama öncesi ve sonrası görünümü.



Karbürleme sonucu gelişen sert kabukların kalınlığı ve karbon oranı numuneden numuneye değişmektedir. Kabuklarda gelişen perlitler ince perlit olup ferrit taneleri Widmanstatten görünümü sergilemektedirler.

Resim 3.116.a) KH No.04-A kodlu numunede perlitli kabuk **b)** KH No.07-A kodlu numunede karbürleme sonucu gelişen perlitli yapı.



KH No.04-A ve B'de yapılan SEM-EDX lmleri düşük manganlı bir malzeme kullanıldığını göstermiştir. Sertlik karbürlemeye bağlı olarak inede 130 HV uçta ise 195 HV civarı llmştr.

Üretim Yöntemi

Dörtgen kesitli okuçları yumuşak lappeden doğrudan dövülerek üretilmiştir. Şekillendirme işleminin ardından okuçları ocakta karbürleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Numunelerde farklı karbon oranına sahip kabukların tespit edilmesi hangi sıcaklıkta ve ocakta ne kadar durduklarıyla alakalıdır. Ayrıca bu durumun sebeplerinden başka bir tanesi de korozyon tabakalarının numuneleri farklı şiddetlerde etkilemesidir.

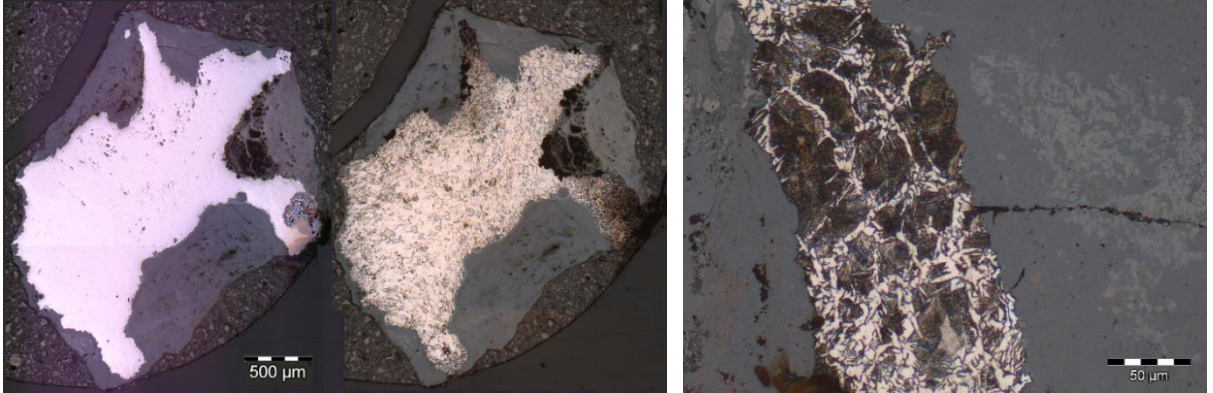
Karbürleme ile kabukları sertleştirilen okuçları daha sonra havada soğutulmuşlardır.

3.4.2.2.2 KH No.09

Numune A

Tip B.1.x sınıfındaki okucunun uzun iğnesinden alınan kesitin dağlanması ile orta bölümde ferrit ağırlıklı bir yapı, iki kenarda karbürleme nedeniyle oluşan perlitli yapı ortaya çıkmıştır (Resim 3.117.a). Diğer kenarlarda uygulanan ısıl işleme bağlı olarak küçük boyutlu ferrit taneleri gözlemlenmiştir (Resim 3.117.b).

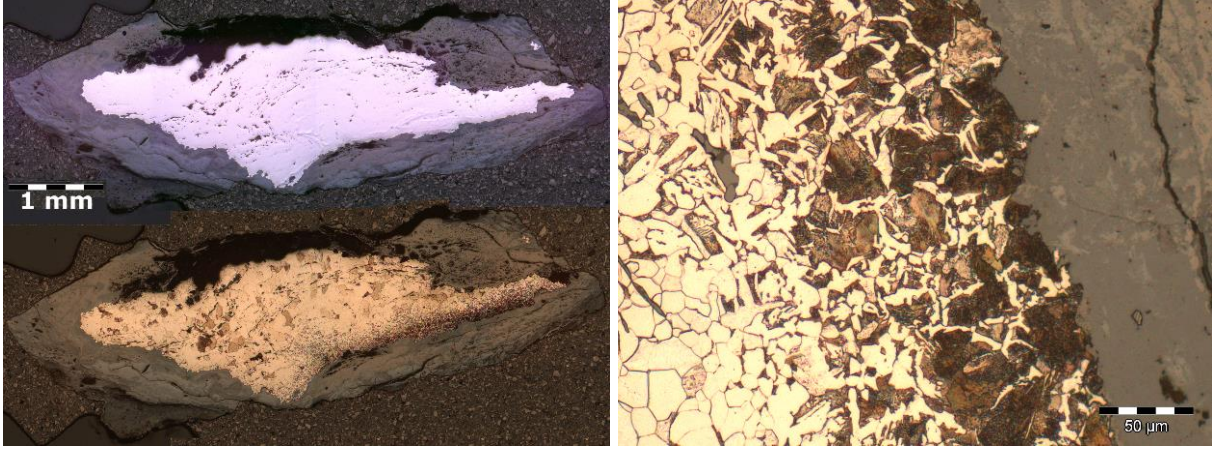
Resim 3.117.a) KH No.09-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü b) Aynı numunede karbürleme bölgesi.



Numune B

Namlu kısmından alınan kesitte benzer yapılar görülmüştür. Bu kesitte tek yüzeyde karbürleme işleminin yapılmış olduğu daha belirgindir (Resim 3.118.a). Diğer yüzeyde ise korozyonun neden olduğu malzeme kaybı karbür izlerini silmiş olmalıdır (Resim 3.118.b).

Resim 3.118.a) KH No.09-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü **b)**Aynı numunede karbürleme bölgesi.



Üretim Yöntemi

KH No.09 kodlu yassı kesitli okucu dörtgen kesitli okuçlarında olduğu gibi doğrudan yumuşak luppeden dövülerek şekillendirilmiştir. Kullanım esnasında istenilen sertliğin sağlanması için ise karbürleme ile kabuk sertleştirme işlemi uygulanmıştır. Karbürleme işlemi sonunda ocaktan sıcak halde çıkarılan okucu havada soğutulmuştur.

3.4.2.3 Çiviler

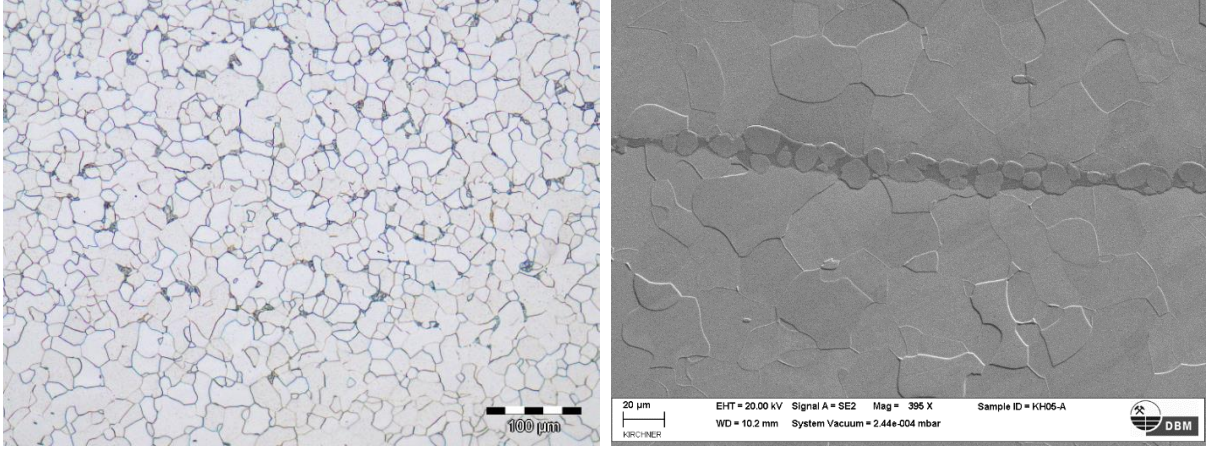
Kinet Höyük buluntuları arasından sadece bir çivi incelenmek üzere seçilmiş olup KH No.05 kodlu bu çivi Tip B türündedir. Aynı zamanda bu çivi incelenen çivi örnekleri arasında yuvarlak kesite sahip olan tek çividir.

3.4.2.3.1 KH No.05

Numune A

Çivinin uç bölgesinden enlemesine alınan kesit eş eksenli ferrit tanelerinden ve az miktarda perlitten oluşan bir içyapıya sahiptir (Resim 3.119.a). Karbon oranı %0,05'i aşmamaktadır. Şekillendirme sonrası herhangi bir ısı işlem izi görülmemekle birlikte çok sayıda uzamış cüruf kalıntısı kesit boyunca uzanmaktadır (Resim 3.119.b).

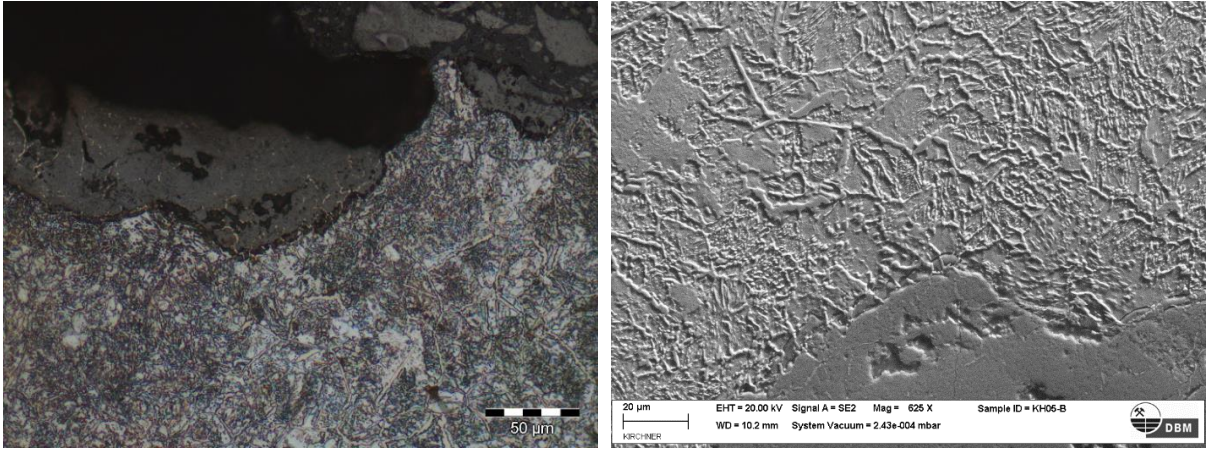
Resim 3.119.a) Eş eksenli ferrit ve sınırlarında *küçük* perlit taneleri **b)**Sadece ferrit tanelerinden oluşan bölgede uzamış iki fazlı cüruf kalıntısı.



Numune B

Numune A'ya benzer şekilde eş eksenli ferritlerin ağırlıklı olduğu içyapının en büyük farkı birkaç noktada gözlenebilen kuvvetli karbürleme sonucu oluşmuş perlit ve sementit ağlarıdır (Resim 3.120.a). Ötektik üstüne çıkan bu yapıda perlitte ait sementitlerin yumrulaşma eğiliminde olduğu SEM-SE görüntüsünde ortaya çıkmıştır (Resim 3.120.b).

Resim 3.120.a) Karbürleme sonucu ötektik üstüne çıkmış kompozisyona ait içyapı **b)** Aynı yapının SEM-SE görüntüsünde yumrulaşmış eğilimli perlit.



Üretim Yöntemi

Yumuşak luppeden şekillendirilmiş çivinin baş kısmındaki görülen güçlü karbürleme yapıları farklı üretim süreçlerinde gerçekleşebilir. Çivilerin en yaygın şekillendirme tekniği göz önüne alındığında luppeden dövülmüş çubuktan çivi boyunda kesilen gövdenin baş olacak kalınca kısmının uzun bir süre demirci ocağında kalması esnasında bu bölgenin karbürlendiği

ve ardından baş kısmının dövüldüğü düşüncesi akla yatkın gelmektedir. Çivinin bu kadar uzun süre ocakta kalması ise seri bir üretim gerçekleştiği ve çok sayıda kesilmiş çivi gövdesinin ocakta beklediği şeklinde açıklanabilir. Perlitlerde görülen yumrulaşma eğilimi ise demircinin başı şekillendirdikten sonra ocağın daha soğuk bir kısmında çiviye menevişlemesi ile açıklanabilir. Büyük ihtimalle başı döverken bu bölgenin çok sert olduğunu fark etmiş ve kullanım esnasında kırılmaması için bu yola gitmiştir.

3.4.2.4 At Nalı

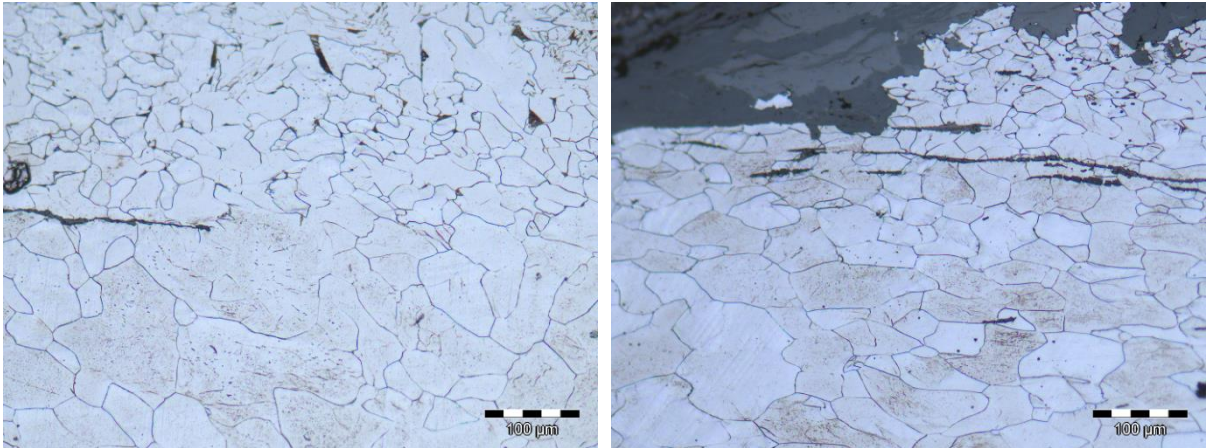
Kilikya bölgesinden Memlûklülere nal ihracatı yapıldığı yazılı belgelerde belirtilmektedir (Redford et al. 2001). Ayrıca Kinet Höyük Orta Çağ buluntuları arasında çok sayıda nal yer almaktadır. Bu nedenle ilgi çekici bu demir alet türlerinden bir tanesi incelenmek üzere seçilmiştir. Seçilen KH No.02 kodlu nalın çivi delikleri dörtgendir.

3.4.2.4.1 KH No.02

Numune A-B

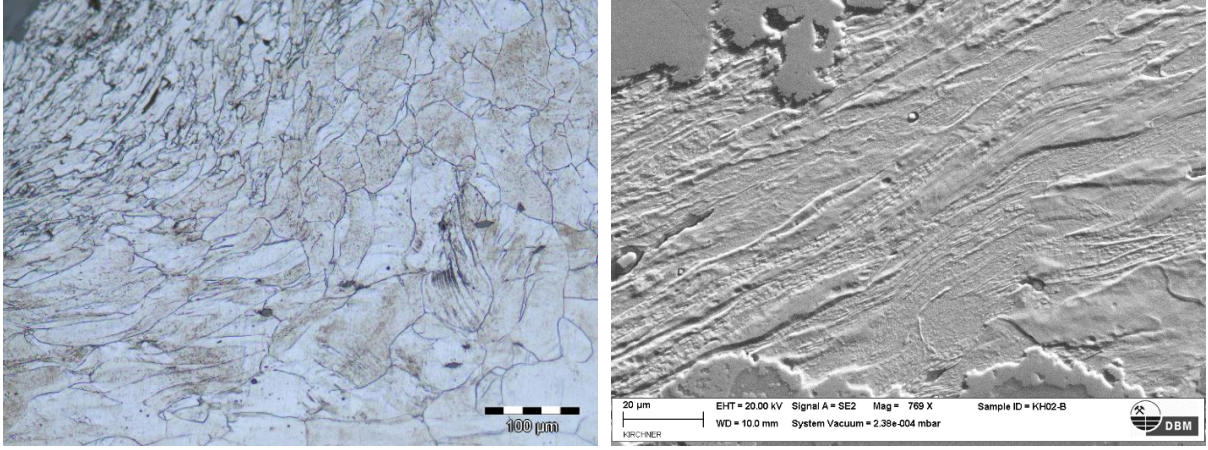
At nalının iki farklı bölümünden alınan numunelerin ikisi de ferrit tanelerinin hâkim olduğu çok az karbonlu bir yapıya sahiptir (Resim 3.121.a ve b). Cüruf kalıntılarının uzamış görünüm sergilediği bu numunelerde ferrit tanelerinin boyutlarında bazı bölgelerde farklılıklar görülmektedir.

Resim 3.121.a) KH No.02-A'da farklı tane boyutlarına sahip ferritli yapı ve uzamış cüruf kalıntıları **b)** Aynı özellikteki yapıların KH No.02-B'deki görünümü.



Orta bölümlerde çok hissedilmemekle birlikte ferrit tanelerinin geçirdiği kullanıma bağlı deformasyon her iki numunede de kenarlarda görülmektedir (Resim 3.122.a ve b).

Resim 3.122.a) KH No.02-A'da deforme olmuş ferrit taneleri **b)** KH No.02-B'deki deforme olmuş tanelerin SEM-SE görünümü.



Üretim Yöntemi

Yumuşak luppeden doğrudan dövülen at nalı şekillendirme sonrası dörtgen kesitli bir delme aleti ile çivi delikleri açılmış ve havada soğutulmuştur. KH No.02 kullanım esnasında tırnağında bulunduğu hayvanın ağırlığı nedeniyle özellikle kenarlarda deforme olmuş ve uzamıştır. Yarım ay şeklindeki formunun bir parçasının kırılışı kullanımının sonunu getirmiştir.

3.4.2.5 Tanımsız Objeler

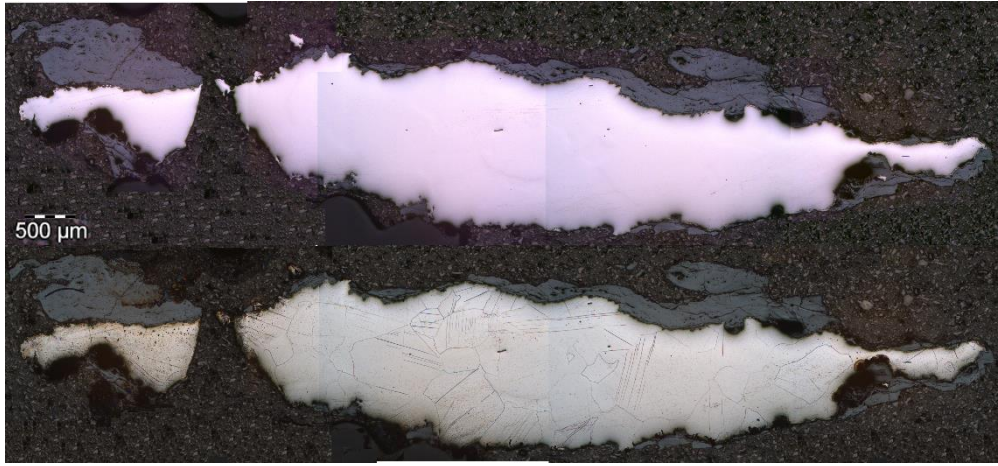
KH No.01 kodlu tanımsız obje çeyrek dairesi formda bir plakadır. KH No.14 daha önce bahsedilen demir külçe olduğu iddia edilen objedir. Objenin iç hacminde biriken toprak temizlendiğinde bunun içi boş koni formuna sahip olduğu görülmüştür. Bir külahı andıran tamamen korozyona uğramış obje demir bir plakanın dövülerek döndürülmesiyle elde edilmiştir. Bu objeye benzer şekilde üretildiği görülen KH No.17 kodlu objenin kesitinden kıvrılmış demir levha görülebilmektedir. Bu obje tamamen korozyona uğramıştır. Kenarları eş olmayan bir sekizgen prizması formundaki KH No.18 daha büyük bir parçaya ait olup kırıldığı izlenimi vermektedir. Bütün tanımsız objeler kazı alanında metalürjik faaliyet izlerinin en yoğun görüldüğü G2 açmasında 1998 yılı kazı çalışmalarında ele geçmiştir. Bu açmada çekiç artığı cürufu, alana dağılmış cüruf parçaları ve yer yer ısıl işlem izleri tespit edilmiştir. Tanımsız objelerin işlevlerinin formlarından tahmin edilememesi buldukları alanla ilişkili olarak bu objelerin üretim artığı, hatalı üretim olmalarından kaynaklanıyor olabilir. Örneğin KH No. 14 ve 17 homojenleşmesi için kıvrılarak dövülen bir demir plakadan arta kalanlar olabilir. Bu objelerin malzeme özellikleri değerlendirilirken bu hususlar göz önünde bulundurulacaktır.

3.4.2.5.1 KH No.01

Numune A-B-C

Plakanın üç farklı bölgesinden alınan kesitler metalografi yöntemi ile incelenmiştir. Numunelerin her biri dağlanmadan önce cüruf kalıntısı açısından temiz bir görünüm sergilerken dağlanması ile birlikte içyapılarının *çok iri* ferrit tanelerinden oluştuğu ortaya çıkmıştır (Resim 3.123) Bu boyuttaki ferrit taneleri fosfor içeriğinin işaretidir. Fosforun da etkisiyle yapının az karbonlu demirlerden daha sert olması beklenmektedir.

Resim 3.123. KH No.01-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Ferrit tanelerinin boyutları dışında bunlarda boydan boya uzanan Neumann bantları dikkat çekicidir. Neumann bantlarına diğer numunelerde de rastlanmıştır. Ferrit tanelerinin eş eksenli oluşu bu bantların aletin soğuk haldeyken kesite dik eksen yönünde darbeler aldığını göstermektedir. Ayrıca ferrit tanelerinin içerisinde nitrit ya da karbonitrit çökeltileri gözlemlenmiştir (Resim 3.124).

Resim 3.124. KH No.01-C'de karbonitrit iğneleri (üstte) ve Neumann bantları (altta).



Üretim Yöntemi

Bu numune fosforlu demirden üretilmiş bir aletin parçasıdır. Döverek ince plaka getirilmiş bu parça daha sonra tavlansmıştır. İçyapıda görülen Neumann bantları ait olduğu aletin vurularak kullanıldığını işaret etmektedir. Numunelerin alındığı parçanın yuvarlak kenarı hafifçe keskinleştirilmiştir. Dolayısıyla vurma ve kesme işlevleriyle ilişkili KH No.01'in balta veya benzeri bir alet olduğu söylenebilir.

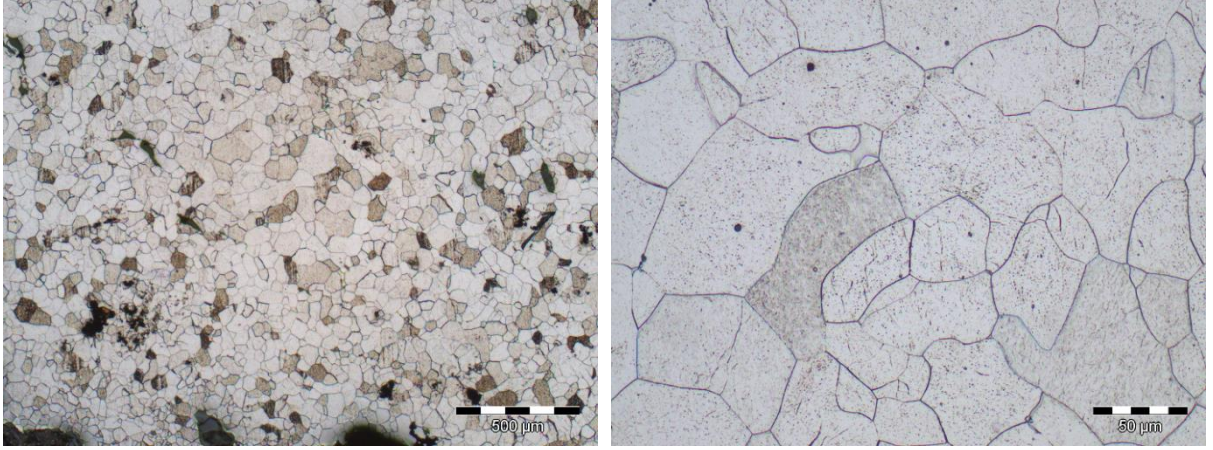
3.4.2.5.2 KH No.14-17

Metal plakanın döverek kıvrılmasıyla oluşturulmuş iki obje tamamen korozyona uğramıştır. Bu nedenle malzeme özellikleri tespit edilememiştir. Korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme kayıpları özellikle KH No.17'nin formuna zarar vermiştir. Buna rağmen bu objenin KH No.14 benzer formda külahımsı bir formun uç kısmı olduğu düşünülebilir. Bu tarz külah formları ait olduğu orak veya çapa gibi aletlerde ahşap bir sopanın tutturulmasına yarayan soket işlevi görmektedirler (Goodall 2011: 91).

3.4.2.5.3 KH No.18

Düzensiz olmayan bir altıgen prizması formundaki objeden alınan numunenin dağlanmamış görüntüsünde çok sayıda açılı ve yarı küresel çok fazlı cüruf kalıntısı gözlemlenmiştir. Dağlama sonrasında bütün içyapının benzer boyutlarda eş eksenli ferrit tanelerinden oluştuğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yapının neredeyse hiç karbon içermediği söylenebilir.

Resim 3.125.a) KH No.18-A'nın dağlanmış ıçyapısı **b)** oğunluğu orta boyutta eş ekstenli ferrit taneleri.



Üretim Yöntemi

Luppeden doğrudan dövülen KH No.18'in bu haliyle oldukça yumuşak olması beklenmektedir. Numunede herhangi bir deformasyon izinin görülmemiştir. Bu nedenlerle gözleme dayalı olarak söylenen başka bir aletin kırılmış bir parçası olması mümkün değildir. Objeyi altıgen hale sokan kenarlar sıcak haldeyken kesme işlemiyle şekillendirilmiştir. Altıgenin ortasında yer alan halka izinin iç kısmı dışarıya doğru hafif bir bombe yapmaktadır. Şekillendirme esnasında burada bir daire formunda boşluk açılması istenmiş olabilir. Bu hali ile şekillendirilmesi yarıda bırakılmış izlenimi vermektedir.

3.4.2.6 Metalürjik Buluntular

Kinet Höyük Ortaçağ tabakalarında özellikle iki bölgede cürüflara yoğun bir şekilde rastlanmıştır. Bunlardan ilki höyük zirvesinin kuzeyinde yer alan G2 ve G3 açmalarıdır. Bu açmalarda dağınık bir şekilde cüruf ve demir objeler dışında seramik, cam, kemiklerle birlikte cüruf dolu atık çukurları da bulunmuştur. Diğer yoğun demir içerikli cüruf açısından zengin alan ilki kadar olmasa da güneydoğu açmalarından K2'dir. Bu açma Orta Tunç Çağı tabakalarının hemen üzerine kurulmuş Ortaçağ yerleşimlerine aittir.

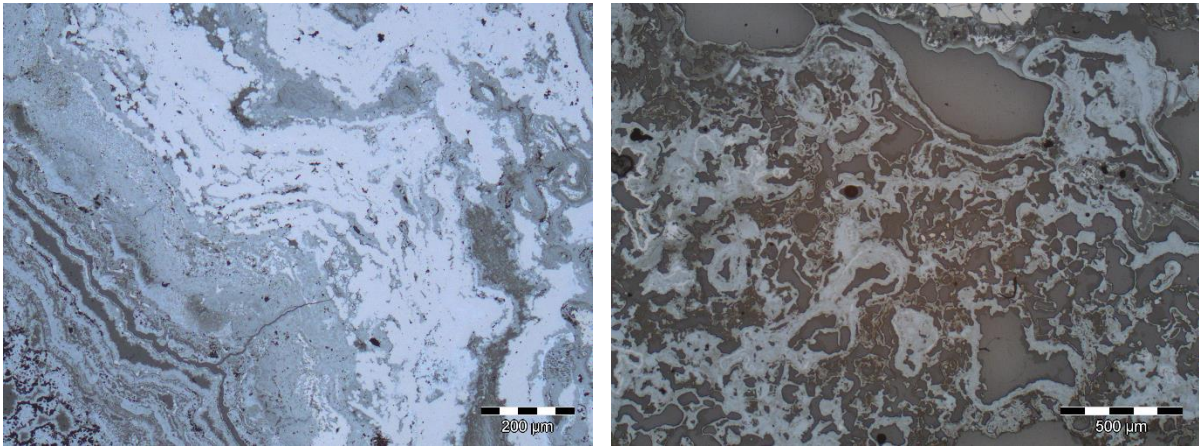
İncelenmek üzere seçilen cüruflar çoğunlukla daha büyük cüruflardan kopmuş, kırılmış küçük parçalardır. G2 açmasında iri çakıl taşlı zeminde ele geçen KH-CU No.01 ve 02 bu yolun bir malzemesi olarak değerlendirilebilir. KH-CU No.01 kodlu cürufla bütünleşmiş bir kemik parçasında herhangi bir ısı etkisi görülmemiştir. Bu da kaynaşmanın üretim harici bir ortamda (atık ortamında ya da yolda) gerçekleştiğini göstermektedir. Buna benzer kemik parçalarının yüzeylerde toprakla birlikte yapışma durumu yer yer diğer cüruflarda da gözlemlenmiştir. G2

açmasında ele geçen diğer cürüfler KH-CU No.06, 07 ve 08 kodlu cürüflardır. Bunlardan KH CU No. 07 ve 08 çok miktarda yanmış odun kömürü ve yanık izleri taşıyan taş ve tuğla ile birlikte bulunmuştur. KH-CU No.07 demirci ocağı cürufu; içbükey-dışbükey formunda olup kesitindeki gözeneklerin dağılımı da bu tahmini güçlendirmektedir. KH-CU No.06 ise seramik, cam ve kemiklerin depolandığı atık çukurunda ele geçmiştir. G3 açmasında bulunan örneklerden seçilen tek cüruf parçası KH-CU No.04'tür. K2 açmalarında ele geçen cürüfler küçük parçalar olan KH-CU No.03 ve 05'tir.

Cürüflardan alınan toz numunelerde yapılan XRD analizlerinde Götüt mineralinin tespit edilmesi buluntuların ileri düzeyde korozyona uğradıklarını göstermektedir. Kazı alanının denize çok yakın oluşu ve bölgeye nemli bir iklimin hâkim oluşu demir içerikli buluntuları olduğu kadar cürüfları da etkilemiştir. İnce kesit görüntülemesi alınan cürüflardan KH-CU No.01, 02, 04 ve 06'da korozyonun tüm içyapıları sildiği görülmüştür.

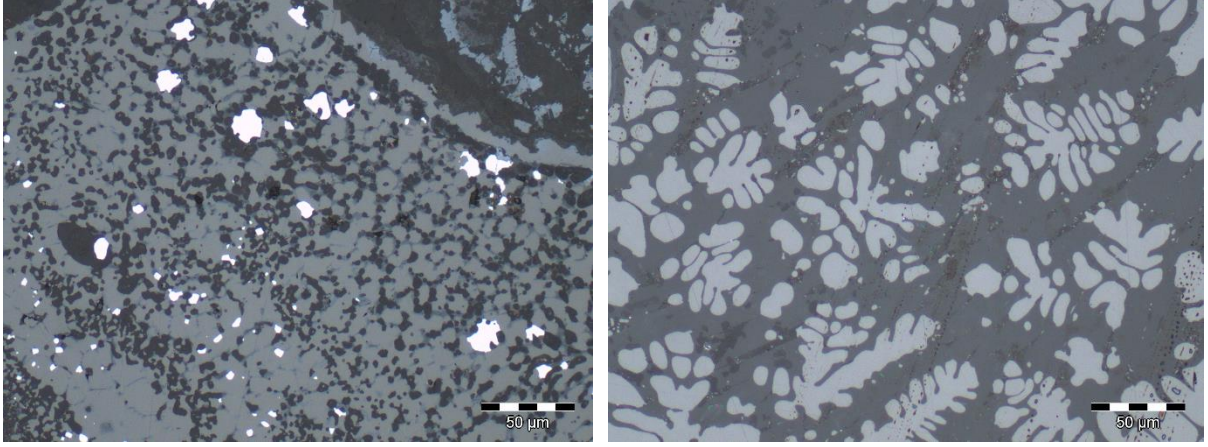
Diğer cürüflarda yoğun korozyon bölgelerinin arasında demirci cürüflarında genellikle rastlanan ve XRD analizlerinde de ortaya çıktığı üzere metalik demir, vüstit dendritleri, manyetit ve fayalit kristalleri gözlenmiştir.

Resim 3.126.a) Korozyonun etkilediği KH-CU No.01 **b)** Aynı durumdan etkilenmiş olan KH-CU No.02.



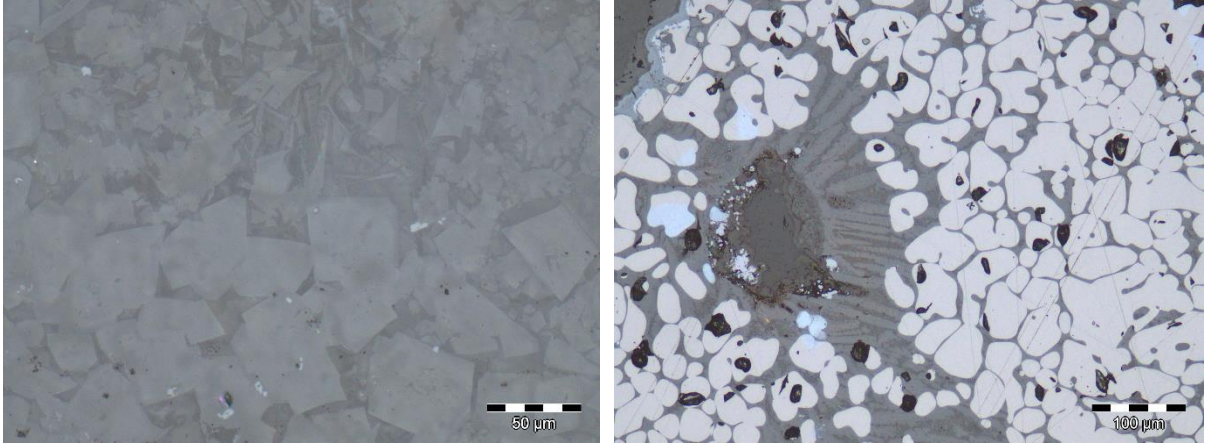
En yoğun metalik demirin görüntülediği örnek KH-CU No.03'te muhtemelen vüstit olan yapılar da metallerle benzer formlardadır (Resim 3.127.a). Bu durum vüstitin indirgenerek metale dönüşmeye başladığını ancak sürecin yarıda kaldığını göstermektedir. Bu nedenle bu cürufun luppe parçalarına yapışmış izabe işleminden gelen bir metalürjik buluntu olması oldukça kuvvetli bir ihtimaldir. Kimyasal analizler ile en yüksek demir oksit içerdiğinin ortaya çıkması da bu düşüncayı desteklemektedir.

Resim 3.127.a) KH- CU No.03'te bir kısmı indirgenerek metalik demir oluşturmuş vüstit ağırlıklı bölge **b)** KH-CU No.05'de iri vüstit dendritleri.



KH-CU No.05'te iri vüstit dendritleri ve fayalit kristalleri cam matriks üzerinde yer almaktadır (Resim 3.127.b). Bu cürufa benzer içyapıya sahip KH-CU No.07'de aynı zamanda köşeli manyetit kristallerince zengin bölümler de gözlenmiştir (Resim 3.128.a). Vüstit formlarından yavaş soğuduğu belli olan KH-CU No.08'da korozyonun ilk olarak boşlukların etrafındaki yapıları etkileyişi görülmüştür (Resim 3.128.b).

Resim 3.128.a) KH-CU No.07'de köşeli manyetit kristalleri **b)** KH-CU No.08'de iri vüstit yapılarının korozyondan etkilenişi.



İncelenen cürufların demirci ocağı kaynaklı olduğu düşünüldüğünde hiçbir ince kesitte demir puluna rastlanmayışı ilginç bir olgudur. Bu durumda cürufların demir alet şekillendirme esnasında değil luppe saflaştırma işleminde oluştuğu fikri ağır basmaktadır.

Çoğunluğu daha büyük parçalardan kopmuş olan cürufların morfolojilerine göre değerlendirme yapmak oldukça güçtür. Ayrıca bazılarındaki doku korozyon nedeniyle kaybolmuştur. KH-CU No.02 düz-düz formda olup kesitinde bir yarısı diğerine göre daha

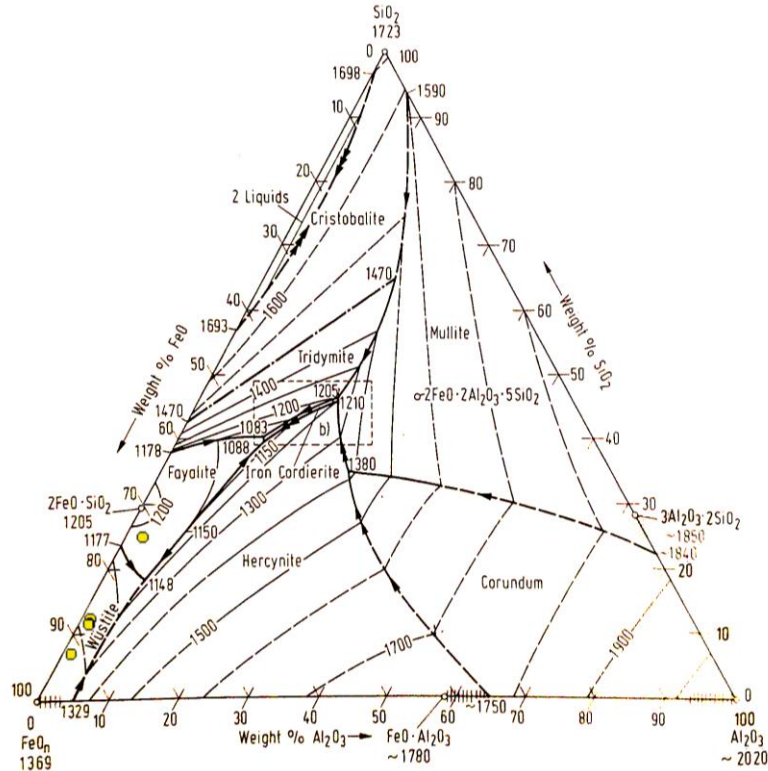
gözeneklidir. Tüm cüruf pas rengindedir. Bu hali ile ocağın yüksek sıcaklıklara çıktığı kaynak gibi süreçlerde demirin bolca cürufa karıştığı bir süreçte meydana geldiği sanılmaktadır.

İçbükey-dışbükey formda küçük bir cüruf olan KH-CU No.07 ise yoğun gri gözenekli bir alt yüzeye sahiptir. Boyutu da dikkate alındığında kısa süreli bir demir şekillendirme sürecinde oluştuğu söylenebilir.

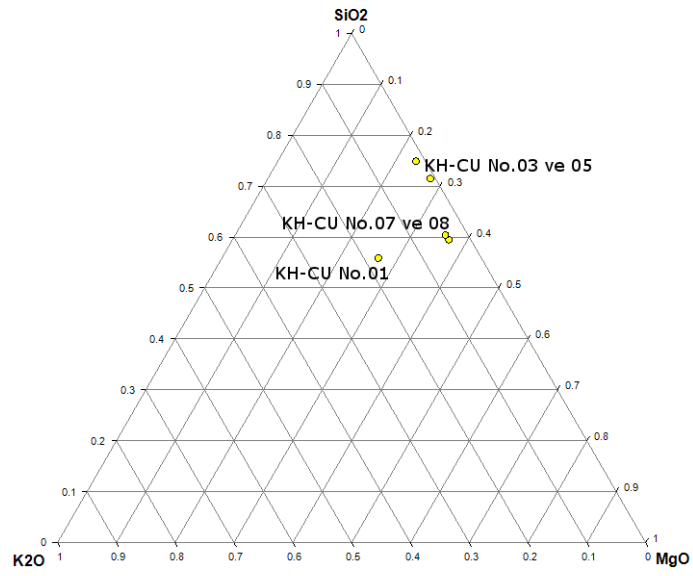
Oksit kompozisyonu ölçülen beş cürufun $\text{FeO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ grafiğindeki konumları oluşum süreçleri konusunda bilgi vermektedir (Şekil 3.7). Bu grafiğe göre vüstit bölgesinde yer alan KH-CU No.03, 05, 07 ve 08 benzer süreçlerde oluşmuşlardır. Öte yandan KH-CU No.01 yüksek silika oranı ile fayalit bölgesinde yer almaktadır.

Aynı cürufların $\text{K}_2\text{O-MgO-SiO}_2$ grafiğindeki yerleri ile üretimde kullanılan cevher ve demirci ocağının malzemelerinin benzerliklerinin tespit edilmesi hedeflenmektedir. Bu grafikte K2 ve K3 açmalarında beraber ortaya çıkarılan KH-CU No.03 ve 05 ile G2 açmalarında bulunan KH-CU No.06 ve 07 kodlu cürufların içerik olarak birbirlerine yakın oldukları görülmüştür. G2 açmasından gelmesine rağmen KH-CU No.01 diğer cüruflardan oldukça ayrı bir noktada konumlanmıştır (Şekil 3.8).

Şekil 3.7. Kinet Höyük cüruflarının $\text{FeO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ grafiğinde gösterimi.



Şekil 3.8. Kinet Höyük cürufplarının K_2O - MgO - SiO_2 grafiğinde gösterimi.



3.5 Hisn al-Tinat

2006 yılında Kinet Höyük'ün yaklaşık 800 metre kuzeyinde Tüpraş arazisi içinde kalan bir alanda yapılan sondaj çalışmaları Kinet Höyük'te yerleşimin bulunmadığı Erken Orta Çağ dönemine dair bazı kanıtlar sunmuştur. 2008 yılında "Tüpraş Field" olarak adlandırılan bu kazı alanında Dr. Asa Eger başkanlığında başlayan arkeolojik kazılar 2011 yılına kadar sürmüştür. Bu alandaki yerleşimin Hisn al-Tinat olduğu düşünülmektedir.

Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat arasında genişçe bir düzlük bulunmaktadır. Topografi özellikleri dikkate alındığında ikisinin de denize uzaklığı aynıdır. Geçmişte Tüm Çayı ya da Deli Çayı'nın eski yataklarının denizle buluştuğu noktada bir körfez olduğu ve bu körfezin güney sınırında Kinet Höyük kuzey sınırında ise Hisn al-Tinat bulunduğu düşünülmektedir. Hisn al-Tinat bir tepede içkale yerleşimi olan Kinet'in aksine nehrin taşmalarından koruyacak kadar hafif bir yükseltide, düz arazide kurulmuştur (Gates 2007). Bu yönüyle oldukça korunaklı, ulaşılması zor Erken İslam / Bizans yerleşim modeli yerine Roma / Geç Roma tipi nehir kıyısında, ulaşımı kolay, düzlükte inşa edilmiş yerleşim modelini takip ettiği söylenebilir.

Konum olarak Kinet Höyük'ün sahip olduğu stratejik öneme sahip kıyasal dar bir koridor üzerinde yer alan Hisn al-Tinat İslam uygarlıkları ve Bizans imparatorluğu sınırında yerleşimcileri tarafından korunmaya çalışılmış Arapça *thaghr* diye tabir edilen bir kıyı sınır kasabasıdır. Bu nedenle buranın 9.-10. Yüzyıl Arap coğrafyacılar tarafından bahsedilen surlarla çevrili liman kenti; Hisn al-Tinat (İncirler Hisarı) olduğu düşünülmektedir. Kayıtlarda Amanos dağlarında kesilen kerestelerin bu limandan gemilere yüklendiği ve ayrıca burada dövüşmeyi bilen güçlü savaşçılar olduğu belirtilmektedir (Eger 2010). Kıyıda yaklaşık 3 km uzaklıktaki Amanos Dağından kesilen çam ağaçları nehir kullanılarak bu liman kentine getirilmiş ve buradan kereste açlığı çeken Suriye, Mısır gibi bölgelere ihraç edilmiş olmalıdır. Bu nedenle buranın hem askeri hem de ekonomik olarak önemli bir yerleşim olduğu düşünülebilir.

Hisn al-Tinat'ta ele geçen tarihlendirme açısından zengin seramik ve sikke buluntuları 8. yüzyıl ile başlayan 400 yıllık kesintisiz bir yerleşimi işaret etmektedir. Erken İslam dönemi izleri taşıyan kuruluşunun ardından bölgede istikrarsızlığın hâkim olduğu 11. yüzyılda el değiştiren ya da farklı toplumların yerleşimlerine açık hale gelen Hisn al-Tinat 12. yüzyılın başında büyük ihtimalle güvenlik nedenleriyle yapı malzemeleri taşınarak tahrip edilmiş ve terk edilmiştir (Eger 2008).

Kazılarda beş farklı tabaka tespit edilmiştir. En eski tabaka olan Faz V Hisn al-Tinat'ın ilk yerleşimine Erken İslam / Abbasi dönemine, tarih olarak 8. yüzyıla aittir. Faz IV'de yaklaşık bir

yüzyıl sonra ilk surlar inşa edilmiş ve Hisn al-Tinat surlarla çevrili liman kenti hüviyetini kazanmıştır. Faz III'de liman surları kare planla tekrar inşa edilmiş, her köşeye birer kule eklenmiştir. Ayrıca bu faza ait olarak surların dışında da yerleşim birimleri tespit edilmiştir. 9. ve 10. yüzyıla tarihlendirilen Faz III buluntuları arasında Irak ve Ürdün gibi Erken İslam dünyasının uzak bölgelerinden gelen sırlı ve sırsız seramikler bulunmaktadır. 11. ve 12. yüzyılın başlarında Faz II'de yerleşim alanında herhangi bir genişleme eğilimi görülmemekle birlikte liman içi mekânlarının tekrar işlevlendirildiği tespit edilmiştir. Bu dönemde Hisn al-Tinat'ın kültürel yapısındaki radikal değişiklikler dikkat çekicidir. Faz II'deki ele geçen üzerinde haç şeklinde kazımlar bulunan seramik kaplar, domuz kemikleri burada yaşayan Hıristiyan toplumu işaret etmektedir. Hisn al-Tinat'ın el değiştirmiş olabileceği ihtimalini kentin ticaret ağlarının Bizans dünyasını kapsayan bir yönelime gittiğini gösteren buluntular ve sikkeler da desteklemektedir. Faz II'nin sonunu getiren depremden sonraki dönem olan Faz I yapı malzemelerinin (özellikle kireç taşı bloklarının) söküldüğü ve yapıların yok edildiği dönemdir. Yapı taşı hırsızlığı işleminin oldukça sistematik bir şekilde yapıldığının tespit edilmesi bu işi yapanların kenti ve yapısını çok iyi bilen belki de daha önce burada yaşayan insanlar olduğunu akla getirmektedir. Kinet Höyük'ün Ortaçağ tabakası başlangıcının aynı döneme denk gelmesi ve başlangıç tabakaları yapı malzemeleri arasında karakteristik olarak devşirme kireç taşı bloklarına rastlanması Kinet Höyük'e doğru bir göç ihtimalini güçlendirmektedir (Gates & Eger 2012). Yukarıda bahsi geçen beş faz yaklaşık olarak Tablo 3.7'de tarihlendirilmektedir.

Tablo 3.7. Hisn al-Tinat'ta bulunan fazların tarihsel dönemleri.

Kültürel Tabakalar	Dönemleri
Faz I	12. yüzyıl (ortalarından itibaren)
Faz II	11. yüzyıl – 12. yüzyıl ortaları
Faz III	9. yüzyıl sonları -10. yüzyıl
Faz IV	9. yüzyıl
Faz V	8. yüzyıl

Genel olarak Hisn al-Tinat buluntularının çeşitliliği ve zenginliği buranın oldukça hareketli limanlardan birisi olduğunun habercisidir. Yüksek kaliteli seramik ve cam işçiliği ürünleri ya buradaki askeri birlik ve ailesi tarafından kullanılmış ya da burada gerçekleşen ticaret aktivitelerinde bir çeşit değiş tokuş nesnesi olarak değerlendirilmişlerdir. Bütün tabakalarda çeşitli sınıflarda endüstriyel üretime yoğunlaşmış atölyeler tespit edilmiştir. Özellikle tekstil ve

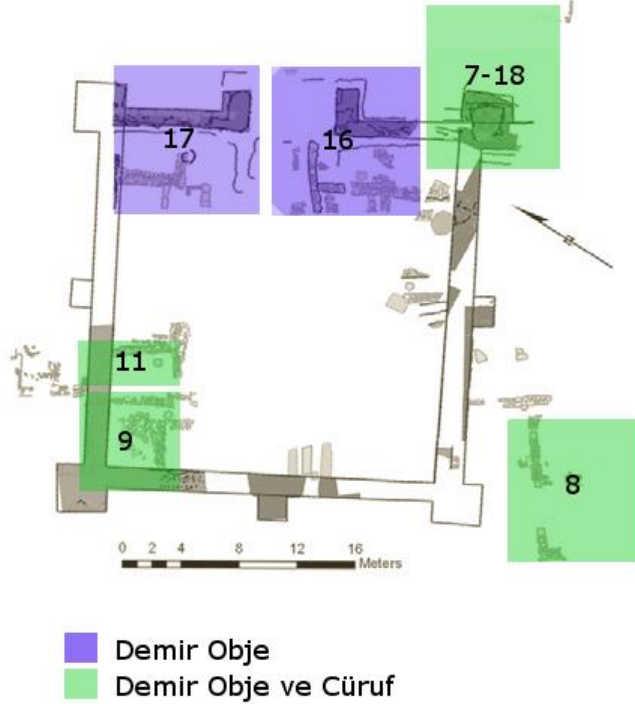
metal üretimine ait çok sayıda obje bulunmuştur. Demir obje buluntu sayısındaki yoğunluk Kinet Höyük'tekine benzer bir demir üretim geleneğine işaret etmektedir.

3.5.1 İnceleme İçin Seçilen Buluntular

Kinet Höyük'teki demir buluntuların maruz kaldığı sulu korozyon ortamının benzerinden Hisn al-Tinat objelerini de etkilenmiş olup incelemek üzere seçilen objeler arasında tamamen korozyona uğramış olanlar bulunmaktadır.

14 adet demir içerikli buluntu Hisn al-Tinat'taki üretim yöntemleri hakkında bilgi edinmek üzere seçilmiştir. Bu objeler yoğun olarak II. ve I. fazlara ait olup, III. fazdan da bir bıçak bulunmaktadır. Demir objelere ek olarak seçilen cüruf lar ise daha erken tabakalarda (III.- IV/V. fazlar) yoğunlaşmaktadırlar. Seçilen demir obje ve cüruf ların çıkarıldığı açmalar genel kazı alanında iyi bir dağılım göstermektedir. Demir içerikli buluntulara rastlanılan on üç açmanın altısında ele geçen örnekler bu çalışma kapsamında incelenmektedir (Plan 3.5).

Plan 3.5. Hisn al-Tinat kazı planı ve incelenen buluntuların çıkarıldığı açmalar.



Hisn al-Tinat demir objeleri arasında çok sayıda çivi, zincir, at nalı, bıçak gibi unsurlar bulunmaktadır. Kesici aletler, çivi, nal gruplarından seçilen örneklerin yanı sıra 6 adet kullanım amacı tespit edilememiş obje de çalışmaya dâhil edilmiştir (Tablo 3.8).

Tablo 3.8. İnceleme için seçilen buluntu türleri, sayıları ve numune sayıları.

Buluntu Türü	Buluntu sayısı	Numune Sayısı
Kesici alet	3	9
Çivi	4	10
Nal	1	2
Tanımsız Obje	6	9
Cüruflar	8	8
Toplam	22	38

3.5.2 Buluntular Üzerinde Uygulanan Analizler

3.5.2.1 Kesici aletler

Hisn al-Tinat kazı buluntuları arasından seçilen üç kesici aletin üçünde de kullanım aşınması görülmektedir. Bu bıçaklardan TF No.07 kodlu *Tip A.y* türünde bıçağın bulunduğu yer itibariyle II. faza ait olduğu düşünülmektedir. Aynı açmada ele geçen II. faza ait olduğu düşünülen bir diğer bıçak; TF No.11 *Tip C.y* türündedir. Çalışmada yer alan kesici aletler arasında kabza ve namlusu tek parça üretilen tek örnek olan TF No. 12 kodlu bıçak II. faza aittir. *Tip D.y* sınıfından bıçağın Kabza kaplamalarını sabitlemek üzere kullanılan ufak çivilerden bir tanesinin halen üzerinde olduğu bıçağın ağzı kullanım sonucu neredeyse tamamen tükenmiştir.

Resim 3.129. TF No.12 kodlu bıçağın kabza bölümü ve kaplama bağlantı çivisinin üstten görünüşü.



3.5.2.1.1 TF No.07

Numune A

Kesici aletin kuyruk birleşim noktasından alınan numunenin sadece sırta yakın bölümünde korozyona uğramamış bölge tespit edilebilmiştir. Bu bölgede sıralı uzamış cüruf kalıntıları tüm kesit boyunca ortada sıralanmıştır (Resim 3.130). Kalıntılar ağıza yaklaşırken bir korozyon bölgesi ile karşılaşmakta ve korozyonun genişlettiği anlaşılan derin bir yarıkla malzeme ikiye ayrılmaktadır. Tamamen ferrit tanelerinden oluşan içyapıda tane boyutları değişken olup orta bölgelere *iri* boyutlu taneler hâkimdir.

Resim 3.130. TF No.07-A dağlanma sonrası görünümü.



Mikro-sertlik ölçümleri sonucu tespit edilen ortalama 117 HV'lik sertlik değeri içyapı ile uyum göstermektedir.

Numune B

Uçtan alınan numunenin ağız kısmı kullanım aşınması ve korozyonun etkisiyle büyük oranda tükenmiştir. Bu numunede de cüruf kalıntıları ortada yoğunlaşmakta ve sıralanmaktadır (Resim 3.131). Ancak bu numunede sırta yakın bölümde cüruf kalıntılarının varlığı sona ermektedir. Uç hariç tüm bölgede ferrit taneleri görülmektedir. Uçta ise ağızın devamı olduğu sanılan orta karbonlu bölgede Widmanstatten ferrit, perlit ve muhtemelen martensit yapıları bulunmaktadır. Ferritli bölgeden alınan sertlik ölçümleri diğer numuneye göre az miktarda daha sert bir yapı olduğunu göstermektedir. Bu fark tane boyutlarının uçta daha küçük olmasından kaynaklanmaktadır.

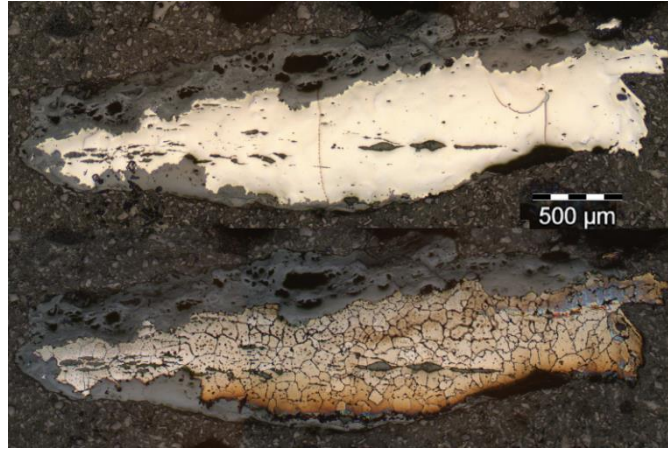
Resim 3.131. TF No.07-B dağlanma sonrası görünümü.



Numune C

Ağızdan alınan numune dağlanma esnasında sürenin uzun tutulmasında dolayı aşırı etkilenmiş ve tane sınırlarında oksitlenmeye bağlı kalınlaşma ve tanelerde yanma eğilimi görülmüştür. Bu duruma rağmen numunenin ağızdan alınmasına rağmen sadece ferrit tanelerinden oluştuğu ortaya çıkmıştır. Bu durum ağızın kullanım ile tamamen tükendiğini işaret etmektedir. Ortada uzanan cüruf kalıntıları bu numunede de mevcuttur.

Resim 3.132. TF No.07-C dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



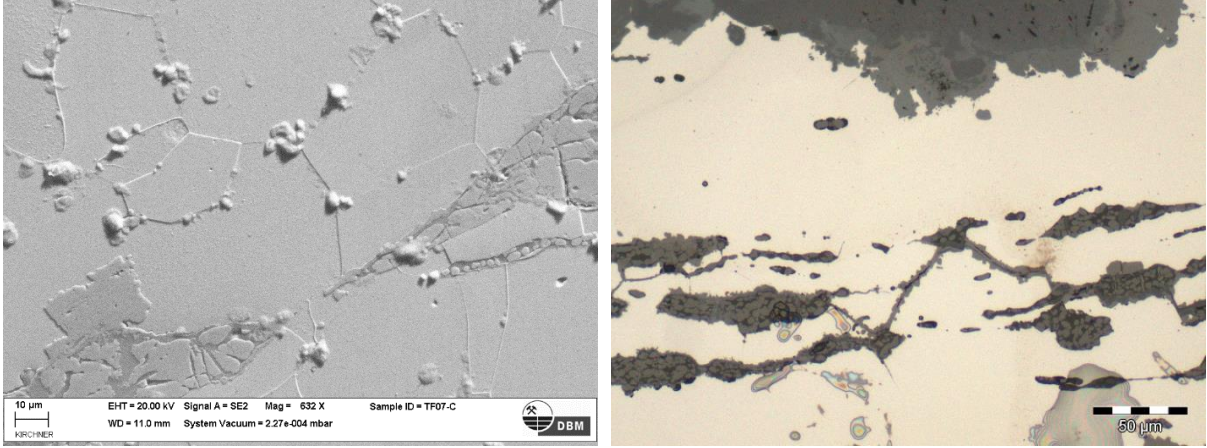
Bu numunede yapılan EDX ölçümlerinde saf demire yakın bir malzeme bir malzeme kullanıldığı görülmüştür.

Üretim Yöntemi

Üç numunede de görülen cüruf kalıntıları iki farklı malzemenin ya da aynı malzemenin farklı bölümlerinin birleşim sınırlarına denk gelen kaynak kumlarıdır. Döverek kaynatma

esnasında yüzeylerin temiz kalması ve iyi kaynaması için atılan bu kumlar demir ile birleşerek cüruf kalıntılarını oluşturmuşlardır (Resim 3.133.a).

Resim 3.133.a) TF No.07-C ferritli tanelerin birleşim bölgesindeki kaynak kumu cüruflarının SEM-SE görüntüsü **b)**Cüruf kalıntıları arasında zikzak yapan su verme çatlağı.



Sadece Numune B'de görülen uca yakın muhtemel martensit içerikli orta karbonlu bölge kesici aletin üretiminin saf demir plakaların dövülerek kıvrılması ve ağıza gelecek bölgeye orta karbonlu ince bir şerit kaynatılması şeklinde gerçekleştiğini ispatlamaktadır. Şekillendirme sonrası su verilmiş ve ağız kısmının sertleşmesi sağlanmıştır. Su verme işlemine dair ısıl şok ile oluşan çatlaklar cüruf kalıntıları boyunca ilerlemiştir (Resim 3.133.b).

3.5.2.1.2 TF No.11

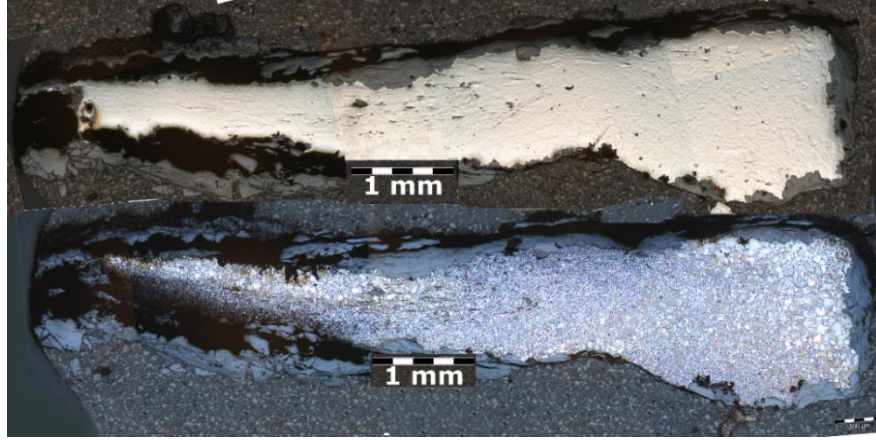
Numune A-B

Tip C.y sınıfından bıçağın kuyruğundan alınan Numune A ve ucundan alınan Numune B'de az miktarda cüruf kalıntısı gözlenirken dağlanma sonrası her iki numunedeki içyapıya ferrit tanelerinin hâkim olduğu görülmüştür. Numune B'de ferrite ek olarak orta karbonlu yapının eğik bir sınır çizgisi oluşturduğu ve tüm ucu kapladığı görülmüştür. Bu orta karbonlu yapıda perlit, Widmanstatten ferrit ve muhtemelen martensit bulunmaktadır.

Üretim Yöntemi

Bu bıçak orta karbonlu çeliğin ağıza gelecek şekilde az karbonlu yumuşak luppe ile döverek kaynatılmasıyla üretilmiştir. Şekillendirme işleminin ardından su verme işlemi uygulanmıştır.

Resim 3.134. TF No.11-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.

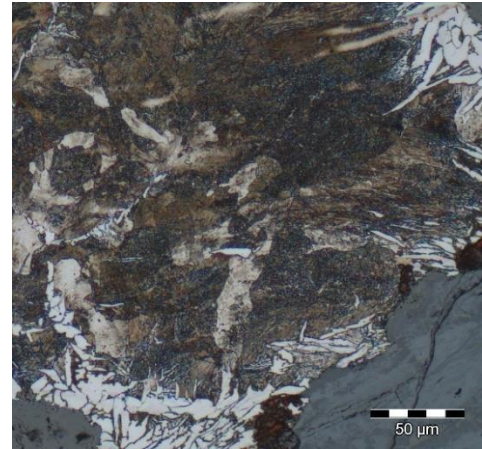
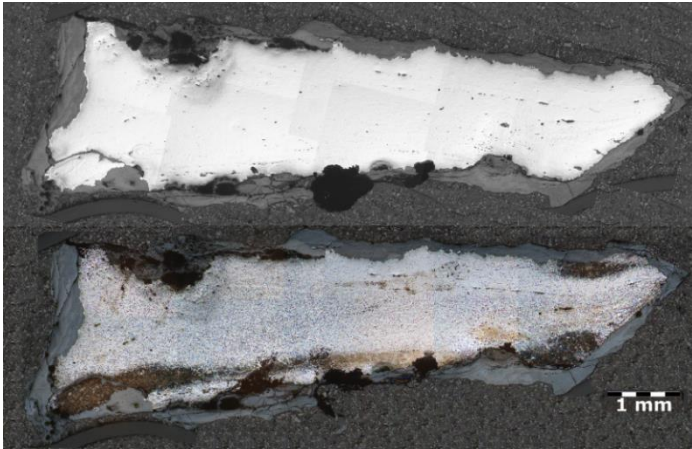


3.5.2.1.3 TF No.12

Numune A

D tipindeki tek örnek olan bıçağın kuyruk kısmından alınan numune az sayıda cüruf kalıntısı içermektedir. Dağlanma sonrası içyapıda ferrit tanelerinin tüm gövdeyi kapladığı bazı bölgelerde ise orta karbonlu yapıların yoğunlaştığı görülmüştür (Resim 3.135.a). Bu bölgelerden ilki bir şerit halinde alt kenarda yer alırken diğeri bölgesel bir şekilde üst kenara yakın bulunmaktadır. Yaklaştırmacı merceklerle yapılan incelemede orta karbonlu yapının ince perlitlerden oluştuğu tespit edilmiştir (Resim 3.135.b).

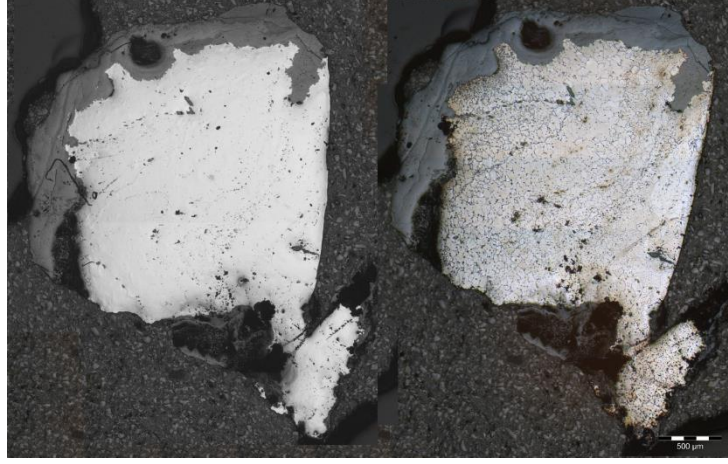
Resim 3.135.a) TF No.12-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü **b)** Orta karbonlu bölgelerde ince perlit – Widmanstatten ferrit yapıları.



Numune B

Kabza malzemesinin metal gövdeye tutturulması için kullanılan küçük çividen alınan Numune B cüruf kalıntısı açısından kirlidir. Dağlanma ile ortaya çıkan içyapısı ferrit tanelerinden oluşmaktadır (Resim 3.136).

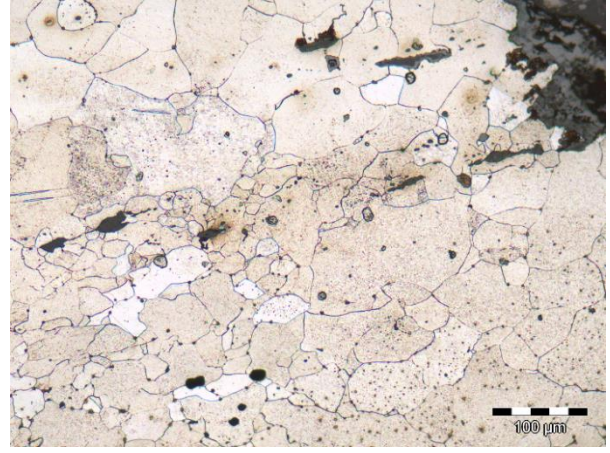
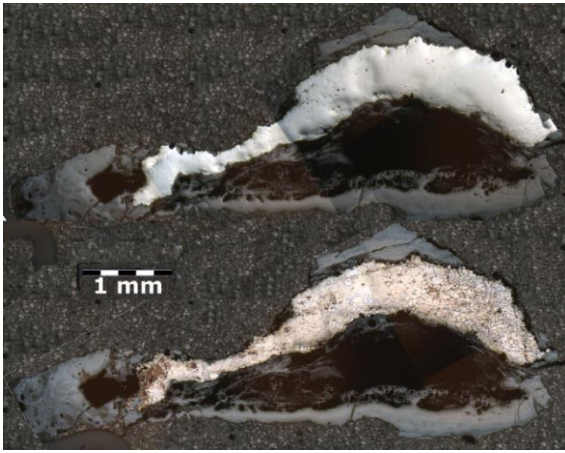
Resim 3.136. TF No.12-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Numune C

Kesici aletin uç kısmından alınan numunede korozyona uğramamış bölge ile korozyonlu bölge kıvrılarak iç içe geçmiş görüntüsü vermektedir (Resim 3.137.a). Tek fazlı uzamış ve açılı cüruf kalıntılarının yer aldığı korozyona uğramamış bölgenin içyapısı ferrit tanelerinden oluşmaktadır (Resim 3.137.b).

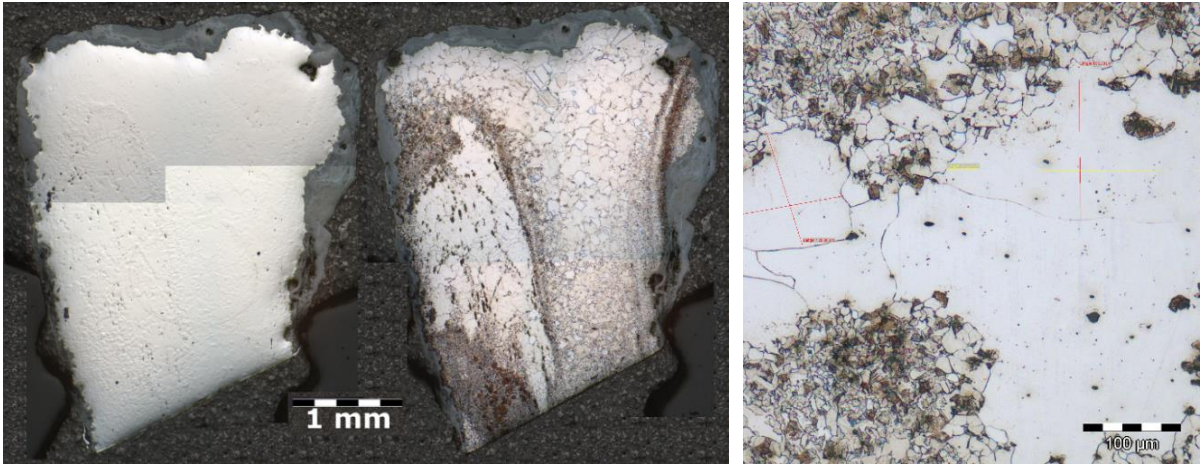
Resim 3.137.a) TF No.12-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü **b)** Korozyona uğramamış bölgede değişik boyutlara sahip ferrit taneleri.



Numune D

Kesici aletin sırtından alınan numune ile diğer numunelerde dağınık görünüm sergileyen farklı malzemelerin nasıl birleştirildiği konusunda bilgi vericidir. Numunenin dağlanmamış görüntüsünde özellikle sol bölgede cürufça daha kirli ve tümsekli bir bölge tespit edilmiştir (Resim 3.138.a). Dağlanma ile burada orta karbonlu çelik ve *çok iri* taneli ferrit bölgelerinin bulunduğu görülmüştür (Resim 3.138.b). Dağlanmadan önce fark edilen üç boyutlu yapı ve tanelerin çok iri oluşu burada kullanılan malzemenin fosforlu demir olduğunu işaret etmektedir. Numunenin sağ tarafında ise orta karbonlu bölge birer şerit halinde kesit boyunca uzanmaktadır. Ortada yer alan bölgenin sıfır karbonlu olduğu sadece ferrit tanelerinin gözlemlenmesi ile anlaşılmıştır.

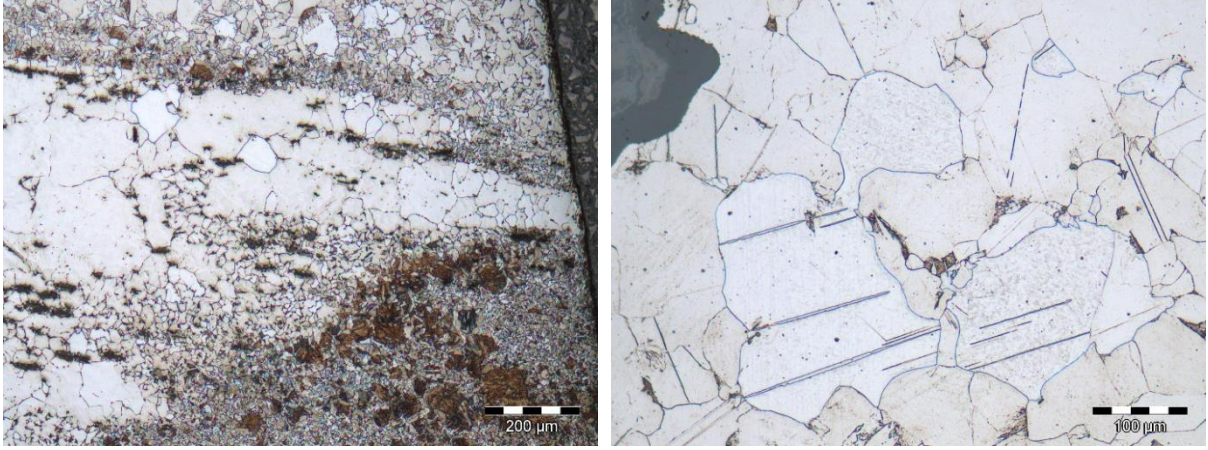
Resim 3.138.a) TF No.12-D dağlanma öncesi ve sonrası görünümü **b)** Orta karbonlu bölge ile çevrelenmiş *çok iri* taneli ferritler.



Orta karbonlu bölgelerde rastlanılan büyük taneli perlitlerde martensiti çağrıştıran iğnesel formlar görülmektedir (Resim 3.139.a). Numunede dikkat çekici başka bir nokta ise sırta yakın bölgelerde ferrit taneleri içine yerleşmiş Neumann bantlarıdır (Resim 3.139.b). Bu bantlara sadece bu numunede değil aynı zamanda uçtan alınan Numune B'de de rastlanmıştır.

Numunede yapılan ölçümler sonucu tespit edilen sertlik değerleri 167 ile 197 HV arasında değişmektedir. Aynı aletten alınan diğer numunelerdeki ölçümlerin ortalamaları ise 165-184 HV aralığındadır.

Resim 3.139.a) Büyük taneli perlitlerde muhtemel martensit dönüşümü **b)** Sırtta yakın bölgedeki ferrit tanelerinde Neumann bantları.



Üretim Yöntemi

TF No.12 kodlu numuneler iki ayrı alete aittir. Numune A, C ve D kesici aletten alınmışken Numune B bu aletin kabza kaplamasında kullanılan çivinin kesitidir.

Çivinin gövdesine ait Numune B cürufça kirli bir luppeden döverek şekillendirilmiştir. Herhangi bir ısıl işleme ait belirgin bir iz görülmemiştir. Sertlik ölçümlerinde 79 HV gibi çok yumuşak noktaların bulunması saf demire yakın bir kompozisyona sahip olduğunu düşündürmektedir.

Kesici alete ait numunelerden en dikkat çekici olanı Numune D'de üç farklı malzeme kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bunlardan ilki kesitin ortasından yer alan az karbonlu malzemedir. Çok iri taneli olması ve dağlanma öncesi görülen tepeler nedeniyle fosforlu demir olduğu düşünülen ikinci malzeme ise orta karbonlu malzeme ile birlikte döverek kaynatılmış ve ardından döndürülerek ortadaki malzemenin yanına kaynatılmıştır. Bu üretim yönteminin izleri uçta korozyonlu ve korozyonsuz bölgelerin kıvrımlarında ve kuyruktan alınan bölümde ise yine kenarlarda düzensiz bölgeler şeklinde görülmektedir. Kesici alet şekillendirildikten sonra kuyruk hariç tüm gövdesine su verme işlemi uygulanmıştır.

Aletteki kullanım aşınması neredeyse tüm namlu kısmı tüketmiştir. Muhtemelen tüm gövde bilerek kullanılacak kadar iyi mekanik özelliklere sahiptir. Uçta ve sırtta görülen Neumann bantları bıçağın uzun süreli kullanım esnasında zorlandığını, büküldüğünü işaret etmektedir.

Farklı karbonlu ve özellikli malzemelerin döndürülerek kaynatıldığı ve şekil verildiği yöntem desenli kaynatma tekniği olarak da bilinmektedir. Muhtemelen yüzeyde oluşan farklı karbonlu bölgeler asitli malzemeler kullanılarak dağlanmış ve bir motif oluşması sağlanmıştır.

3.5.2.2 Çiviler

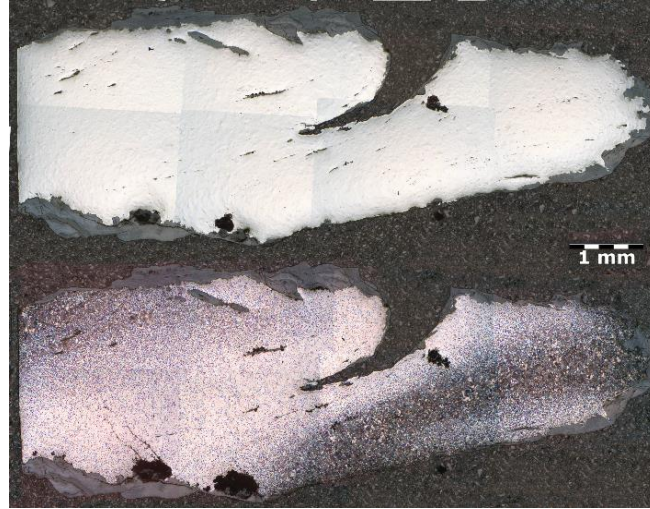
Buluntular arasında yer alan dört tane çivi incelemek üzere seçilmiştir. Çivilerin hepsi kare kesitli olup ağırlıkları 30-50 gram arasında değişmektedir. TF No.03 kodlu çivi Tip B türünde iken diğer çiviler (TF No.01, 02 ve 08) Tip A türündedir.

3.5.2.2.1 TF No.01

Numune A

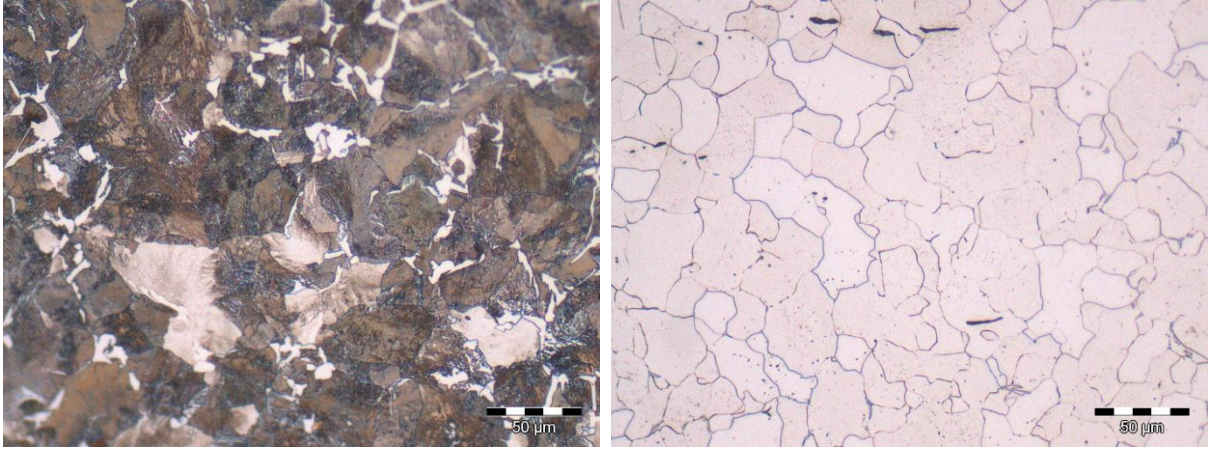
Çivinin baş kısmından alınan numunede bir yarığın deformasyonla daha çok açıldığı izlenim uyandıran bir boşluk gövdenin içerisine kadar ilerlemektedir. Az sayıdaki cüruf kalıntısı uzamış görünümü sergilemektedirler. Dağlanma sonrası görülen farklı karbonlu bölgeler, farklı malzemelerin kaynatılarak birleştirilmesi sonucu oluşmuş izlenimi vermektedir (Resim 3.140.a).

Resim 3.140. TF No.01-A dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



SEM-EDX analizlerinde demir dışında tespit limitlerini aşan element bulunmamaktadır. Dolayısıyla sadece demir ve karbondan oluşan malzemede karbon bazı noktalarda ötektik kompozisyon civarındayken bazı bölgelerde hiç bulunmamaktadır (Resim 3.141.a ve b).

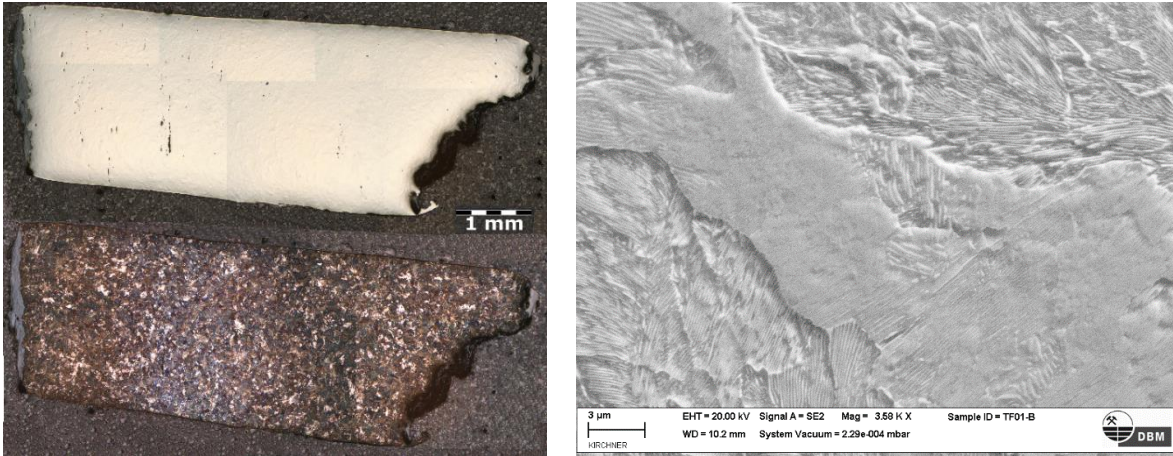
Resim 3.141.a) Ötektik kompozisyona yakın çelik bölgesi **b)** Saf demir bölgesi.



Numune B-C

Çivinin gövdesinden ve ucundan alınan numuneler dağlanmadan önce ve sonra benzer görünümlere sahiptirler. İki numune de az cürüflu, homojen orta karbonlu çeliğe ait ince perlitli yapıdadır. SEM ile yapılan incelemelerde perlitlerin ince yapıda ve genel içyapısının ise orta karbonlu olduğu görülmüştür.

Resim 3.142.a) TF No.01-C dağlanma öncesi ve sonrası görünümü **b)** TF No.01-B ince perlitli yapıların SEM-SE görünümü.



TF No.01-B'de yapılan EDX ölçümlerinde ortalama %0,44 ile dikkat çekici oranda mangan tespit edilirken, aynı numunedeki cüruf kalıntılarında mangan oksit miktarının %20'yi aştığı örnekler bulunmuştur. Baş kısmındaki numunede olduğu gibi Numune B ve C'de de su verme işlemine dair herhangi bir iz rastlanmamıştır.

Üretim Yöntemi

Cüruf kalıntısı ve homojenlik bakımından kaliteli orta karbonlu luppe önce dövülerek kare kesitli çubuk formunda şekillendirilmiş ardından baş kısmına gelecek şekilde yumuşak demir döverek kaynatılmıştır. Şekillendirme işlemi başın oluşturulmasıyla tamamlanmıştır. İki farklı malzeme kullanıldığı kimyasal analiz sonuçlarında da görülmüştür. Baş kısmına eklenen yumuşak demir oldukça saf iken gövdede yer alan orta karbonlu çelik yüksek manganlı cevherden üretilmiştir.

Farklı malzemelerin kullanımında demirci iki durumu düşünmüş olmalıdır. İlki gövde kısmını şekillendirirken luppenin oldukça sert olduğunu fark etmiştir. Bu nedenle çivinin kesit kalınlığı ile boyu karşılaştırıldığında diğer çivilere göre oldukça kalındır. Başını bu hali ile şekillendiremeyeceğini bildiği için baş kısmına daha yumuşak bir malzeme kaynatmıştır. İkinci sebep ise eğer çivide sadece orta karbonlu çelik kullanırsa kullanımı esnasında baş kısmının kırılma ihtimali olmasıdır.

Şekillendirme işlemi bitiminde çivi havada soğutulmuştur. Baş kısmında oluşmuş yarığın etrafındaki tanelerde soğuk deformasyona dair iz görülmemesi bunun üretim esnasında olduğunu düşündürmektedir.

Hem malzemesi hem de kesit kalınlığı nedeniyle sert zemin çivisi olduğu söylenebilir.

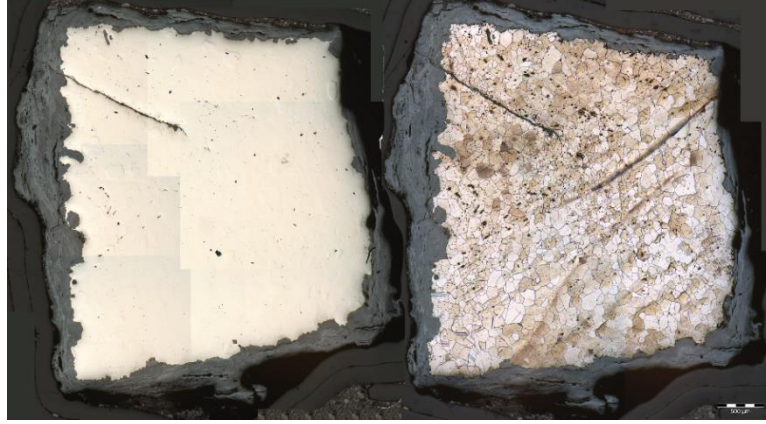
3.5.2.2.2 TF No.02 ve 08

İki çivinin uç kısmından alınan numunelerde düşük karbonlu yapılar gözlemlenmiştir. TF No.02-B diğer çivinin ucundan alınan numuneye göre cüruf kalıntısı açısından daha temiz olup içyapısı eş eksenli ferrit tanelerinden oluşmaktadır (Resim 3.143). Herhangi bir ısı işlem izi görülmeyen yapıda kullanıma bağlı olarak Neumann bantlarının varlığı fark edilmiştir.

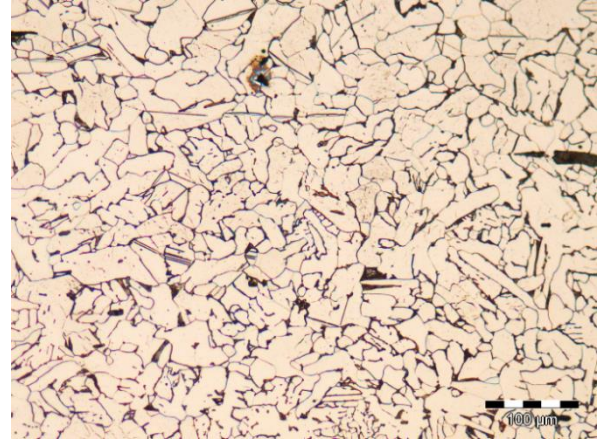
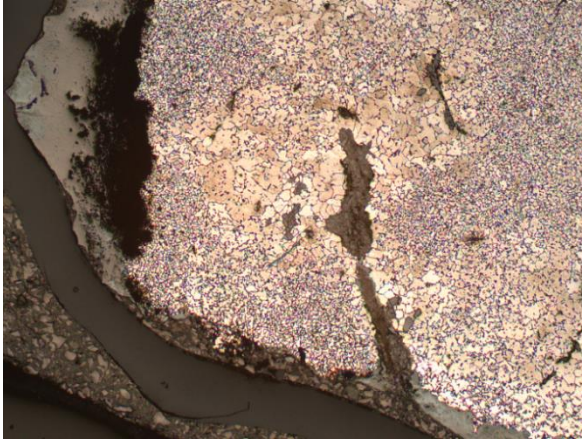
TF No.08 kodlu çivinin ucundan alınan Numune B'de ise yapının az karbonlu ancak heterojen olduğu görülmüştür (Resim 3.144.a). Ferrit tane boyutlarının farklı olduğu bölgeler ve korozyonlu cüruf kalıntıları birden fazla malzeme ile bu yapının oluştuğunu ancak birleşim için herhangi bir düzen bulunmadığını düşündürmektedir.

Çivilerin baş bölümünden alınan numunelerde de az karbonlu ferrit ağırlıklı yapılar ve kullanıma bağlı Neumann bantları gözlemlenmiştir (Resim 3.144.b).

Resim 3.143. TF No.02-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Resim 3.144.a) TF No.08-B dağlanma sonrası heterojen az karbonlu bölgeler **b)** TF No.08-A az karbonlu yapı.



Üretim Yöntemi

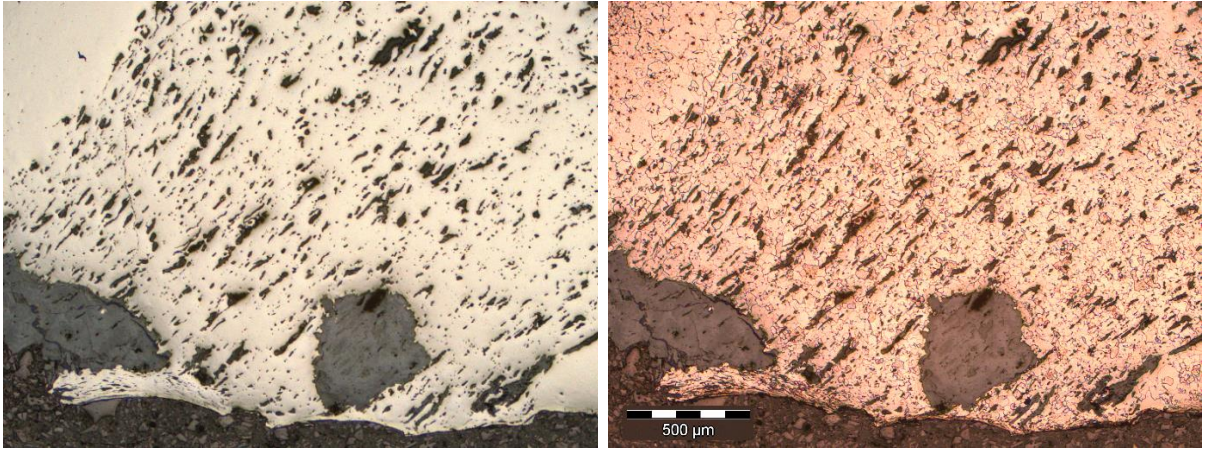
TF No.02 kodlu çivi iyi rafine edilmiş yumuşak lüppeden döverek şekillendirilmiştir. TF No.08 kodlu çividen alınan numunelerde görülen heterojen yapı, korozyonlu cüruf kalıntıları ve boşluklar bu çivinin artık malzemelerden şekillendirildiğini işaret etmektedir. Çiviler şekillendirme sonrasında havada soğutulmuşlardır. İki çivinin de içyapılarında kullanıldıklarına dair izler tespit edilmiştir.

3.5.2.2.3 TF No.03

Numune A

B tipinde kare kesitli çivinin başından alınan cüruf kalıntıları açısından çok kirli bölgeler içeren numunenin dağlama ile birlikte az karbonlu olduğu gözlenen ferrit ağırlıklı yapı ile anlaşılmıştır (Resim 3.145.a ve b).

Resim 3.145.a) TF No.03-A kodlu numunenin dağlanma öncesi görünümü **b)** Aynı bölgenin dağlanma sonrası görünümü.



Numune B

Çivinin uç kısmından alınan kesit Numune A'ya benzer şekilde cüruf kalıntısı açısından kirli bir görünüm sergilemektedir. Dağlanma işleminin ardından orta karbonlu bir bölgenin kıvrılarak kesitin yaklaşık üçte birini kapladığı görülmüştür (Resim 3.146). İçyapının geri kalan bölümü ise az karbonlu ferrit ve perlit yapılarından ibarettir. Katlanma sonucu olduğu izlenimi veren bir çizgi korozyonla genişlemiş ve ortada bir korozyon havuzuna dönüşmüştür. Birleşim çizgisinin etrafında yoğunlaşan ferrit taneleri buradaki yüzeyin birleşmeden önce sıcak halde hava ile uzun süre temas ettiğini bu nedenle burada karbon miktarının azaldığını göstermektedir

Resim 3.146. TF No.03-B dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.

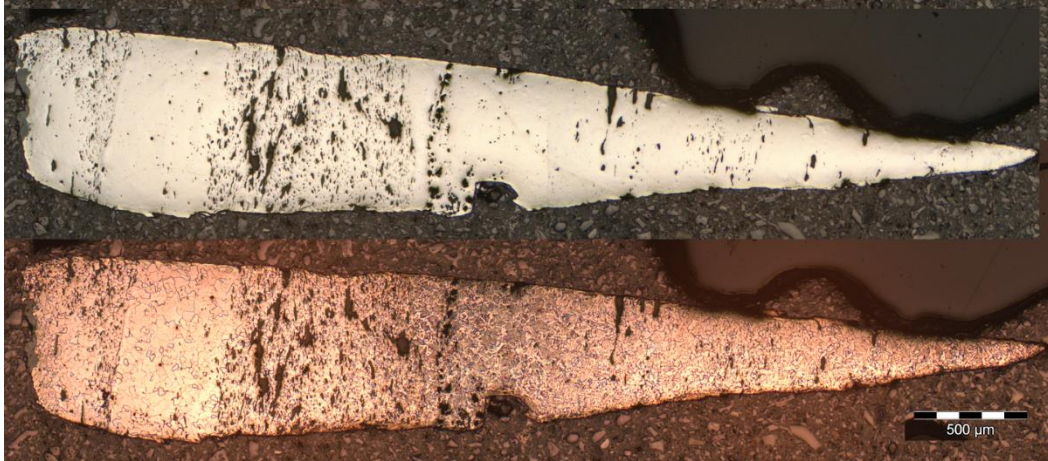


Numunede yapılan EDX ölçümlerinde %0,27 oranında silika ve %0,24 oranında mangan kimyasal içerik olarak demir ve karbona eşlik etmektedir.

Numune C

Çivinin gövdesinden enlemesine alınan numunede birçok farklı katman farklı cüruf kalıntı oranları ve karbon oranları ile belli olmaktadır (Resim 3.147). Numunede cürufli ferritli, cürufsuz ferritli ve cürufsuz perlitli katmanlar gözlenebilmektedir.

Resim 3.147. TF No.03-C dağlanma öncesi ve sonrası görünümü.



Üretim Yöntemi

Demircinin atölyesinde bulunan artık demir ve çelik parçalarıyla ürettiği çivinin uç bölümüne özellikle sert bir malzeme eklediği görölmektedir. Büyük ihtimalle luppelerin cürufça kirliliğinden dolayı artık olarak ayrılan malzemeler beraber dövölmüş ve uç kısmına orta

karbonlu sert çelik eklenmiştir. Eklenme işleminin ardından oluşan plaka döverek katlanmış ya da kıvrılmış, kare kesit oluşturulmuştur. Baş kısmının şekillendirilmesinin ardından herhangi bir ısı işlem yapılmadan soğumaya bırakılmıştır.

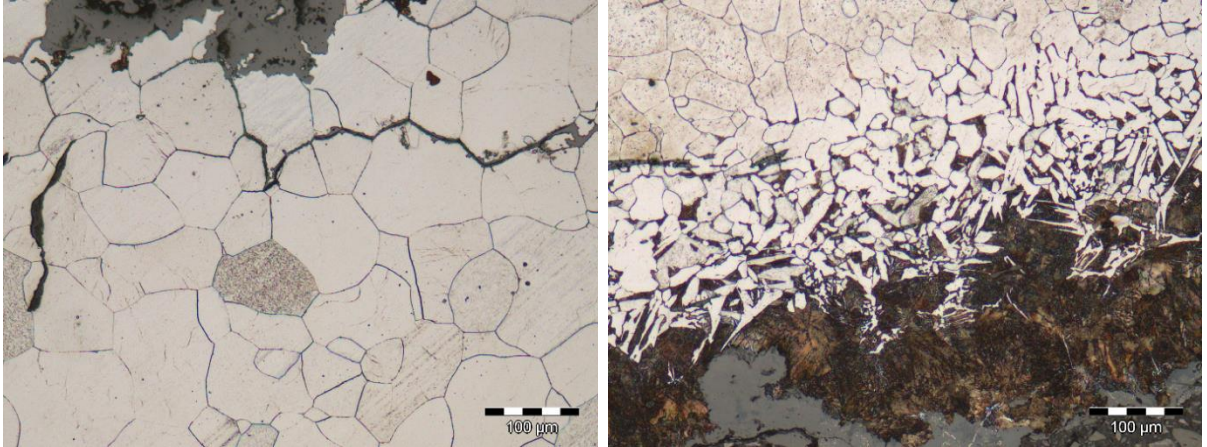
3.5.2.3 At Nalı

Hisn al-Tinat nallarından alınan nal örneği yarım dır. TF No.05 kodlu nal örneğinin aşırı korozyon nedeniyle çivi yerleri ve çivi boşluklarının formları tespit edilememiştir.

3.5.2.3.1 TF No.05

Yarım naldan alınan iki numunede dağınık bir şekilde uzamış ve yarı açılı çok fazlı cüruf kalıntıları gözlemlenmiştir. Numunelerin dağlanmış görüntülerinde genel içyapılarını ferrit taneleri oluşturduğu görülmüştür. A kodlu numunede oluşmuş taneler arası korozyon dikkat çekerken B kodlu numunenin kenarlarında yer alan ince perlit ve az sayıda sementit iğneli bölge yoğun karbürleme yapıldığının kanıtıdır.

Resim 3.148.a) TF No.05-A kodlu numunede taneler arası korozyon **b)** Karbürlemeden etkilenmiş bölümde ince perlit ve az sayıda sementit iğnesi.



Üretim Yöntemi

Yumuşak karbonsuz lüppeden döverek şekillendirilmiş at nalı şekillendirme aşamasından sonra kabuk sertleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin çok uzun süre uygulandığı karbürlenen bölgelerdeki ötektik üstüne çıkan kompozisyondan anlaşılmaktadır.

3.5.2.4 Tanımsız Objeler

Tanımsız objelerden TF No.04 ve 13 kodlu objelerin üretim yöntemleri birbirine benzemektedir. İkisi de demir plakanın kıvrılmasıyla koni formunda üretilmiştir.

TF No.06 kodlu kıvrık L şeklindeki parça iki demir şeridin uçlarından birbirine kaynatılması ile üretilmiştir. Bu objenin uçlardan başka demir parçalara bağlı olup kırılmış olma ihtimali de vardır. Şeritlerin tam ortası açılarak bir kayışın geçeceği ya da zincirin bağlanacağı bir boşluk yaratılmıştır. TF No.05 kodlu nal ile birlikte bulunması bu parçanın at koşumu takımının bir parçası olabileceği ihtimalini düşündürmektedir.

TF No.09 silindirik kapak formunda olup tamamen korozyona uğramıştır. TF No.10 yuvarlak kesitli hafif kıvrımlı bir demir çubuktur. Alanda bulunan çivilerin hepsinin kare kesitli olması bunun bir çivi gövdesi olmadığını gösterebilir. Ayrıca kesiti çok düzgün olduğu için dövülerek değil çekilerek üretilmiş olmalıdır. Özellikle üretim yöntemi metalografik yöntemlerle incelenecektir.

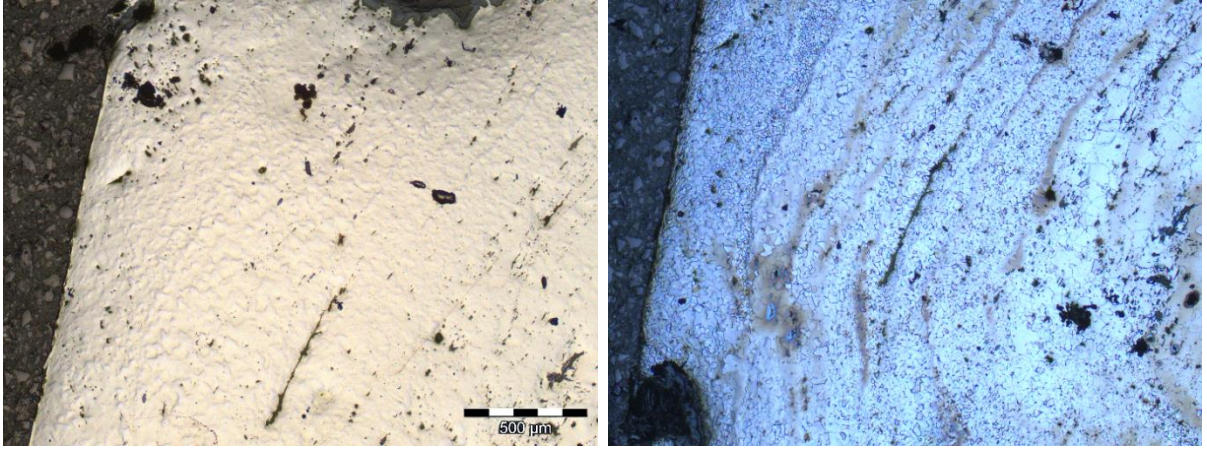
TF No.14, yaklaşık yarım kilo ağırlığında 2 cm kalınlığında hafif kıvrımlı bir demir bloktur. Formu itibariyle dövülerek uzatılacak ve bir kılıç ya da bir bıçak yapılacak izlenimi vermektedir. Bulunduğu yerde (TF 11) yanık izlerinin bulunması aynı açmada demirci cürufuna rastlanması bu objenin bir demircinin kılıç ya da başka bir tür kesici alet yapmak için kullandığı başlangıç malzemesi (demir blok) olması ihtimalini güçlendirmektedir.

3.5.2.4.1 TF No. 04 ve 13

Numune A

İçi boş koni formundaki örneklerin ikisi de ağır derecede korozyona uğramıştır. Benzer yöntemle üretildiği anlaşılan aletlerden numune alımı esnasında sadece TF No.13'ün uç kısmında korozyona uğramamış bölgeye rastlanmıştır. Bu numunenin hem dağlanmamış görüntüsündeki cüruf kalıntıları hem de dağlanma sonrası içyapıları, farklı özelliklere sahip düşük karbonlu katmanların kıvrımlı hallerini göstermektedir (Resim 3.149.a ve b). İçyapıdaki ferrit tanelerinin boyutları ve az miktardaki perlitlerin dağılımları bölgeden bölgeye değişmektedir. Muhtemelen katışkı elementlerinin yoğunlaştığı bölgeler dağlayıcıdan farklı oranlarda etkilenmiş ve renk değişimi göstermişlerdir.

Resim 3.149.a) TF No.13-A kodlu numunede bir bölümün dağlanmamış görüntüsü
b)Aynı bölgenin dağlanma sonrası hali.



Üretim Yöntemi

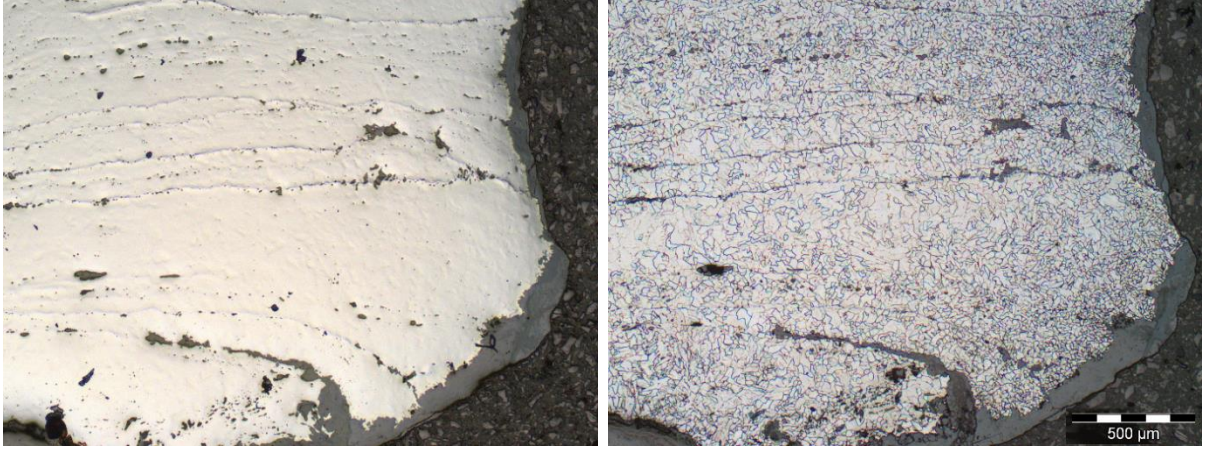
Numunenin cüruf kalıntısı açısından çok kirli oluşu ve içyapıdaki çok farklı özelliklere sahip bölümler bu aletin üretim malzemesinin atık demir ve düşük karbonlu çeliğin dövülerek birleştirilmesi ile oluşturulduğunu göstermektedir. İçyapının kıvrımlı hali plaka haline getirilen malzemenin koni formunda döndürülmesi oluşmuştur. Herhangi bir ısıl işlem izinin görülmemesi delme gibi sertlik isteyen bir işlevinin bulunmadığını düşündürmektedir.

3.5.2.4.2 TF No.06

Numune A

At koşumuna ait bir parça olduğu düşünölen objenin ortasında yer alan boşluğa yakın bir bölümden alınan numunenin dağlanmamış görüntüsünde boydan boya uzanan ince tümsekler dikkat çekmektedir. Bu tümseklerin renklerinden kırılmış ve uzamış cüruf kalıntılarının metal gövdeye göre daha sert olduğu ve zımparalama işlemine direnmesi sonucu oluştuğu tahmin edilmektedir. Dağlama işlemi ile birlikte Widmanstatten ve eş eksenli ferrit tanelerinin içyapıyı oluşturduğu gözlemlenmiştir (Resim 3.150.a ve b).

Resim 3.150.a) TF No.06-A kodlu numunede bir bölümün dağlanmamış görüntüsü
b)Aynı bölgenin dağlanma sonrası hali.



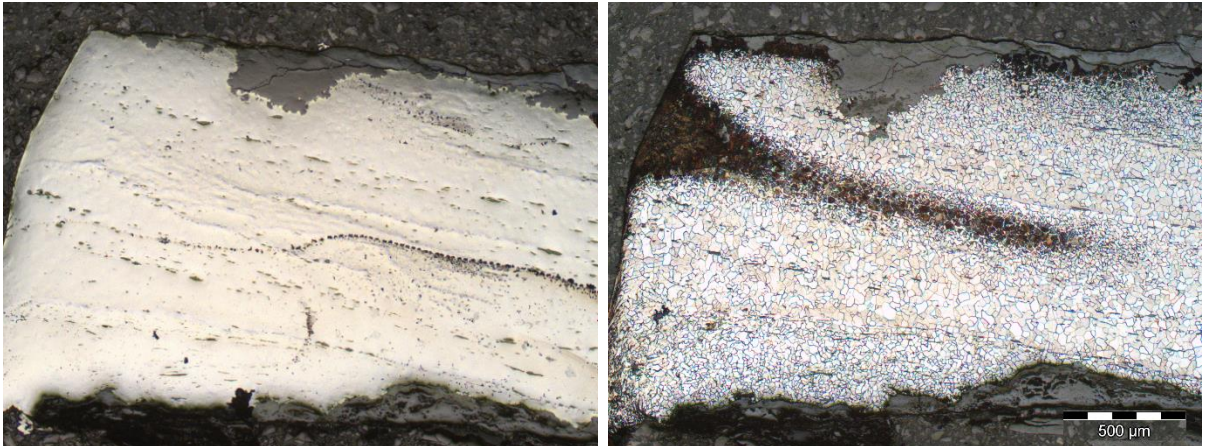
Numune B

B kodlu numunenin A'dan en büyük farkı içeriye doğru inceleyerek uzanan ince perlitlerden oluşmuş orta karbonlu bölgedir (Resim 3.151.a ve b). Benzer bir orta karbonlu bölüm numunenin üst kenarında da gözlenmektedir. Orta bölümde yer alan sıfır karbonlu eş eksenli ferrit taneleri ince perlitlerin etrafında ve kenarlarda soğuma hızı ve karbon difüzyonuna bağlı olarak Widmanstatten görünüm sergilemektedirler.

Üretim Yöntemi

Şeritler haline getirilmiş demir ve çelik malzemeler dövülerek kaynatılmış ve objenin formunda şekillendirilmiştir. Objede yer alan halka ve kıvrımlar sıcak halde iken oluşturulmuştur. Şekillendirme sonrası havada soğuma sağlanmıştır.

Resim 3.151.a) TF No.06-B kodlu numunede bir bölümün dağlanmamış görüntüsü
b)Aynı bölgenin dağlanma sonrası hali.

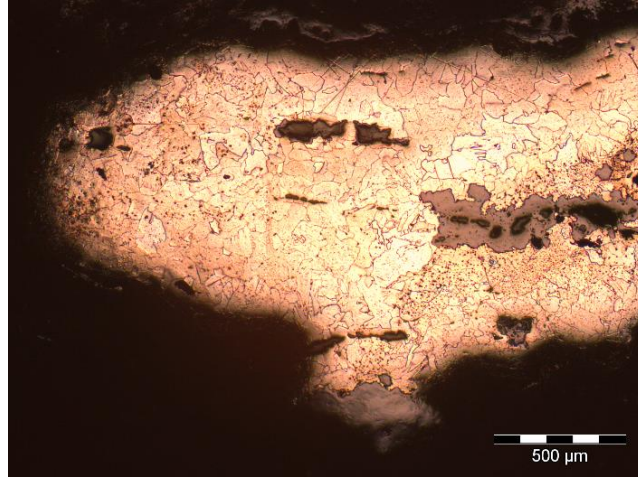


3.5.2.4.3 TF No. 09

Numune A

Silindir bir kapak formunda olan TF No.09'dan alınan numunede çok az bir bölümün metal gövdesi sağlam halde tespit edilmiştir. Bu gövdede gözlenen içyapı *orta* ve *iri* boyutlarda eş eksenli ferrit tanelerinden oluşmaktadır (Resim 3.152). Numunenin büyük bölümünün korozyona uğramış olması nedeniyle numune hazırlık aşamasında ayrılan parçalar gövdede çizilmelere neden olmuştur.

Resim 3.152. TF No.06-B kodlu numunede korozyona uğramamış bölümün dağlanmış görüntüsü.



Üretim Yöntemi

Silindirin kenar bölümünden alınan numunede eş eksenli ve *iri* ferrit tanelerinin görülmesi şekillendirme sonrasında bir süre menevişleme uygulandığını göstermektedir. Numunenin çoğunluğunun korozyona uğramış olması üretim yöntemi konusunda daha fazla yorum yapılmasına engel olmaktadır.

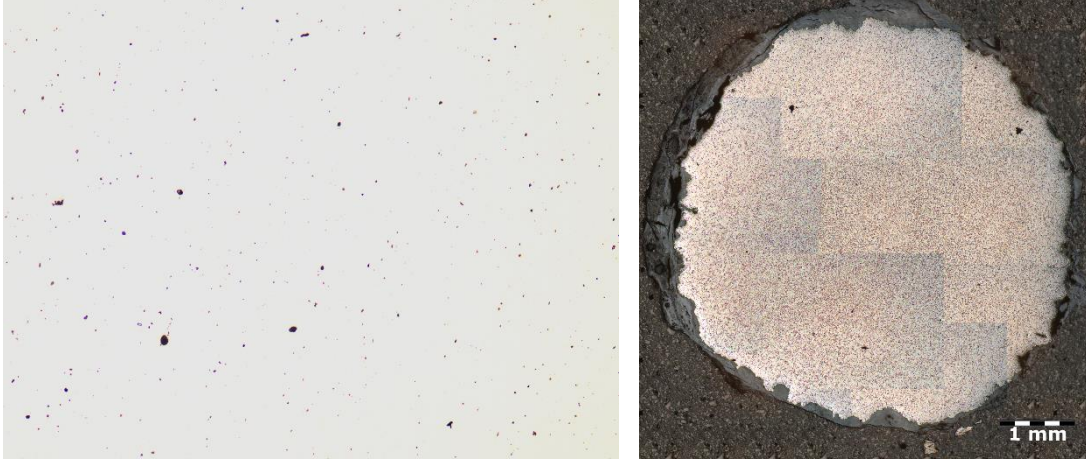
3.5.2.4.4 TF No. 10

Numune A ve B

Yaklaşık 0,5 cm çapındaki kalın bir tel olan TF No.10'un iki ucundan alınan Numune A ve B birbirlerine çok benzer özellikler gösterdiği için beraber değerlendirilecektir. Metalografi incelemesi yapılan numunelerde çok sayıda küçük küresel ve yarı açılı cüraf kalıntısının

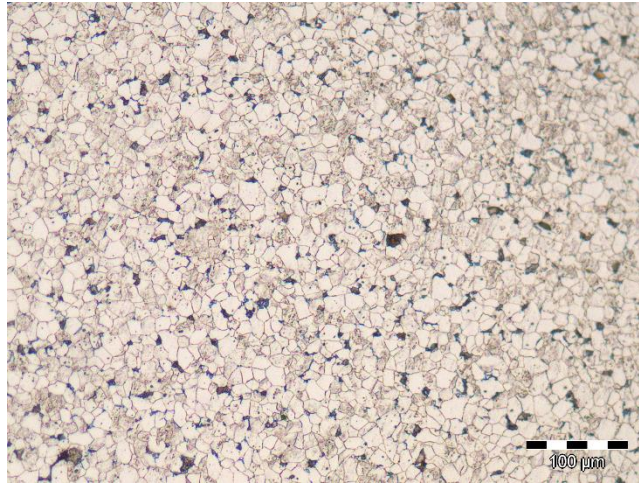
homojen dağılımı görüntülenmiş olup dağlanma ile içyapının da bütün bölgelerde benzer olduğu tespit edilmiştir (Resim 3.153.a ve b).

Resim 3.153.a) TF No.10-A kodlu numunede bir bölümün dağlanmamış görüntüsü **b)** TF No.10-B kodlu numunenin dağlanmış görüntüsü.



Yaklaşırıcı merceklerle yapılan incelemede karbon oranının %0,05 civarında olduğu ve içyapının çok küçük ve küçük eş eksenli ferrit taneleri ve az sayıda kalın perlitlerden oluştuğu görülmüştür. Mikro-sertlik analizlerinde A ve B kodlu numunelerin ortalama sertliklerinin sırasıyla 127 ve 165 HV oldukları tespit edilmiştir.

Resim 3.154. TF No.10-B kodlu numunede yaklaşırıcı merceklerle gözlenen *küçük* ve *çok küçük* taneli ferrit ve perlit yapıları.



Üretim Yöntemi

TF No.10 kodlu kalın tel oldukça iyi rafine edilmiş az karbonlu lüppeden sıcak ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiştir. Objenin kesitindeki cüruf kalıntılarının küresel - yarı açılı oluşu, gözlenen

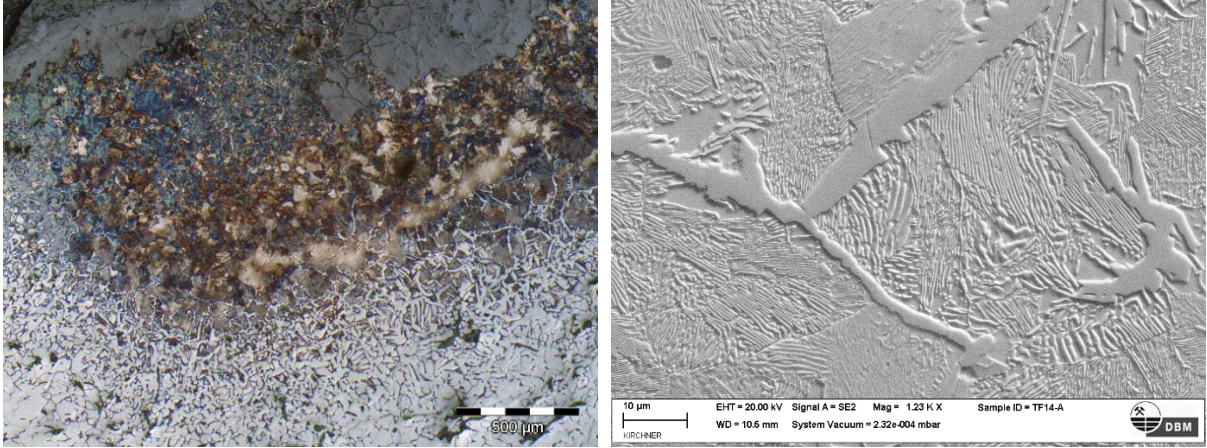
ıyapıdaki küçük taneler bu tekniğin kullanıldığı fikrini desteklemektedir. Çalışma kapsamında incelenen buluntular arasında bu yöntemle üretilmiş tek örnektir. Düşük karbon oranına rağmen 165 HV'ye ulaşan sertliğin tane boyutlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.5.2.4.5 TF No. 14

Numune A ve B

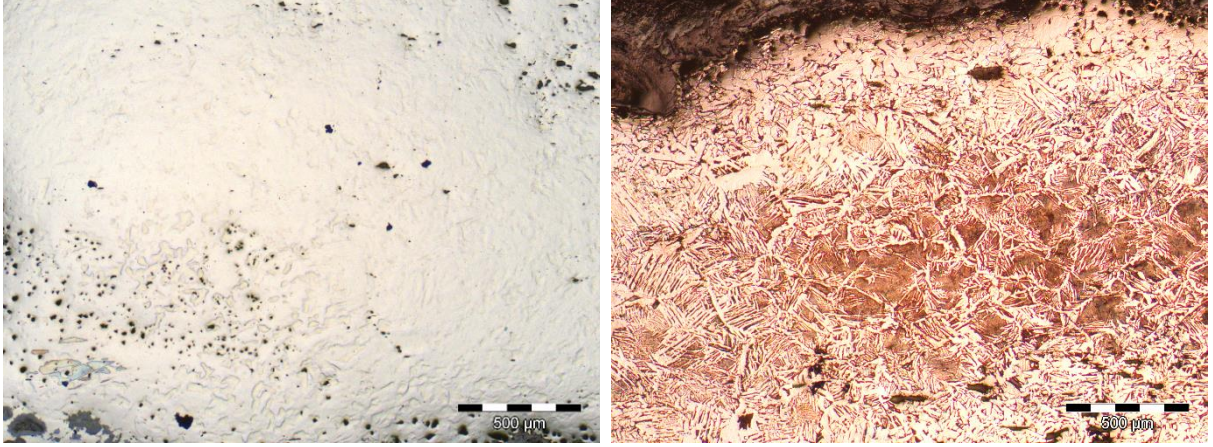
Demir külçenin iki farklı bölümünden alınan numunelerde bol miktarda ve çeşitli boyutlarda cüruf kalıntısının heterojen bir şekilde dağıldığı görülmüştür. Dağlanmış ıyapılar her iki numunede de dağınık karbon oranlarını ortaya koymuştur. Numune A'nın bir kenarında görülen ötektik üstüne çıkan kompozisyon güçlü bir karbürleme işlemi sonucunda oluşmuş izlenimi vermektedir. Bu bölgede kenara yakın bölgelerde oluşan sementit ağları ince perlit tanelerini çevrelemekte gövde içerisinde ilerledikçe bu bölge yerini sadece ince perlit tanelerine bırakmaktadır. Ana gövde ise karbürlemeden etkilenmiş bölgelerde dejenere perlit ve Widmanstatten ferrit, etkilenmemiş bölgelerde eş eksenli ferrit tanelerinden oluşmaktadır.

Resim 3.155.a) TF No.14-A kodlu numunede yüksek karbonlu bölümün dağlanmış görüntüsü **b)** Aynı bölgenin SEM-SE görüntüsünde kalınlaşmış sementit ağ yapısı ve ince perlit taneleri.



Numune B'de görülen perlitli bölgeler kenarda değil gövdenin orta bölümünde yer almaktadır. İri taneli perlitler etrafındaki ferrit taneleri ile karbon difüzyonu sonucu açılmış ve dejenere görünüm sergilemektedirler.

Resim 3.156.a) TF No.14-B kodlu numunenin dağlanmamış görünümünde dağınık cüruf kalıntıları **b)** Aynı numunede dağlanma sonrası dejenere perlit ve Widmanstater ferrit görünümü.



Numune A'nın ferrit ağırlıklı bölgelerinde yapılan sertlik ölçümlerinde ortalama sertlik değeri 125 HV olarak okunmuştur. EDX analizleri gövdenin saf demire yakın bir kompozisyona sahip olduğunu göstermiştir.

Üretim Yöntemi

Demirci cürufları ile birlikte bir ocakta bulunmuş olması nedeniyle demirci başlangıç malzemesi olduğu düşünölen demir blok form olarak da Roma döneminde ticareti yapılan demir blokları andırmaktadır (Pleiner 2006: 42). Yaklaşık 500 gram olan bu bloğun bir kenarı yuvarlatılmış diğeri kenarı ise düzdür. Düz kenarın bir tarafındaki hafif çıkıntı bu bloğun bu kenardan kesildiğini düşöndürmektedir.

İçyapı olarak oldukça heterojen olan demir blok orta karbonlu ve sıfır karbonlu bölümler ve çok miktarda cüruf kalıntısı içermektedir. Kesim kenarı olduğu düşünölen bölgeden alınan Numune A'da görölen yüksek karbonlu bölgenin bu kenarın kesim için ısıtılması esnasında ve sonrasında demirci ocağında uzun süre beklemesi sonucu oluşması ihtimali vardır.

3.5.2.4.6 Metalürjik Buluntular

Buluntular arasında yer alan tüm cürufumsu parçalardan numune alınmış, kazılar esnasında daha fazla bu tarz buluntunun ele geçmediği kazı başkanı tarafından teyit edilmiştir. Kazılar esnasında ortaya çıkan cürufumsu malzemelerin özellikle iki alanda; kuzeybatı ve güneydoğu köşe mekânlarında yoğunlaştıkları görölmektedir. Bu malzemelerin bir tanesi hariç hepsinin 8-10. yüzyıla tarihlendirilen fazlara ait oldukları tahmin edilmektedir.

TF 09 ve 11 kodlu kuzeybatı açmalarında ele geçen TF-CU No.06, 07 ve 08 kodlu cürufumsu malzemeler IV/V. fazlara aittir.

Görünümleri paslı, eriyik küçük parçaların yapışık ya da kırılmaya başlaması şeklinde olup iri ve seyrek gözeneklidir. TF-CU No.08 düz-dışbükey formundayken diğer ikisi kırılmış olup aslında içbükey-dışbükey ya da düz-dışbükey formlarda oldukları tahmin edilmektedir. Bu cürufumsu malzemelerin numune hazırlık aşamasında kesilmesiyle kütleli demire rastlanması bunların luppe ağırlıklı atıklar olduklarını göstermiştir (Resim 3.157.a).

Resim 3.157.a) TF-CU No.07'den kesilme sonrası görülen demirce zengin bir bölge **b)** Cürufuların ele geçtiği kuzeybatı açmaları TF 09 (aşağıda) ve TF 11 (yukarıda) (Eger 2010).



Bu alanda ele geçen bir başka cüruf olan TF-CU No.05 III. faza ait olup TF 11 numaralı açmada duvar üzerinde bulunmuştur.

Kazı alanının güneydoğusundaki TF 18 açmasında üç cüruf ele geçirilmiştir. Bunlardan TF-CU No.02 ve 03'ün III. faza ait olduğu düşünülmektedir. Çapı yaklaşık 7,5 cm uzunluğunda içbükey-dışbükey formlu 176,60 gram ağırlığında TF-CU No.03'ün kesilmesiyle kütleli demire rastlanmıştır. TF 18 açmasında yüzey buluntusu olarak ele geçen TF-CU No.04 düz-dışbükey formunda olup I. faza tarihlendirilmektedir.

Kazılar sonucu ele geçen en büyük cüruf parçası 1150 gramdır. Gömülü olduğu toprak ile birlikte yer yer kaynaştığı, organik içeriklerin gözlemlendiği düz-dışbükey cüruf kütlesi kazı alanının güney-batısında ele geçen demir metalürjisine ait tek buluntudur. Bu kütleden alınan örnekler TF-CU No. 01 olarak kodlanmıştır.

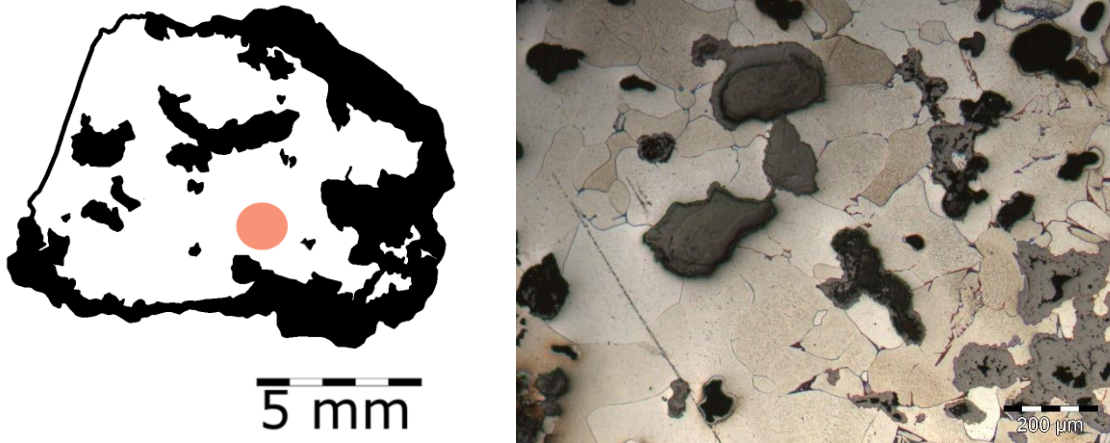
Resim 3.158.a) Kazı alanının güneybatısında bulunan büyük cüruf kütlesi **b)** Aynı cüruf kütlesinden alınan TF-CU No.01 kodlu cüruf örnekleri.



3.5.2.4.7 TF-CU No.03, 07 ve 08

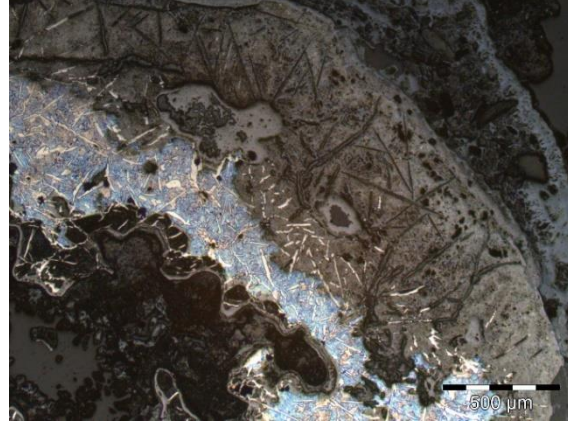
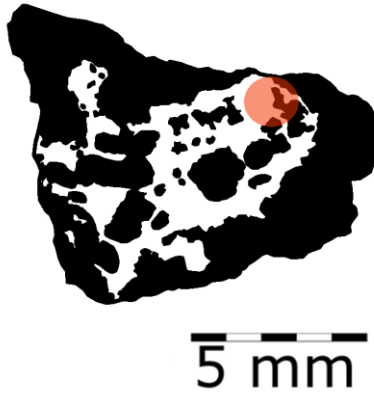
Numune kesimleri esnasında yoğun metalik demire rastlanan üç örnek luppe parçaları olduğu düşünülmektedir. Ağırlıkları 176 ile 249 gram arasında değişen buluntular tamamen cüruf içerikli örneklerle göre oldukça yoğundur. Kırıkları siyah ve pas renginde olup iri ve az gözeneklidir. TF-CU No.07 farklı parçaların birleşmesi ile meydana gelmiş görünümünde iken TF-CU No.03 ve 08 klasik demirci cürufu formlarından düz-dışbükey formuna sahiptir. Bu buluntulardan hazırlanan parlak kesit görüntüleri metalografi yöntemi ile incelenmiş heterojen karbon oranlarına sahip farklı bölgeler tespit edilmiştir. TF-CU No.03 kodlu numunede cürufsuz ve korozyonsuz bölgelere *iri* ve *orta* boy ferrit tanelerinin ve düşük karbonlu yapıların hâkim olduğu görülmüştür.

Resim 3.159.a) TF-CU No.03 kodlu numunede metalik gövde (beyaz) ve cüruf lu, korozyonlu bölge (siyah) **b)** TF-CU No.03 numune grafiğinde işaretlenmiş bölgenin metalografi görüntüsü.



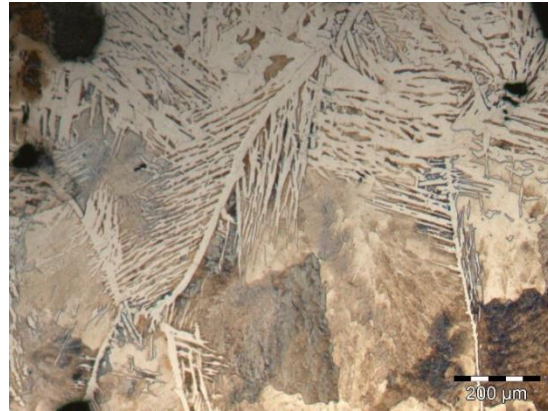
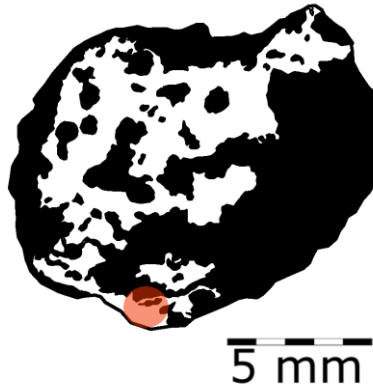
TF-CU No.07 kodlu numunede orta ve üstü karbon yapıları tespit edilmiştir. Orta karbonlu bölümlerin tamamen yumrulaşmış perlitten ötektoid üstü karbona sahip yapılarda ise iğne sementit, sementit ağları ve yumrulaşmış perlit gözlenmiştir. Korozyonlu bölümlerde sementit yapılarının kalıntıları ayırt edilebilmektedir.

Resim 3.160.a) TF-CU No.07 kodlu numunede metalik gövde (beyaz) ve cürufli, korozyonlu bölge (siyah) **b)** TF-CU No.07 numune grafiğinde işaretlenmiş bölgenin metalografi görüntüsü.



TF-CU No.08 kodlu numunede 07'dekine benzer orta ve üstü karbonlu yapılara ek olarak sadece ferrit tanelerinin yer aldığı bölgeler de gözlenmiştir. Oldukça heterojen olan numunede sementit iğnelerinin yaklaşık bir milimetre ötesinde sıfır karbonlu yapılar bulunmaktadır. Perlitlerde yumrulaşma görülmeyen numunede yüzeye yakın bölgelerde karbonsuzlaşma sonucu dejenere olmuş perlitler görülmektedir.

Resim 3.161.a) TF-CU No.08 kodlu numunede metalik gövde (beyaz) ve cürufli, korozyonlu bölge (siyah) **b)** TF-CU No.08 numune grafiğinde işaretlenmiş bölgenin metalografi görüntüsü.

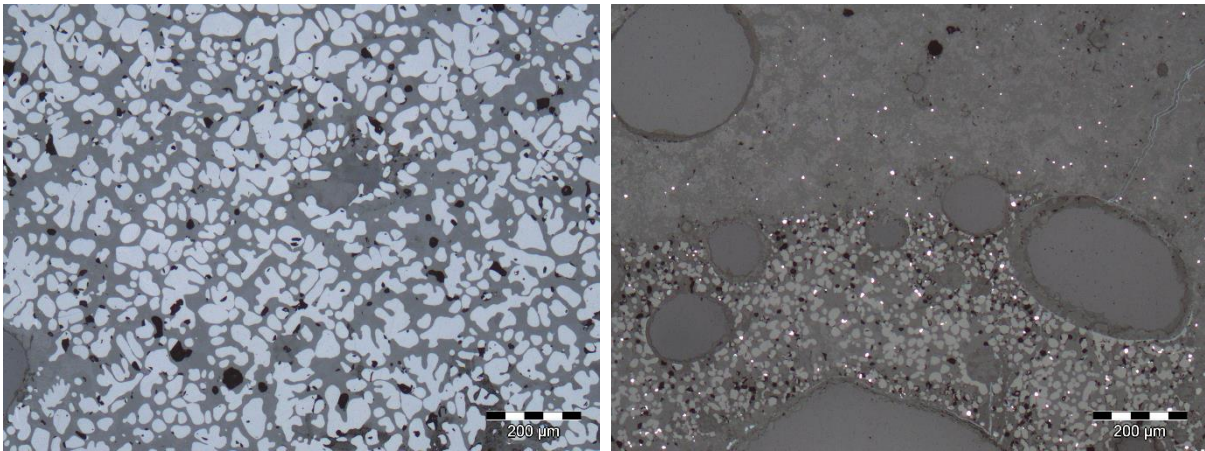


Cüruf parçalarının arasında heterojen özelliklere sahip metal gövdeler luppelerin dövülerek temizlenmesi esnasında ortaya çıkan atıklarda görülmektedir. TF-CU No.03'ün diğerlerine göre daha az karbon içermesi ve daha homojen olması luppeden istenmeden ayrılan bir parça olduğunu düşündürmektedir. Diğer iki numune ise yüksek karbonlu halleri ile Kubad Abad'da bulunan KU-CU No.02 gibi luppenin taç bölümü oldukları izlenimini vermektedirler. Yüksek karbonlu ve izabe cürufu açısından kirli oluşundan dolayı demirci tarafından kırılarak temizlenmiş oldukları düşünülmektedir. Bu kalıntıların demirci ocağı cürufu formlarında ve Hisn al-Tinat'ta bulunuşu buradaki demircilerin sadece alet şekillendirme değil aynı zamanda luppelerin saflaştırma işlemini de uyguladıklarını göstermektedir.

3.5.2.4.8 TF-CU No.01, 02, 04, 05 ve 06

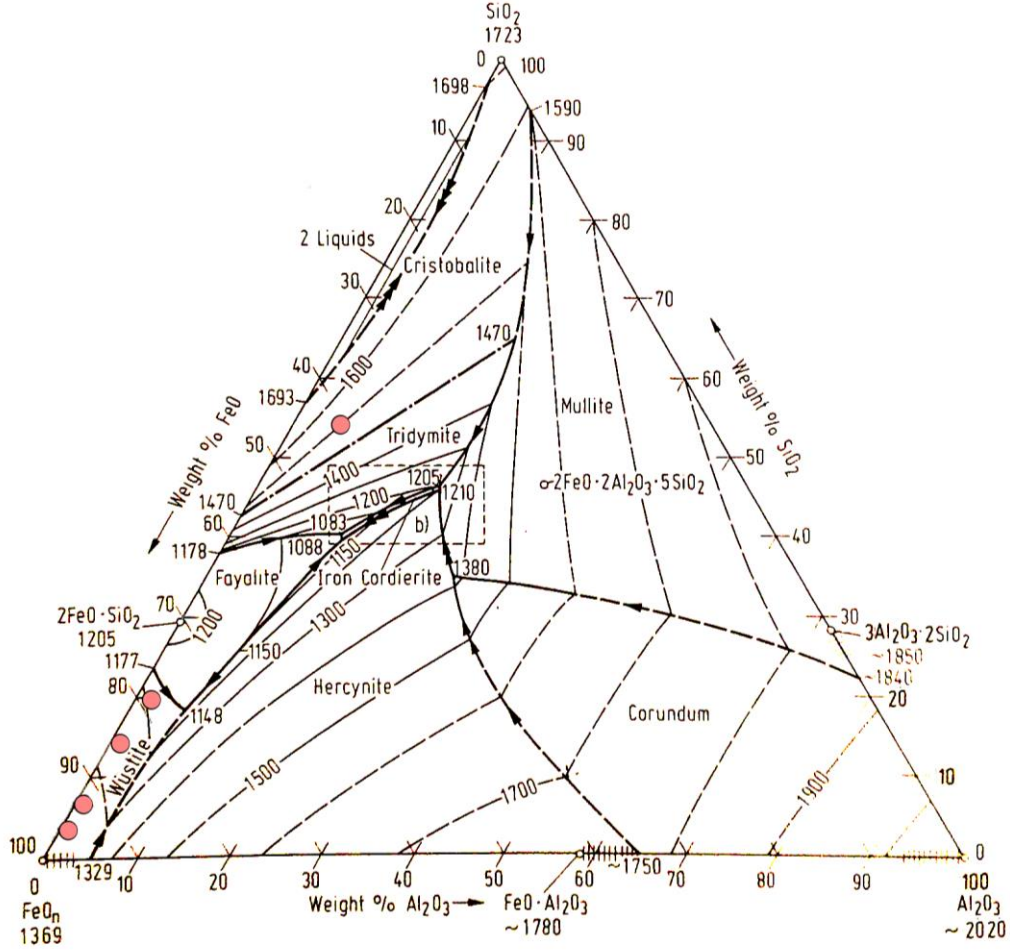
TF-CU No.02 ve 05 yumrulu ve amorf görünümde olup TF-CU No.01, 04 ve 06 düz-
dışbükey formuna yakındır. Hepsinin kırıkları az gözenekli ve koyu renktedir. TF-CU No.02, 04 ve 05 kodlu cürufaların XRD incelemelerinde görülen Götite mineralinde anlaşılacağı üzere korozyon tüm içyapılarını silmiştir. Büyük bir numunenin iç kesiminden alınması nedeniyle korozyondan en az etkilenen numune olan TF-CU No.01'de tamamen vüstit ve manyetit yapıları gözlenmiştir. TF-CU No.06 korozyona uğramamış bölümlerde XRD analizlerinde tespit edilememiş olsa da vüstit ve çok sayıda metalik demir gözlenmiştir. Metalik demirin miktarı ve odun kömürü izleri bu cürufumsu malzemenin de luppe saflaştırma işleminde ortaya çıkan bir atık olduğunu düşündürmektedir.

Resim 3.162.a) TF-CU No.01 kodlu numunede vüstit ağırlıklı yapı **b)** TF-CU No.06 kodlu numunede vüstit ve metalik demir.



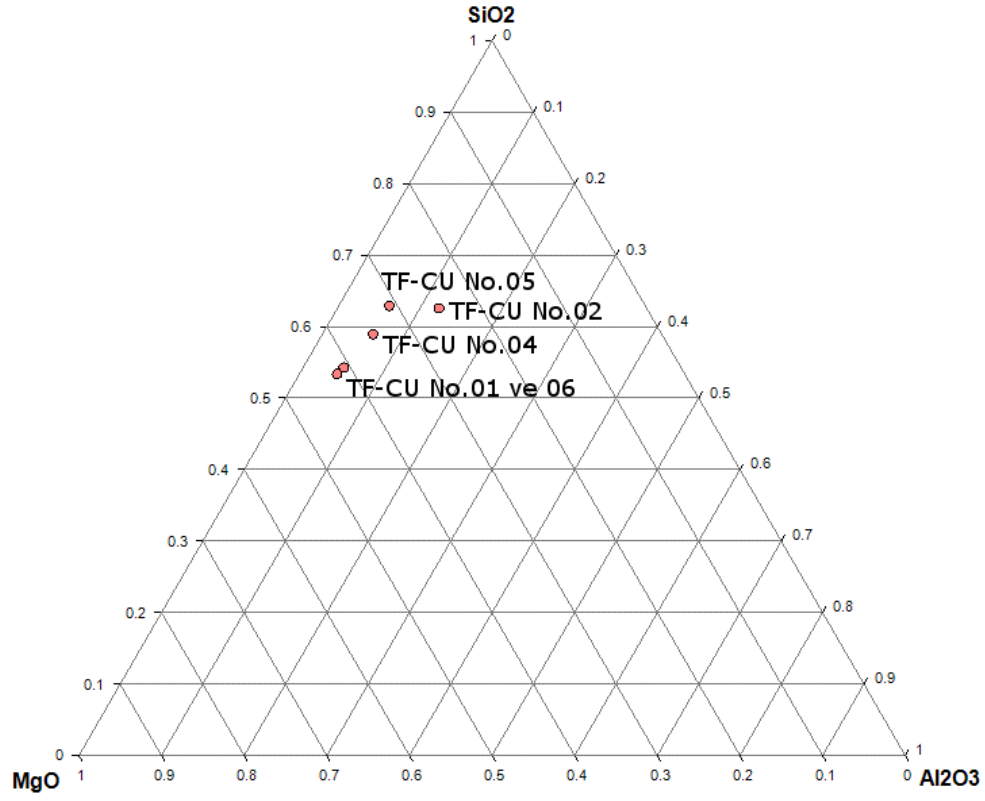
Oksit analizleri yapılan cürüflardan TF-CU No.01, 02, 04 ve 05 FeO-SiO₂-Al₂O₃ grafiğinde vüstit bölgesinde yer alırken demir oksit oranı en düşük cüruf olan TF-CU No.06 Tridimit bölgesinde 1470 °C'lik erime çizgisi üzerindedir.

Şekil 3.9. Hisn al-Tinat cürüflarının FeO-SiO₂-Al₂O₃ grafiğinde gösterimi.



İndirgenmeyen oksitlerden SiO₂-Al₂O₃ ve MgO içeriklerine göre ilgili grafiğe yerleştirildiklerinde düşük demir oksitli TF-CU No.06'nın aslında 01 ile benzer oranlarda indirgenmeyen oksitlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu iki cüruftaki başka dikkat çekici bir nokta ağırlıkça %0,25 civarında krom oksit içermeleridir. İndirgenmeyen oksitlerin oranlarındaki yakınlık ve cevher kaynaklı krom miktarının benzerliği bu iki cürufun aynı cevherden üretilmiş luppelerin şekillendirilmesi esnasında aynı demirci ocağı kaynaklı olma ihtimalini ortaya koymaktadır.

Şekil 3.10. Hisn al-Tinat cüruflarının $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ grafiğinde gösterimi.



BÖLÜM IV

ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu tez çalışması ile kazı alanlarından seçilen demir içerikli buluntulara uygulanan arkeometrik analizlerin dönemin metalürji teknolojisinin ana hatlarını belirlenmesinde çok yararlı olduğu bir kez daha ortaya çıkmıştır. Metalografi analizlerinin aletlerin şekillendirme yöntemlerini tespit etmekte etkili bir araç olduğu ve aletlerin üretiminde kullanılan ara ürünlerin yine bu yöntemle kanıtlandığı görülmüştür. Işık geçirimli mikroskopların yetersiz kaldığı durumlarda SEM cihazı gerekli büyütmeleri sağlamış, aynı araca ekli EDX ekipmanı hem gövde hem de cüruflar kalıntısı analizleri ile anlamlı sonuçlara ulaşılmasında yardımcı olmuştur. Mikro sertlik testleri ise üretilen aletlerin kaliteleri ve uygulanan ısıl işlemler hakkında bilgi sunmuştur. Cüruflardan hazırlanan ince kesitlerden ışık geçirimli mikroskop aracılığı ile alınan görüntüler sayesinde bunların oluşum süreçlerine dair bilgiler toplanmış, toz numuneler üzerinde uygulanan XRD ve ICP analizleri ile mineralojik ve kimyasal içerikler konusunda yorumlar yapılabilmektedir.

Sonuçlar bölümünde yukarıda bahsedilen analizler ışığında Anadolu'da Ortaçağ'da kullanılmış demir aletlerin türleri dikkate alınarak üretim yöntemleri, kimyasal özellikleri ve sertlikleri değerlendirilmektedir. Cüruflar hakkında oluşum süreçlerine ve içeriklerine göre yorum yapılırken bu dönemde uygulanan metalürjik işlemlerin detayları irdelenmektedir.

4.1 Kesici Aletler

Kesici aletlerden hazırlanan numunelerde yapılan analizlerde tespit edilen bulgular toplu halde Tablo 4.2'de görülmektedir⁸. Bu tablodaki bilgiler ve kimyasal analiz sonuçları ile birlikte

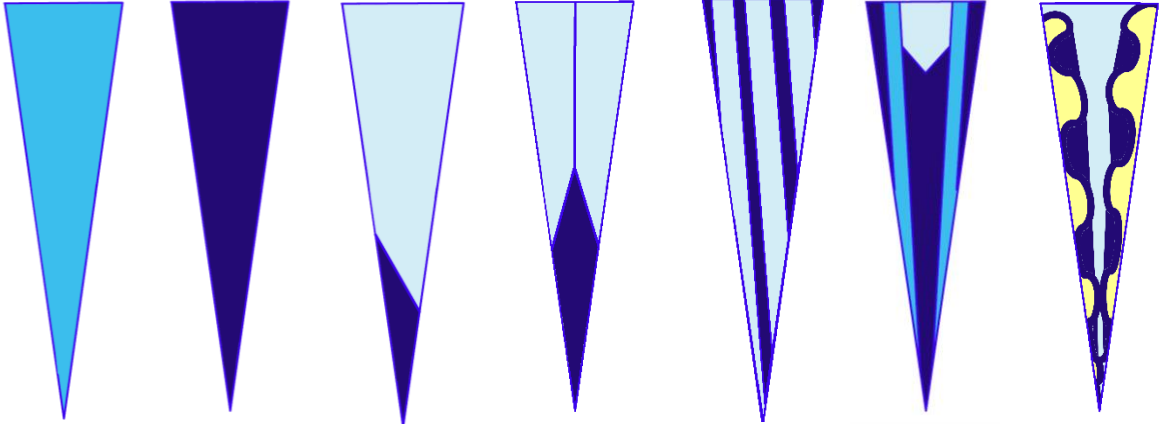
⁸ Tablo 5.2'de kullanılan kısaltmalar S: Sementit, İS: İğne Sementit, YS: Yumrulaşmış Sementit, İP:İnce Perlit,YP: Yumrulaşmış Perlit, P:Perlit, F: Ferrit, FF:Fosforlu Ferrit, WF:Widmanstatten Ferrit

buluntular üretim yöntemlerine, metal gövdeleri ve içerdikleri cüruf kalıntıları kimyasal analizlerine göre değerlendirilmektedir.

4.1.1 Üretim Yöntemlerine Göre

Kesici Aletlerin metalografi değerlendirmeleri sonucunda üretim yöntemlerine göre bir sınıflandırma yapmanın mümkün olduğu görülmüştür. Bu sınıflandırmayı yaparken üretimde kullanılan malzeme türleri ve birleşim yöntemleri dikkate alınmıştır. Arkeometalürjik çalışmalarda kesici alet üretimlerindeki teknik gelişmeler ve coğrafi farklılıkların tespit edilmesi için benzer sınıflandırmalar yapılmıştır. Bunlardan en bilineni Tylecote ve Gilmour tarafından demir/fosforlu demir ve çelik malzemeleri kullanılarak uygulanan beş farklı üretim yöntemine göre hazırlanmış çalışmadır (Tylecote & Gilmour 1986: 155). Bu tez çalışmasında ise kesici aletler demir, fosforlu demir, orta karbonlu ve yüksek karbonlu çelik kullanılarak üretilmiş olup 7 farklı grupta sınıflandırılmaktadır.

Tablo 4.1. Kullanılan malzemeler ve üretim yöntemlerine göre kesici aletler.



GRUP 1	GRUP 2	GRUP 3	GRUP 4	GRUP 5	GRUP 6	GRUP 7
YT No.08	KU No.04	YT No.01	KH No.16	KH No.15	KU No.07	TF No.12
KH No.03	KU No.14	KH No.11	TF No.07		KU No.11	
KH No.10	SA No.13	TF No.11	KH No.06		KH No.13	

Tablo 4.2. Kesici aletlerde yapılan arkeometrik analiz bulguları.

Kazı Alanı	Buluntu Kodu	Tip	Kullanım Aşınması	Kuyruk Bölümü				Namlu Bölümü				Metalürjik Uygulamalar				
				Cüruf Kalıntıları	Gözlemlenen İyapılar	Karbon Miktarı	Sertlik (HV)	Cüruf Kalıntıları	Gözlemlenen İyapılar	Karbon Miktarları	Sertlik (HV)	Desenli Kaynak	Katmanlı Çelik	Kaynak	Menevişleme	Su Verme
Kubad Abad	KU No.04	B.y	Ağır	Temiz	YS,YP	Yüksek	290-335	Temiz	S,YS	Yüksek	250-380				√	
	KU No.07	B.x	Ağır	---	---	---	---	Orta	M,P, F,WF	Düşük, Orta	110- 608		√	√	√	√
	KU No.11	B.x	Ağır	Orta	M,P,F	Düşük, Orta	119-384	Orta	M,P, F	Düşük, Orta	489- 568		√	√		√
	KU No.14	?	Ağır	Orta	İS,YS,YP	Yüksek	---	---	---	---	---				√	
Sam.	SA No.13	B.x	Yok	Temiz	YS,YP,İP	Yüksek	358-401	Temiz	S,YS	Yüksek	309-395				√	
Yumuktepe	YNo.01	E	Hafif	---	---	---	---	Orta	İP,M,FF	Düşük, Orta	134-540			√		√
	YNo.08	?	Ağır	---	---	---	---	Kirli	M,F	Düşük,Orta	251-633					√
Kinet Höyük	KH No.03	C.y	Hafif	Kirli	YP,İP, F,WF	Düşük,Orta, Yüksek	194- 213	Kirli	YS,YP, İP	Düşük,Orta, Yüksek	222-237				√	
	KH No.06	?	Ağır	Kirli	F	Düşük	147-158	---	---	---	---		√	√		
	KH No.10	A.x	Orta	Temiz	İP,YP	Orta	353-378	Temiz	İP,YP	Orta	266- 280				√	√
	KH No.11	?	Ağır	---	---	---	---	Orta	KP,WF, İP,YP	Orta, Yüksek	140- 164			√	√	√
	KH No.13	A.z	Orta	Orta	F,İP	Düşük	91- 123	Orta	F,İP,M	Düşük, Orta	129- 196		√	√		√
	KH No.15	?	Ağır	Kirli	F,İP	Düşük,Orta	122- 220	Orta	F,İP, M	Düşük, Orta	124- 132		√			√
Hisn al-Tinat	TF No.07	A.y	Ağır	Kirli	F	Düşük	102- 136	Orta	F,İP,M	Düşük, Orta	104- 160			√	?	√
	TF No.11	C.y	Orta	Orta	F	Düşük		Orta	F,WF, İP,M	Düşük, Orta				√	?	√
	TF No.12	D	Ağır	Orta	F,İP	Düşük, Orta	147- 184	Orta	F,WF, FF,İP,M	Düşük, Orta	78- 194	√		√		√

4.1.1.1 Grup 1

Bu gruptaki kesici aletler tek parça orta karbonlu çelikten üretilmiştir. Ancak her birinde uygulanan ısı işlemler nedeniyle üç alet de farklı içyapılara ve özelliklere sahiptir.

YT No.08'de tüm gövdeye su verilme işlemi uygulanmış ve martensite dönüşmüştür. Bu hali ile sert ama kırılğan olan kesici alet kullanılabilirlik açısından uygun değildir.

KH No.03'te ise tüm yapıda yumrulaşmış perlitlere rastlanmaktadır. Uç kısımlarda dönüşmemiş östenitler ve çeşitli irilikteki yumrulaşmış sementitler bu bölgenin uzun süreli menevişlenmiş martensit, perlit karışımı bir yapı olabileceğini işaret etmektedir. Sırtta yakın alınan numunede kenarlarda görülen karbonsuzlaşma emareleri de oksidasyon ortamında bir ısı etkiye maruz kaldığını düşündürmektedir. Bıçağın bu hale gelmesi üretim sonrasında bir süre kullanılması ve ocak içerisinde uzunca bir süre bırakılmasıyla açıklanabilir. İçyapının düşük ısılarda oluştuğu düşünülüğünde bıçağın bulunduğu ocağın mutfak ya da ısınma amaçlı kullanıma ait bir ocak olması beklenmektedir. Küreselleşmiş perlit tipi yapıların yangında ve bazı ölü yakma törenlerinde ölü ile birlikte bulunan bıçaklarda görüldüğü bildirilmiştir (Blakelock & McDonnell 2007: 44). Kullanım sonrası yapıda gerçekleşen değişiklikler göz ardı edildiğinde bıçağın üretim sonrası hali orta karbonlu çelik ve uçta martensit şeklinde olmalıdır.

KH No.10 kodlu kesici aletten alınan numunelerin içyapısı korozyon kalıntısı açısından temiz, içyapı bakımından ise homojendir. Kuyrukta ince perlit ve az miktarda yumrulaşmış perlit görülürken namlu kısmında yumrulaşmış perlit artmakta özellikle ağıza yakın bölüm tamamen bu tip yapılardan oluşmaktadır. Büyük ihtimalle ağız kısmında bölgesel su verme uygulanmış ve yapı bir süre menevişlenmiştir. Bölgesel su verme işlemi aletlerin sadece istenen bölgelerinin ısı işleminden etkilenmesi için uygulanan bir yöntemdir. Aletin kor halde iken sadece belli bir kısmının suya sokulabileceği gibi ısı işleminden etkilenmesi istenmeyen yerlerin kille kaplanıp suya sokulduğu teknikler uygulanmıştır. Az sayıdaki cüruf kalıntısının mangan oksit ve sülfidlerden oluşması bıçakta kullanılan malzemenin Grup 2'de yer alan kesici aletlerdeki ile benzer olduğunu göstermektedir. Büyük ihtimalle bu ürünün şekillendirildiği ara ürün orta karbonlu pota çeliğidir.

4.1.1.2 Grup 2

Bu gruptaki aletler tek parça yüksek karbonlu çelikten üretilmiştir. KU No.04 ve SA No.13 kodlu bıçaklar hem tip olarak hem de içyapı olarak birbirlerine çok benzemektedir. KU No.14'ün korozyon ile formunu kaybetmesi nedeniyle tipi tespit edilememiştir.

KU No.04 ve SA No.13 kodlu bıçakların içyapısında yumrulaşmış sementit adaları kesit boyunca sıralanırken fonda da yumrulaşmış perlit bulunmaktadır. Bıçak ve kılıç gibi aletlerin yüzeylerini süsleyen damask motifi bu karakteristik yapı sonucu oluşmaktadır. Pota çeliği kaynaklı külçelerin östenitleşme sıcaklığının altında dövülmesi ve menevişlenmesi işlemlerinin defalarca tekrarlanması ile yüzeyde damask motifleri görülebildiği deneysel çalışmalarla ispatlanmıştır (Verhoeven & Jones 1987). Bu nedenle bu aletler oldukça ustalık ve dikkat isteyen bir üretim süreci gerektirmektedir.

KU No.14'te ise sementit iğneleri dövülme ve menevişleme sonucu kırılmaya ve yumrulaşmaya başlamış ancak süreç henüz tamamlanmamıştır. İçyapı bu hali ile sert ancak kırılabilir bir malzemeye ait olduğunu haber vermektedir. İçeriği nedeniyle kesici alet olduğu düşünülen bu parçanın, pota çeliğinden bir külçenin Kubad Abad demirci atölyelerinde şekillendirilmesi yarım kalmış ya da başarısız bir hali olduğu düşünülebilir.

4.1.1.3 Grup 3

Aletin kesici olması istenilen bölgesine daha yüksek karbona sahip malzemenin döverek kaynatılması ve daha sonra su verilmesini içeren üretim yöntemidir.

YT No.01 ustura benzeri görünümü ile diğer kesici aletlerden ayrılmaktadır. Sırtta yakın bölümün fosforlu demir ve ağız bölümünün ise orta karbonlu çelikten şekillendirildiği içyapı ve cüruf kalıntılarının kimyasal içerik farklılıkları ile ortaya konmuştur.

KH No.11 kodlu testere olduğu düşünülen aletin ağız kısmı orta karbonlu çelikten üretilmiş, su verilmiş ardından menevişlenmiştir.

Bu örneğe ait tek bıçak türü olan TF No.11'de gövdede ferritik demir ağızda ise orta karbonlu martensitli yapı gözlemlenmiştir. Hafif kullanım aşınması gözlemlenmesine rağmen muhtemelen orta karbonlu sert bölge tükendiği için bu bıçağın kullanımına son verilmiştir.

4.1.1.4 Grup 4

Saf demir plakanın kıvrılması ve arasına konan orta karbonlu çeliğin dövülerek kaynatılması ile şekillendirilmiş kesici aletlerdir. Bu yöntemde su verme işlemi ile uç kısımlar martensite dönüştürülür. Sandviç tarzı denebilecek bu üretim yöntemi Grup 3'de kullanılan tekniğin daha gelişmiş bir varyasyonudur. Sadece uç kısma kaynak yapılan orta karbonlu malzemeler yanlardan gelen darbelere karşı dayanıksızdır ve pullar şeklinde kırılma eğilimindedir. YT No.01 kodlu buluntuda bu kırılmalar görülmektedir. Bu sorun kesici ağız

kalınlaştıkça artacağı için Grup 3'e ait yöntemle ancak ince ağızlı bıçaklar üretilmiştir. Kullanım aşınması sonucu kesici ağız tükenince ise bıçaklar atılmış ya da tamir edilmiştir.

Sandviç yöntemi ile üretilmiş ya da üretilmek istenmiş KH No.16 korozyona uğramış bir buluntudur. Buna rağmen kıvrılmış plaka ve içinde yer alan yeterince kaynatılmamış farklı özelliklere sahip malzeme görsel olarak tespit edilebilmiştir.

KH No.06 kodlu kesici aletin sadece kuyruk kısmından numune alınabilmiştir. Bu numunede tüm içyapı ferrit tanelerinden oluşmaktadır. Ancak numunenin ortasında uzanan dar bir bölge *çok küçük* taneli ferritlerden oluşmaktadır. Bu görüntü *büyük* taneli ferritli katmanın ortadaki bölgeyi kapladığını açık etmektedir. Büyük ihtimalle ortadaki katman kesici aletin namlu kısmında orta karbonlu olup ağızı oluşturmaktadır.

TF No.07'nin sandviç yöntemi ile üretildiği sırttaki ferritli bölgeyi ikiye ayıran kaynak esnasında kullanılmış kumlara ait sıralanmış cüruf kalıntıları ile anlaşılmıştır. Ferritli plakanın arasına yerleştirilmiş orta karbonlu malzemenin izi uçtan alınan numunede martensitli küçük bir bölge halinde görülebilmıştır.

4.1.1.5 Grup 5

Bu grup olarak belirlenen teknikte farklı karbon oranlarına sahip malzemelerden döverek ve katlayarak sıralı bir kompozit malzeme üretilmiş ardından katmanlı çelik (piled steel) adı verilen bu malzemeden kesici alet şekillendirilmiştir. Katmanlı çeliğin metalografi incelemesindeki benzer görünümü üretim esnasında farklı katmanların aletin üzerine kaynatılması sonucu da oluşturulabilir. Bu iki yöntemi birbirinden ayırmak çok güçtür (McDonnell 1989: 376). Bu tez çalışmasında ince ve aralarında kaynak çizgisi, çok miktarda kaynak kumu kalıntısı görülmeyen bantlar katmanlı çeliğe ait olduğu şeklinde değerlendirilmektedir.

Bu teknikte üretilen tek örnek KH No.15 kodlu kesici alet parçasıdır. Bu kesici aletin üretiminde katmanlı çeliğin kullanıldığı namlu bölümünden alınan örnekte sıralı haldeki orta karbonlu ve düşük karbonlu çelik bantlarından anlaşılmaktadır. Ayrıca kuyruk kısmının kalınlaşması için bu bölümün döndürülerek dövüldüğü yine içyapı dizilişinden anlaşılmaktadır.

4.1.1.6 Grup 6

Tek parça çelik kullanımı, uç bölgeye çelik kaynatılması ve sandviç yöntemlerinden daha gelişmiş üretim yöntemi Grup 6 sınıfına giren kesici aletlerde görülmüştür. Bu aletlerde ortaya

ve ağıza denk gelecek orta karbonlu geniş katmanın etrafını katmanlı çelik ya da tek tek etrafına kaynatılmış orta ve düşük karbonlu çelikler kaplamaktadır. Sırt bölgesine ayrıca demir eklenmiş ya da orta bölgeye denk gelecek katmanın sırtı karbonsuzlaştırılmıştır. Su verme işleminin tüm gövdeye uygulanması ile bıçakta genel bir sertlik sağlanmıştır. Bu işlemi takip eden menevişleme ise uç kısmındaki kırılabilirliğin bir miktar azaltılması için kullanılmıştır. Böylelikle optimum özelliklere sahip bıçaklar üretilmiştir.

Bu tekniğe uygun olarak üretilmiş bıçaklar Kubad Abad'dan *Tip B.x* formuna sahip KU No.07 ve 11, Kinet Höyük'ten *Tip A.z* formundaki KH No.13'tür. Son örnek Kubad Abad örneklerine göre çok daha büyük ebatlıdır.

4.1.1.7 Grup 7

Desenli kaynatma tekniği farklı özelliklere sahip demir içerikli malzemelerin döverek kaynatılması, belli bir düzen dâhilinde döndürülmesi ve döverek şekil verilmesi basamaklarından oluşmaktadır. Şekillendirme işleminin ardından asitli killerle ya da organik-inorganik karışımlarla (Smith & Haxthorne 1974: 49) yüzey dağlanır ve farklı özelliklere sahip katmanların yüzeyde çeşitli motifler oluşturması sağlanır. Desenli kaynatmanın katmanlı çeliğe oranla herhangi bir teknik üstünlüğü olmamasına rağmen bu teknik Avrupa'da özellikle MS.3 ila 10. yüzyıl arasında sayısız kılıç üretiminde (Lang 1975: 203) kullanılmıştır. Bu yöntemin Orta ve Güney Asya kaynaklı damask motifi oluşturan pota çeliğine alternatif olarak uygulandığı düşünülmektedir (Stanley 1964: 157).

Desenli kaynatma tekniğinin kullanıldığı kesici alet Hisn al-Tinat'ta Arap yerleşim tabakalarından geldiği düşünülen TF No.12'dir. Bu kesici alet çalışmanın en eski ve aynı zamanda kaplamalı kabzası bulunan tek örneğidir. Sırtta yakın bölümde alınan kesitin kenarlarında gözlenen kıvrımlı orta karbonlu çelik ve fosforlu demir bölgeleri desenli kaynatma tekniği ile şekillendirilmiş izlenimi vermektedir. Ortada kıvrımlı hatların arasında kalmış ferritli bölge kesici aletin ana gövdesinin oluşturmaktadır. Uçtan alınan örnekte birbiri içine kıvrılmış katmanlardan birisi hariç hepsi tamamen korozyona uğramıştır. Aletin namlu kısmının neredeyse tamamen tükenene kadar kullanılmış olması fosforlu demir, orta karbonlu çelik-martensit ve ferrit malzemelerinden oluşan kompozit yapının dayanıklı olduğunu ve muhtemelen yüzey görünümünün katkısıyla da uzun süre kullanıldığını işaret etmektedir.

4.1.2 Metal Gövde Kimyasal Analizlerine Göre

Cevherde, yakıtta ve fırın/ocak duvarlarında bulunan demir, fosfor, silika, mangan, alüminyum, kalsiyum, potasyum ve titanyum gibi elementlerin üretim sürecindeki davranışları üretim yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Tablo 4.3).

Doğrudan izabe yönteminde çoğu element oksitlenerek ya da hiçbir tepkimeye uğramayarak doğrudan cürufa geçmektedir. Bu yöntemde demir üretim verimliliği düşük olup, metal gövde içerisindeki katışkı oranı azdır. Doğrudan izabe yönteminde katışkı olarak rastlanan mangan elementinin davranışı biraz daha karmaşıktır. İzabe işlemi esnasında genellikle ulaşılan sıcaklıklarda manganın indirgenerek dikkate değer oranlarda metale geçmesi imkânsızdır. Ancak çok zengin mangan içerikli cevherlerde ya da yüksek ısılı üretim işlemlerinde bu oran %0,50'yi bulabilmektedir. Hatta Antik Noricum'da Erken Roma dönemine ait nadir kılıç örneklerinde doğrudan izabe işlemi kaynaklı demirden üretilmiş olmasına rağmen %1 mangan içerikli luppeler kullanıldığı belirtilmektedir (Rostoker & Bronson 1990: 20).

Pota çeliği ve dökme demir teknolojilerinde ise yüksek oranda demir indirgenmekte, cevherdeki fosfor, silika, mangan gibi elementler yüksek oranlarda ürüne geçmektedir.

Tablo 4.3. Cevher, odun kömürü ve fırın/ocak duvarlarındaki elementlerin üretim yöntemlerine göre davranışları.

Element	Doğrudan İzabe	Pota Çeliği / Dökme Demir
Fe	M/ O	M
P	M / O	M
Si	O	M/O
Mn	M/O	M/O (sülfid formunda)
Al	O	O
Ca	O	O
K	O	O
Ti	O	M/O

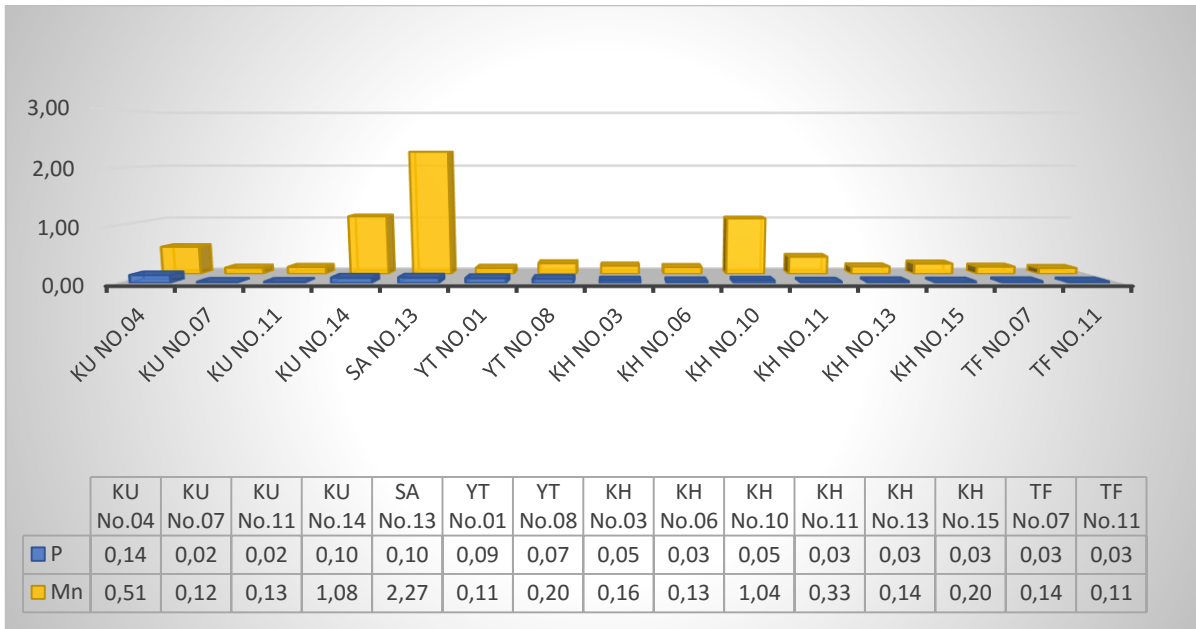
(M: Metale geçer, O:Oksit halde cürufa geçer) (Dillmann & L'Héritier 2007: 1816)

Kesici aletlerden alınan numunelerdeki kimyasal analizler metal gövdenin farklı noktalarından SEM/EDX yöntemi ile gerçekleştirilmiş, elementlerin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri tespit edilmiştir. Grup 1 ve 2 dışındaki kesici aletlerin farklı malzemelerin kaynatılması sonucu üretilmesi nedeniyle bu aletlerden alınan ölçümler birden fazla malzemenin kimyasal içeriklerini karışmış bir şekilde sunmaktadır. Demir dışında fosfor, silika,

mangan ve titanyum elementlerinin üretim esnasında metale geçebildiği için bu elementlerin oranlarının incelenmesi yöntemlerin ayrıştırılmasında yardımcı olabilmektedir.

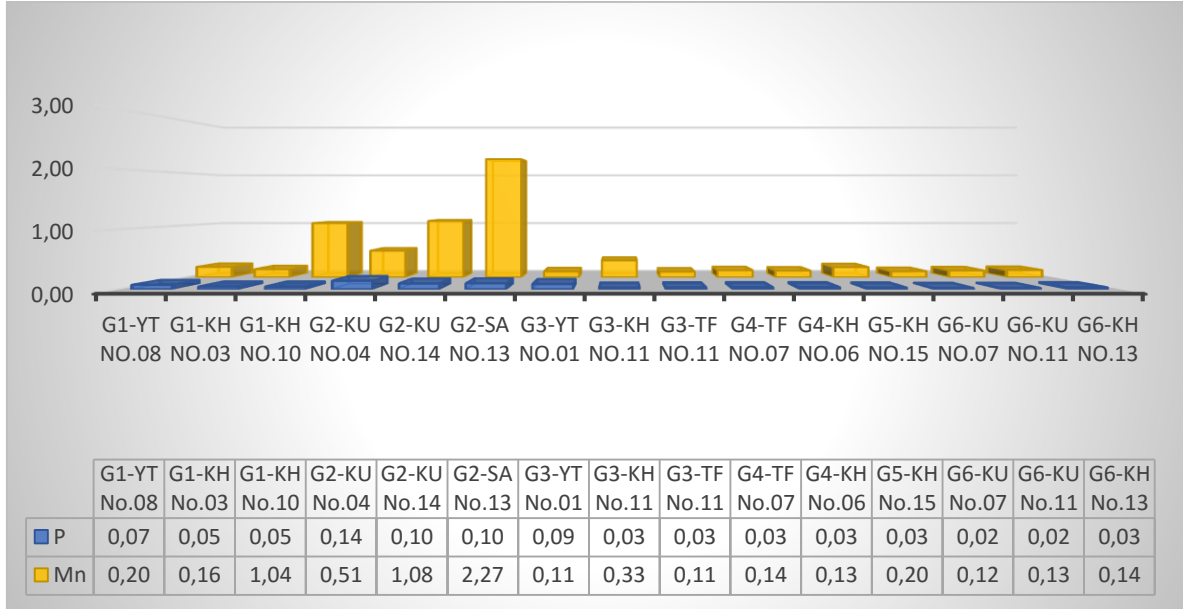
SEM/EDX analizleri ile fosfor elementi ağırlık yüzdesi tespit hassasiyetinde (%0,7) ve üzerinde içeriğe ait 5 kesici alet tespit edilmiştir. Bu aletlerin çıkarıldığı yerler Kubad Abad, Samsat ve Yumuktepe'dir. Numunelerdeki mangan içerikleri ise daha belirgin farklılıklar göstermektedir. %0,50 ve üzerinde mangan içeren 4 alet Kubad Abad, Yumuktepe ve Kinet Höyük kaynaklıdır (Şekil 4.1).

Şekil 4.1. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen kesici aletlerdeki mangan ve fosfor elementlerinin ağırlıkça yüzde oranları.



Bu analizlerin aletlerin üretim yöntemlerine göre gruplanmasında ise özellikle mangan içeriğinde bir kümeleşme görülmektedir (Şekil 4.2). Grup 2'den alınan numunelerde mangan oranı yüksek değerlerde iken fosfor oranları %0,1 civarındadır. Grup 1'e ait olan KH No.10 ise yüksek mangan oranı ile bu gruba yanaşmaktadır. Fosfor ve manganın indirgen ortamda gerçekleşen tepkimelerde metal gövdeye katıldığı düşünüldüğünde bu 4 alette kullanılan demir içerikli malzemenin diğerlerinden farklı bir üretim teknolojisi kaynaklı olduğu söylenebilmektedir. Bu farklı teknoloji ise Grup 2 numunelerinin içyapı özelliklerine bakarak pota çeliğidir. KH No.10'un ise karbon oranının yüksek olmamasına rağmen aynı üretim yöntemi kaynaklı malzemeye sahip olması çok büyük bir ihtimaldir. Bu durum cüraf kalıntıları kimyasal analizleri sonuçları ile tekrar değerlendirilecektir.

Şekil 4.2. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen kesici aletlerdeki mangan ve fosfor elementlerinin ağırlıkça yüzde oranlarının üretim yöntemlerine göre gruplanması.



Grup 2 ve KH No.10 dışındaki tüm aletlerde kullanılan malzeme doğrudan izabe işlemi kaynaklıdır. Yumuktepe buluntularında yüksek fosforlu, KH No.03 ve 11'de ise yüksek manganlı cevherler kullanıldığı ya da izabe işleminde daha yüksek sıcaklıklara çıkılarak karbonca zengin bir atmosfer yaratıldığı görülmektedir.

4.1.3 Cüruf Kalıntıları Kimyasal Analizlerine Göre

Doğrudan izabe yöntemi kaynaklı luppelerden üretilmiş tüm arkeolojik buluntularda çeşitli miktarlarda cüruf kalıntıları gözlemlenmektedir. Bu kalıntılardan bazıları izabe işlemi esnasında oluşan demirin içine hapsolmuş birincil cüruf kalıntıları, bazıları ise rafine sürecinde ya da demirci ocağında şekillendirme esnasında demirin kendisi ile ocak malzemesinin, odun kömürünün veya kaynak kumunun reaksiyona girmesi sonucu oluşmuş ikincil cüruf kalıntılarıdır (Blakelock et al. 2009: 1746). Birincil cüruf kalıntılarının rafine ve dövme işlemlerinde fiziksel ve kimyasal olarak dönüşümlere uğraması incelenen numunelerdeki cüruf kalıntılarını karmaşık yapı ve kompozisyonlara sahip veri havuzları haline getirmektedir.

Cüruf kalıntılarının içeriğinde yer alan oksitlerden mangan oksit, kükürt oksit, fosfor oksit gibi bazı oksitler izabe işlemi ve sonrasında indirgenerek metal gövde içerisine karışmaktadır. Ancak indirgenmeyen oksitler olarak adlandırılanlar bütün süreç boyunca bu cüruf kalıntılarında kalmaktadırlar, dolayısıyla bunların ağırlık oranlarının birbirleriyle uyumlu olması

beklenmektedir. İndirgenmeyen oksitlerin kaynaklarına bakıldığında bu oranlar demirin üretildiği cevhere, izabe fırını, şekillendirme ocağı malzemelerine yönelik bazı ipuçları vermektedirler (Dillmann & L'Héritier 2007).

Tablo 4.4. Cüruf kalıntılarındaki oksitlerin muhtemel kaynakları.

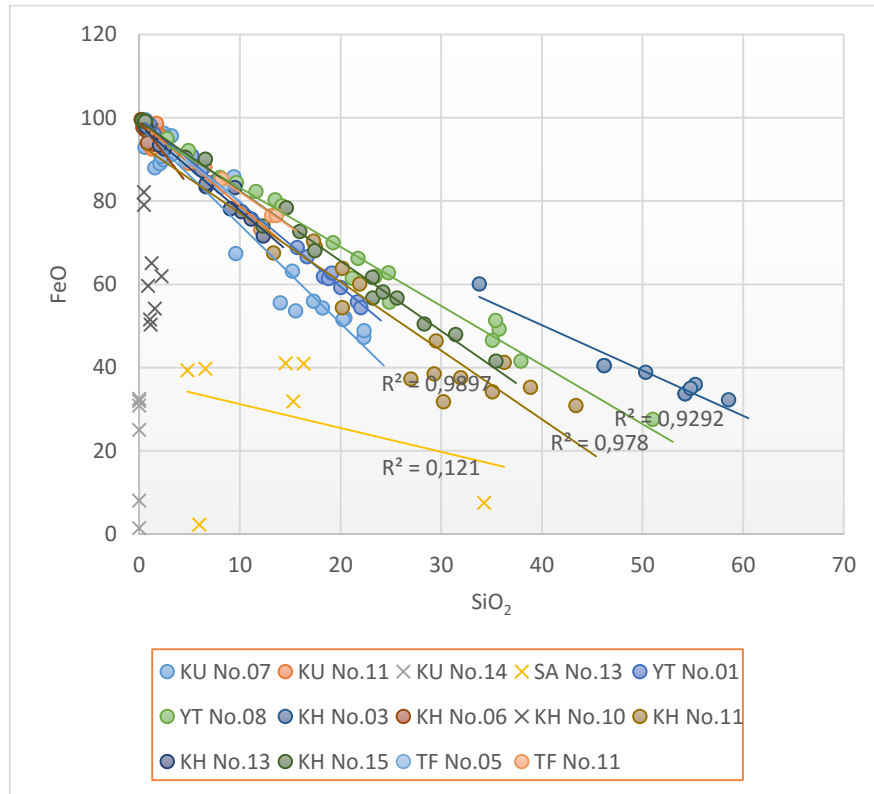
	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	SrO	BaO
İzabe Cürufu	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Kil (Ocak malzemesi)		⊙	⊙	⊙		⊙		⊙
Odun Külü	⊙			⊙	⊙		⊙	
Kaynak Kumu			⊙					

Cüruf kalıntılarında bulunan demir oksit oranı değişken olup metalürjik işlem süreçlerinde indirgenerek metal gövdeye karışmakta ve azalabilmektedir. Bu durum cürufların indirgenemeyen oksitlerce zenginleşmesine neden olur. Aynı izabe süreci kaynaklı cüruf kalıntılarındaki FeO/SiO₂ ağırlık yüzdesi oranlarının doğrusal bir ilişki içinde olması beklenmektedir. Bu doğrunun eğimi ise cüruf içeriğindeki silika dışındaki diğer katışıklara bağlıdır. Çok katışıklı cevher kaynaklı cüruf kalıntıları ile hazırlanan FeO/SiO₂ ağırlık yüzdesi grafiklerinde eğimli çizgi düşük SiO₂ bölgelerine yaklaşmaktadır (Buchwald & Wivel 1998: 77).

Demirin tamamen eritildiği dökme demir teknolojilerinde üretim cürufu metalden tamamen ayrılmaktadır. Bu tip ürünlerde görülen az miktarda cüruf kalıntısı çoğunlukla karbonsuzlaştırma ve şekillendirme işlemlerinde metale karışmaktadır. Pota çeliği ürünlerinde ise çok az üretim kaynaklı cürufa rastlanmaktadır.

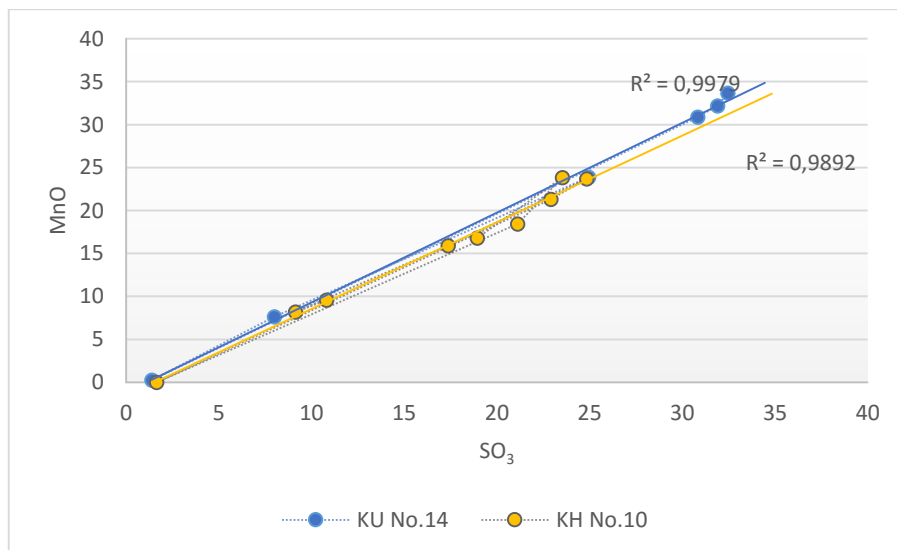
İzabe işlemi kaynaklı luppelerden üretildiği düşünülen tüm aletlere ait cüruf kalıntılarında yapılan ölçümler sonucunda FeO/SiO₂ oranları doğrusal denklemler ile ilgili grafikte sıralanmaktadır (Şekil 4.3). Her alete özgü ölçüm noktalarının birbirleriyle uyumlu ilişkisi 1'e çok yakın determinasyon katsayıları ile görülmektedir. Ancak KU No.14, SA No.13 ve KH No.10'a ait ölçümler çok dağınık bir görünüm sergilemektedirler. FeO/SiO₂ oranlarının birbirleriyle uyumlu olduklarını söylemek mümkün değildir. KU No.04 kodlu numunede hiç cüruf kalıntısına rastlanmadığı için bu örnekten ölçüm alınamamıştır.

Şekil 4.3. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen kesici aletlerdeki cüruf kalıntılarında FeO/SiO₂ oranları.



KU No.14 ve KH No.10 kodlu numunelerde yer alan cüruf kalıntıları yüksek mangan ve kükürt oksit içeriğine sahiptir. Bu iki oksidin miktarları birbirleriyle doğrusal orantılıdır (Şekil 4.4). SA No.13'teki cüruf kalıntıları yüksek mangan oksit içerirken, kükürt oksit miktarı düşüktür.

Şekil 4.4. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen kesici aletlerdeki cüruf kalıntılarında SO₃/MnO oranları.



Pota çeliğindeki manganlı cürufların kaynağı çelik reçetesinde yer alan manganca zengin inorganik maddeler olmalıdır. 12. yüzyıla ait bir yazmada Al Tarusi pota çeliği üretimini anlatırken pota içerisinde eritmek üzere hazırlanan karışıma mangan eklenişinden bahsetmektedir (Craddock 2003: 244). Ayrıca manganca zengin cüruf kalıntılarında Türkmenistan'ın Merv kentinde yapılan arkeolojik kazılarda ele geçen pota kalıntılarında rastlanmıştır (Feuerbach 2005: 29). Manganın ekleniş nedenlerinden birisinin çeliğe geçebilecek ve kırılma eğilimine neden olacak sülfürü tutmak ve cüruf kalıntılarında hapsedmek olduğu düşünülmektedir (Allan & Gilmour 2000: 477). KU No.14 ve KH No.10 kodlu numunelerdeki SO₃/MnO oranlarının uyumlu oluşu bu bilgiyi doğrulamaktadır. Öte yandan potaya eklenen manganca zengin madde aynı zamanda metalin kendisinin de mangan oranını yükseltmektedir. Bu durum hem damask motifinin oluşmasına hem de yapının sertleşmesine katkı sunmaktadır.

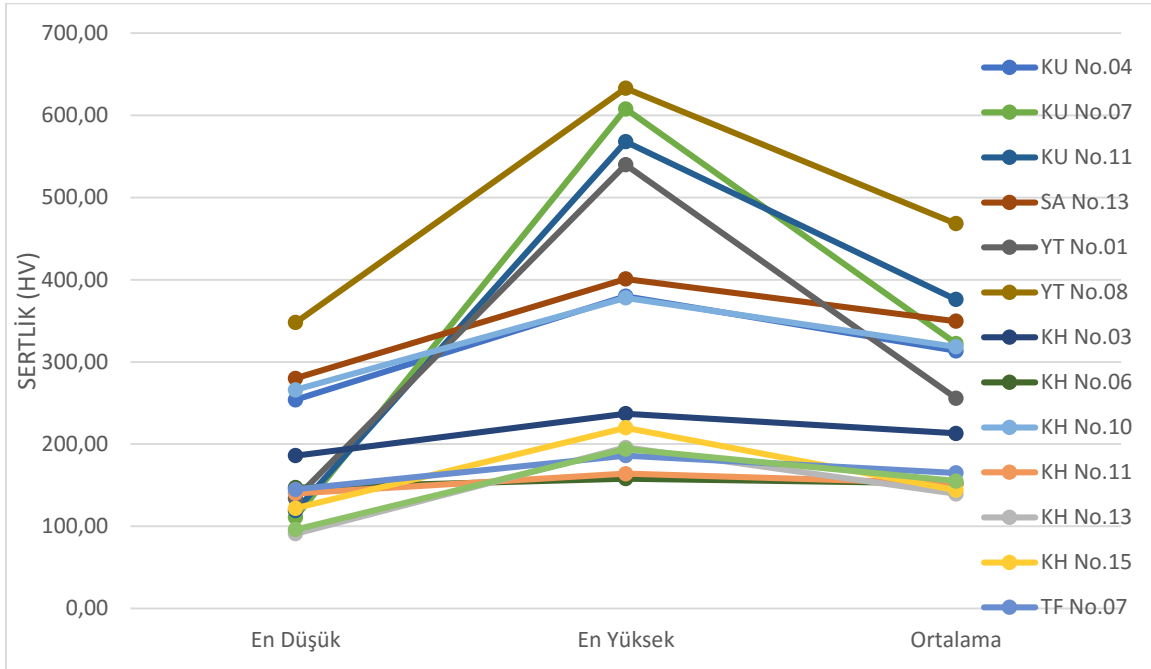
Pota çeliklerine ait cüruf kalıntılarında rastlanılan yüksek sülfürün doğrudan izabe işlemi ile üretilen demirlerde görülmemesinde demir ya da çeliğin üretimi esnasında kullanılan demir cevherinin ya da yakıt türünün etkili olabileceği düşünülmektedir. Özellikle taş kömürlerinde çoğunlukla rastlanılan yüksek kükürt miktarı üretim esnasındaki yüksek sıcaklıklarda metal gövdeye rahatlıkla geçebilmektedir. 20. yüzyılın başında Çin'deki dökme demir üreticilerinin şekillendirmesi yapılacak ürüne göre yakıt tercihi yaptıkları, kırılma eğiliminin istenmediği durumlarda odun kömürü, bu özelliğin tolere edilebildiği durumlarda ise taş kömürü kullandıkları bildirilmektedir (Rostoker & Bronson 1990: 21). Eğer bölgede bu teknolojik bilgiye Ortaçağ'da da sahip olduğu kabul edilirse, Hyderabad türü pota çeliklerinde dökme demir ve dövme demirin beraber potalarda eritildiği düşünüldüğünde, reçetede yer alan dökme demirin taş kömürü kullanılmış fırınlarda üretilmiş olması kükürtün kaynağı konusunda mantıklı bir açıklama sunmaktadır.

4.1.4 Sertlik Değerlerine Göre

Sertlik analizleri sonucunda ortalama sertliği en yüksek olan kesici aletler YT No.08, KU No.11, SA No.13, KU No.07, KH No.10, KU No.04 şeklinde sıralanmaktadır. Bu aletlerden YT No.08'in tüm gövdesinin martensit yapıda olması nedeniyle kırılma eğilimi olduğu görülmüştür. KU No.11 ve KU No.07 kodlu bıçaklarda 100 HV civarında çok yumuşak ve 550-600 HV arasında çok sert noktalar bulunmaktadır. Bu bıçaklara ait ortalama sertliklerinin 376 ve 318 HV oluşu üretiminde farklı malzemeler kullanıldığını ve uygun bir ortalama sertlik elde edildiğini göstermektedir.

Öte yandan SA No.13, KU No.07 ve KH No.10'da ölçüm yapılan en yumuşak ve en sert noktalar arasında çok büyük farklar bulunmamaktadır. Bu üç bıçaktaki ortalama sertlik 315-340 HV aralığında olup birbirlerine çok yakındır. Pota çeliğinin içyapısında gözlenen homojen karakter sertliğe yansması bu ölçümlerle ortaya çıkmıştır. Pota çeliklerinin yüksek karbonlu olmasına rağmen menevişleme ve dövme işlemlerinin tekrarlanması esnasında yumuşama eğiliminde olduğu içyapılarından da görülmektedir. Ancak bu süreç malzemeye dayanıklılık ve süneklik de kazandırmaktadır. Ağızlarının körelmesi durumunda bu kesici aletler taşlanarak çok daha uzun süre kullanılabilirler. Bu nedenle pota çeliğinden üretilen bıçakların sadece yüzeylerinde oluşan damask motifleri nedeniyle değil aynı zamanda üstün mekanik özellikleri nedeniyle tercih edildiği söylenebilir (Moshtagh Khorasani & Hynninen 2013: 159).

Şekil 4.5. Sertlik ölçümlerinde elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerler.



Farklı malzemelerin kaynatılarak üretildiğini gösteren başka bir örnek kesici ağızda martensit sırtta ise yumuşak demir bulunan YT No.01'dir. Bu alettaki sırt ve ağız arasında sertlik farkı 400 HV'yi aşmaktadır.

Bulutlu hali ile ortalama sertlik değeri 213 HV olan KH No.03'ün üretim sonrasında sertliğinin çok daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Bu kesici aletin kullanım sonrası ocakta kalması nedeniyle içyapısında yumuşama meydana gelmiştir.

Diğer kesici aletlerin ortalama sertlik değerleri 144-165 HV arasında değişmektedir. Bu kesici aletler arasında fosforlu demir ve martensit karışımı yapılar içeren TF No.12 gibi daha sert olması beklenen örnekler bulunmaktadır. Sert noktaların kullanım aşınması veya korozyon nedeniyle kaybolması bu ölçümlerde güvenilir sonuçlar elde edilememesinin nedenlerinden birisidir.

4.1.5 Genel Değerlendirme

Ortaçağ'da Anadolu'da kullanılan kesici aletlerin üretildiği ara ürünler pota çeliği külçeleri ve doğrudan izabe yöntemi kaynaklı luppelerdir.

Tek parça pota çeliği külçenin dövülmesi ile şekillendirilmiş olan dört bıçaktan ikisi Kubad Abad'da, birer tanesi ise Samsat ve Kinet Höyük'te ele geçmiştir. Kinet Höyük'teki bıçak diğerlerine göre daha az karbonlu olup, sertliği daha düşüktür. Yüzeyde herhangi bir damask motifi bulunmayan bu bıçakta sertliği arttırmak için su verme işlemi uygulanmıştır. SA No.13 ve KU No.04 kodlu bıçaklarda yüzeyde damask motifi bulunması beklenmektedir. KU No.14 kodlu bıçak ise bu motifin oluşması için gerekli olan şekillendirme ve ısıl işlemlerin yarım kalmış olması nedeniyle diğer iki örnekten ayrılmaktadır. Bu kesici aletin buluntu halinin tam olarak bir bıçağı yansıtmaması üretimi yarıda bırakılmış ya da hatalı üretilmiş bir ürün olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle Kubad Abad'daki demirci atölyelerinde pota çeliği külçelerinin şekillendirilmeye çalışıldığı öne sürülebilir.

Luppelerden şekillendirilmiş kesici aletler arasında malzeme ve tasarım özelliklerine göre en üstün örnekler Grup 6'da yer almaktadırlar. Bu gruptaki KU No.07 ve 11, KH No.13 ile karşılaştırıldıklarında çok daha küçük boyuttadır. Bu nedenle bu bıçakların üretimi daha usta bir işçilik gerektirmektedir.

Hisn al-Tinat'ta Erken İslam tabakasında bulunan TF No.12 kodlu kesici aletin desenli kaynatma yöntemi ile üretilmiş olması ilginç bir bulgudur. Desenli kaynatma yönteminin daha çok Avrupa kıtasında üretilen kılıçlarda pota çeliği ile oluşan damask motifini taklit eden bir uygulama olması ve buna rağmen bu coğrafyada ve tarihsel dönemde rastlanması dikkat çekicidir. Ancak TF No.12'nin bütün çalışmanın tek örneği olması bir genelleme yapılmasını engellemektedir.

Tüm üretim yöntemleri ve kullanılan malzemeler dikkate alındığında kesici alet üretiminde Ortaçağ'da Anadolu'da belli bir grubun daha çok tercih edildiğini söylemek mümkün değildir. Özellikle Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat beraber değerlendirildiğinde KH No.10'un da bir pota

çeliği ürünü olduğu kabul edilirse, her gruptan en az bir kesici alet bu bölgede bulunmuştur. Bu kesici aletlerin tespit edilebilen tipleri A, C ve D sınıflarındadır. Hem üretim yöntemi hem de tip olarak çeşitlilikte bu iki yerleşim yerinin ticaret açısından oldukça hareketli limanlara sahip olmasının da muhakkak bir etkisi vardır. Çeşitli kesici aletlerin ticaret yoluyla buraya gelmiş olabilecekleri gibi üretim yöntemleri konusunda da yerel demircilere bilgi akışı sağlanmış olabilir. Öte yandan Kubad Abad ve Samsat kesici aletlerinden tam formu belli olan dört bıçağın dördü de *B.x* tipindedir. Bir parçası ele geçmiş olan kesici alet de eklendiğinde beş kesici aletin üçü pota çeliğinden üretilmiş olup diğer ikisi Grup 6'da değerlendirildiği gibi karmaşık bir yöntemle üretilmiştir. Kubad Abad'ın bir saray sitesi olduğu göz önüne alındığında burada kaliteli üretimlerin kullanılmış olması akla yatkın gelmektedir. Samsat örneği ise hiç kullanılmış olup binlerce okucunun yer aldığı depoda bulunmuştur. Bu kadar kaliteli bir üretim belki de kalenin değerli misafirlerine hediye edilmek üzere saklanmıştır.

Anadolu'da Ortaçağ'da kullanılmış olan kesici aletlerin benzer dönemlerde farklı coğrafyalardaki türdeşlerini inceleyen çalışmalar incelendiğinde, Britanya'da Erken Ortaçağ'da 75 bıçaklı bir incelemede en çok tercih edilen bıçakların sırtları kıvrımlı ve ağız kısımlarına çelik kaynatılmış üretimler olduğu bildirilmektedir (Blakelock & McDonnell 2007). Bu bıçaklar bu tez projesinde *Tip A*'ya ve üretim yöntemi olarak Grup 3'e denk gelmektedir. Yine aynı çalışmada Grup 4 ve Grup 1'de yer alabilecek bıçakların ise sırasıyla ikinci ve üçüncü en çok rastlanılan bıçaklar olduğu belirtilmiştir.

4.2 Okucu - Mızrak Ucu

Okuçları ve mızrak uçlarından hazırlanan numunelerde yapılan analizlerde tespit edilen bulgular toplu halde Tablo 4.5 ve 5.6'da görülmektedir. Bu tablodaki bilgiler ve kimyasal analiz sonuçları ile birlikte buluntular üretim yöntemlerine, sertliklerine, metal gövdeleri ve içerdikleri cürufları kimyasal analizlerine göre değerlendirilmektedir.

4.2.1 Üretim Yöntemlerine Göre

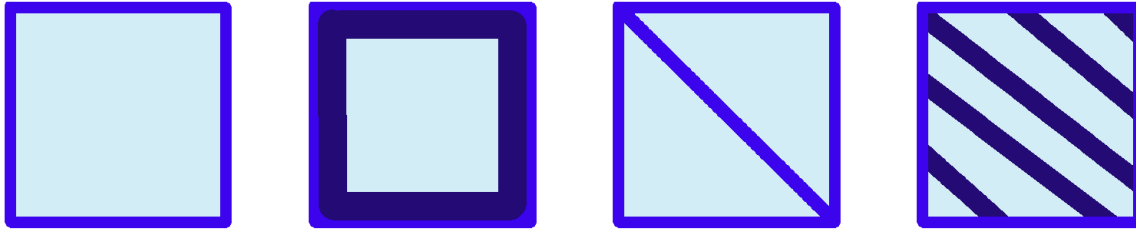
Okucu ve mızrak uçlarında malzeme ve üretim yöntemi seçiminin tiplere ve kazı alanlarına göre farklılık gösterip göstermediğini anlamak için bir sınıflandırmaya gitme ihtiyacı duyulmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen örneklerde tespit edilen 4 grulu bu sınıflandırma için kullanılan malzeme türleri, sayısı ve uygulanan metalürjik yöntemlere dikkat edilmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.5. Okucu ve mızrak uçlarında yapılan arkeometrik analizlerin bulguları.

Kazı Alanı	Buluntu Kodu	Tip	İğne Bölümü				Namlu Bölümü				Metalürjik Uygulamalar		
			Cüruf Kalınlıkları	Gözlemlenen İyapılar	Karbon Miktarı	Sertlik (HV)	Cüruf Kalınlıkları	Gözlemlenen İyapılar	Karbon Miktarları	Sertlik (HV)	Sertleşme Yüzey	Katmanlı Çelik	Kaynak
Kubad Abad	KU No.06	B.1.y	Orta	F, WF	Düşük	200-224	Orta	F, P	Düşük	171-198		√	√
	KU No.08	B.1.y	Temiz	F, P	Düşük	102-155	Temiz	F, P	Düşük	170- 213			√
	KU No.09	B.2.y	Orta	F, WF, P	Düşük	158-204	Orta	KP, F, WF	Düşük	125- 184		√	√
	KU No.10	B.2.x	Orta	KP,WF, F	Düşük, Orta	---	---	KP, F, WF	Düşük, Orta	---			√
	KU No.12	B.1	Kirli	F, P	Düşük	178-211	Orta	F	Düşük	102-133			
	KU No.15	B	---	---	---	---	Orta	F,WF,P	Düşük, Orta	---	√		
Samsat	SA No.01	A.2	Kirli	F	Düşük	---	Kirli	F	Düşük	---			
	SA No.02	A.2.x	Kirli	F, WF, P	Düşük	---	Orta	F, WF, KP	Düşük, Orta	---	√		
	SA No.03	A.2	Temiz	F	Düşük	84-131	Temiz	F	Düşük	97-101			
	SA No.04	A.2.x	Kirli	F	Düşük	70-78	Orta	F	Düşük	70-82			
	SA No.05	A.2.x	Kirli	F	Düşük	---	Kirli	F	Düşük	---			
	SA No.06	A.1.x	Orta	F	Düşük	---	Orta	F	Düşük	---			
	SA No.07	A.1.x	Kirli	F, WF	Düşük	71-99	Kirli	F, WF, P	Düşük	93-124	√		
	SA No.08	A.1.x	Kirli	F, WF	Düşük	---	Orta	F, WF, KP	Düşük, Orta	---	√		
	SA No.09	A.1.x	Orta	F,P	Düşük, Orta	92-117	Temiz	F, WF, KP, S	Düşük, Orta, Yüksek	97-133	√		
	SA No.10	A.1.x	Orta	F	Düşük	---	Kirli	F, WF, İP	Düşük, Orta	---	√		
	SA No.11	A.1.x	Kirli	F	Düşük	---	Kirli	F	Düşük	---			
	SA No.12	A.1.x	---	---	---	---	?	F, P	Düşük, Orta	---	?		

Tablo 4.6 (Tablo 5.5 devamı). Okucu ve mızrak uçlarında yapılan arkeometrik analizlerin bulguları.

Kazı Alanı	Buluntu Kodu	Tip	İğne Bölümü				Namlu Bölümü				Metalürjik Uygulamalar		
			Cüruf Kalınlıkları	Gözlemlenen İyapılar	Karbon Miktarı	Sertlik (HV)	Cüruf Kalınlıkları	Gözlemlenen İyapılar	Karbon Miktarları	Sertlik (HV)	Sertleştirme	Yüzey Çelik	Katmanlı Çelik
YT	YTNo.05	A.1.x	Orta	F	Düşük	114-137	Orta	FF	Düşük	172-192			
	YTNo.06	A.1.x	Orta	F	Düşük	---	Orta	F	Düşük	---			
Kinet	KH No.04	A.1.x	Kirli	F, P	Düşük	118-138	Orta	F, WF, İP	Düşük,Orta	181-217	√		
	KH No.07	A.1.x	Kirli	F	Düşük	---	Kirli	F, WF, İP	Düşük,Orta	---	√		
	KH No.08	A.1.x	Orta	F	Düşük	---	Kirli	F, WF, İP	Düşük,Orta	---	√		
	KH No.09	B.1.x	Orta	F, WF, İP	Düşük,Orta	---	Orta	F, WF, İP	Düşük,Orta	---	√		

Tablo 4.7. Kullanılan malzemeler ve üretim yöntemlerine göre okuçları ve mızrak uçları.

GRUP 1		GRUP 2		GRUP 3		GRUP 4	
Kodu	Tipi	Kodu	Tipi	Kodu	Tipi	Kodu	Tip
KU No.12	B.1	KU No.15	B	KU No.08	B.1.y	KU No.06	B.1.y
SA No.01	A.2	SA No.02	A.2.x	KU No.10	B.2.x	KU No.09	B.2.y
SA No.03	A.2	SA No.07	A.1.x				
SA No.04	A.2.x	SA No.08	A.1.x				
SA No.05	A.2.x	SA No.09	A.1.x				
SA No.06	A.1.x	SA No.10	A.1.x				
SA No.11	A.1.x	KH No.04	A.1.x				
YT No.05	A.1.x	KH No.07	A.1.x				
YT No.06	A.1.x	KH No.08	A.1.x				
		KH No.09	B.1.x				

4.2.1.1 Grup 1

Bu gruptaki okucu ve mızrak uçlarında az karbonlu luppe doğrudan aletin formunda şekillendirilmiş ve ayrıca bir metalürjik işlem uygulanmamıştır.

Bu gruba giren B tipi yassı kesitli tek okucu Kubad Abad'da bulunan KU No.12'dir. Bu aletin üretimi yarıda kalmış bir okucu olduğu düşünüldüğünde bitmiş hali ile bu gruba dâhil olmayacağı açıktır. Eğer üretim süreci devam etseydi başka bir parçaya kaynatılma ya da şekillendirme sonrası bir ısıtma işlemi uygulanma ihtimali yüksektir.

Samsat'tan çalışmaya dâhil edilen mızrak uçlarından dördü, okuçlarından ise ikisi bu grupta yer almaktadır. Mızrak uçlarından sadece bir tanesinin bu grubun dışında kalması nedeniyle mızrak uçlarında karbürleme işleminin genellikle uygulanmadığı söylenebilir. Bu uçların herhangi bir sertleştirme işlemine gerek duymadan ağırlığı ile istenilen etkiyi yaptığı

düşünölmüş olabilir. Karbürleme işleminin uygulanmadığı okuçlarından SA No.06 13,90 gram ağırlığı ile mızrak ucu sınırına en yakın örnektir. SA No.11 kodlu örneğin ucundan alınan Numune B'deki kalın korozyon tabakası kabuk sertleştirme işleminin uygulanıp uygulanmadığı konusunda bilgi edinmeyi imkânsız hale getirmiştir.

Yumuktepe höyüğü buluntuları arasında yer alan dörtgen kesitli okuçlarının ikisinde de üretim sonrası herhangi bir ısıl işleme dair bir iz bulunamamıştır.

4.2.1.2 Grup 2

Tek parça luppenin şekillendirilmesinin ardından kabuk sertleştirme işleminin uygulandığı örnekler Grup 2'de sınıflandırılmıştır.

Kubad Abad'da KU No.15 kodlu buluntunun ait olduğu düşünölen B tipi bir okucunun bilezik ve iğne bölümünde karbürleme işleminin uygulandığı tespit edilmiştir. Namlu kısmının bulunmayışı burada uygulanan şekillendirme ve metalürjik uygulamaların tespit edilememesine neden olmuştur.

Samsat'ta kabuk sertleştirme işleminin uygulandığı beş örnekten dördü okucu biri ise mızrak ucudur. İşlem esnasında gerçekleşen karbürlemenin çok güçlü olduğu SA No.09'da olduğu gibi bazı örnekler de fark edilen sementit oluşumları ve korozyon kayıplarına rağmen kalınlığını koruyabilen karbonlu tabakalardan anlaşılmıştır.

Kinet Höyük'te ele geçen A ve B tipi tüm okuçlarının tek parça ara üründen dövüldüğü ve ardından kabuk sertleştirmenin uygulandığı yapılan incelemelerle ortaya çıkmıştır.

4.2.1.3 Grup 3

Okuçlarının iki farklı luppenin kaynatılması sonucu şekillendirildiği bu gruptaki iki örnek de Kubad Abad buluntuları arasında yer almaktadır.

KU No.08 kodlu okucunda demircinin farklı iki parçayı döverek namluda kaydattığı ancak iğne kısmında birleştirmeden bıraktığı numune hazırlık aşamasında ve metalografi incelemesinde tespit edilmiştir. Bu okucunda karbürleme işleminin de uygulandığı iğne bölümünde gözlemlenmiştir.

Orta karbonlu bölgeler içeren KU No.10'da üretim esnasında kaynak işleminin uygulandığı namlu kesitinin tam ortasında yer alan kaynak çizgisi ile kendini belli etmektedir. Kare kesitli iğne kısmında diyagonal bir düzlemde bir boşluk yer almaktadır. Kaynatma işlemi esnasında oluşan bu boşluğun etrafında karbonsuzlaşma gerçekleşmiştir.

4.2.1.4 Grup 4

Farklı karbon oranlarına sahip katmanların dövülerek ve katlanarak sıralı hale getirildiği ara ürünlerden (katmanlı çelik) şekillendirilen okuçları Grup 4'te yer almaktadır. Grup 3 ve Grup 4'ün metalografi incelemeleri birbirine oldukça benzemektedir. Aralarında bir ayrıma gitmek için iki katmanın tespit edildiği, kaynak çizgilerinin belirgin olduğu örnekler Grup 3'e, ikiden fazla katmanın gözlemlendiği örnekler ise Grup 4'e dâhil edilmişlerdir.

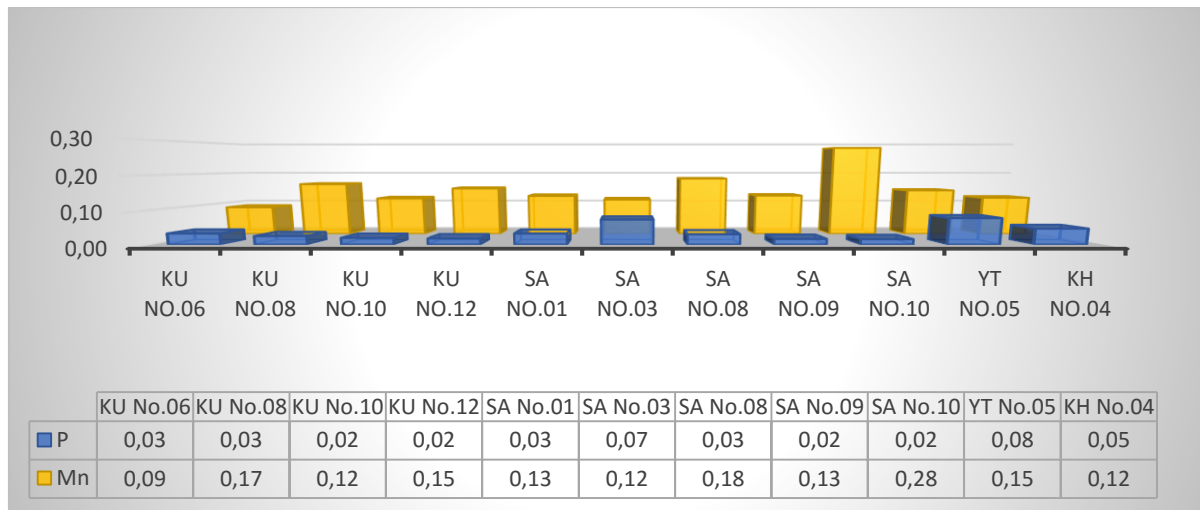
Grup 4'te yer alan örneklerden KU No.06'da düşük karbonlu dört farklı katman gözlenmiştir. KU No.09'un bileziğinden alınan Numune C'de formu oluşturma esnasında katmanların çekiç darbeleri ile yönlmesi açıkça görülebilmektedir.

Hem Grup 3 hem de Grup 4'teki örneklerde iğne kısımlarının iki farklı parçadan oluşması bunun şekillendirme esnasında bilinçli yapılan bir uygulama olduğunu akla getirmektedir. İğnenin iki farklı parçadan oluşması ısıtılıp ahşap gövdeye sokulmasının ardından daha sıkı kavramasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

4.2.2 Metal Gövde Kimyasal Analizlerine Göre

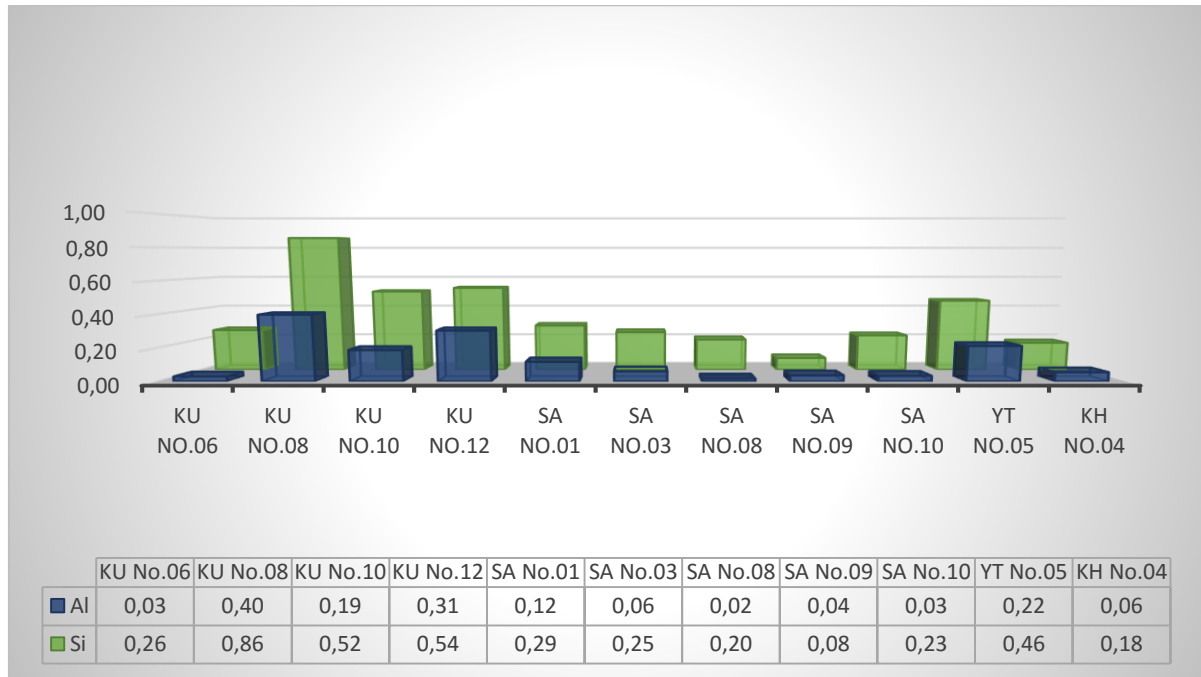
Okuçlarından alınan numunelerin korozyona uğramamış bölgelerinde yapılan EDX ölçümlerinde fosfor tespit limitine tek yakın örneğin Yumuktepe höyüğünde ele geçmiş olan YT No.05 olduğu görülmüştür. Öte yandan mangan açısından zengin örnekler Samsat'ta SA No.10 ve SA No.08, Kubad Abad'da ise KU No.08'dir.

Şekil 4.6. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen aletlerdeki mangan ve fosfor elementlerinin ağırlıkça yüzde oranları.



Mangan ve fosfor içeriklerinde bölgesel farklılıklar görülmemesine rağmen alümina ve silika içerikleri normal olmayan bir şekilde yüksek olan numuneler Kubad Abad kökenlidir. KU No.08-A kodlu örneğin bazı bölgelerinde doğrudan izabe işleminde metal gövdesine geçmesinin pek mümkün olmadığı alümina % 0,7'yi, silika ise %1'in üzerine çıkmaktadır. Kubad Abad okuçlarının kaynak ve katmanlı çelik gibi çok sayıda cüruf kalıntısı ve kaynakçı kumu içeren gövdelere sahip olması ölçümlerin bu kalıntılardan etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir.

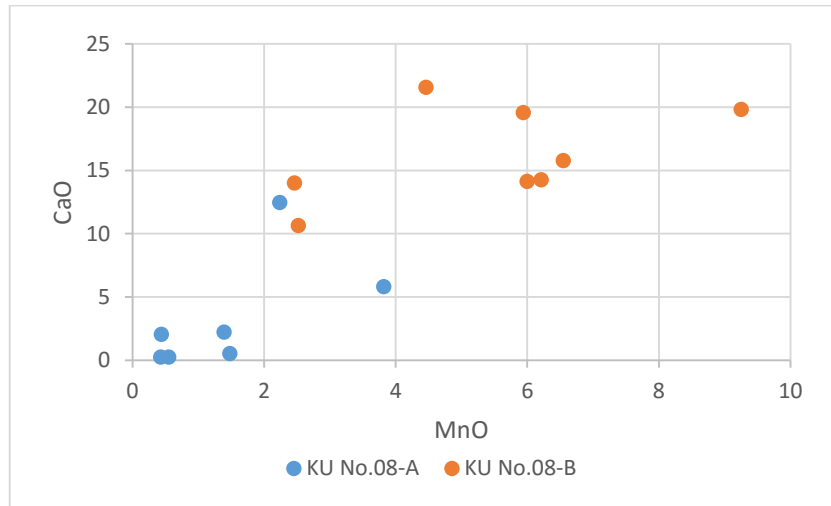
Şekil 4.7. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen aletlerdeki alümina ve silika elementlerinin ağırlıkça yüzde oranları.



4.2.3 Cüruf Kalıntıları Kimyasal Analizlerine Göre

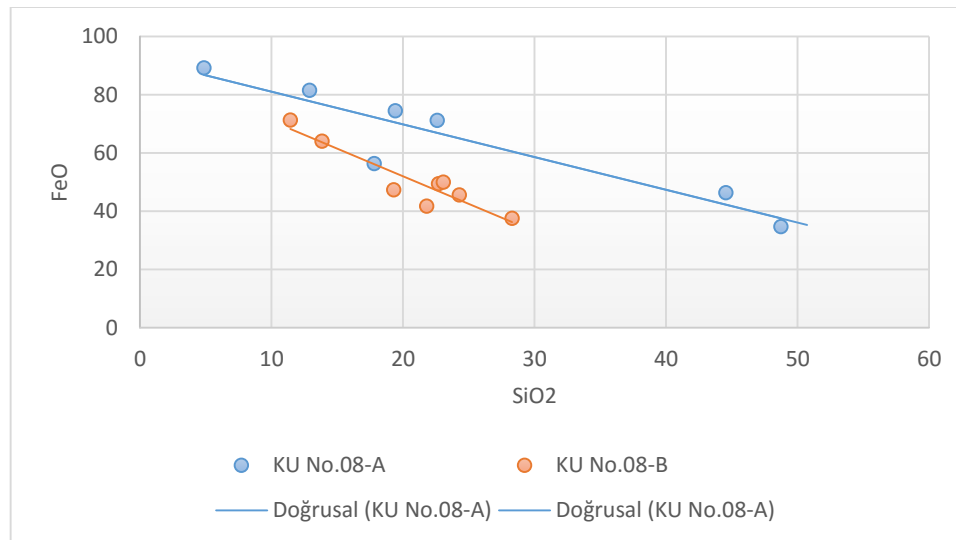
Grup 3'te yer alan KU No.08 kodlu okucunun üretildiği iki parçanın içyapılarında büyük farklılıklar gözlenmemiştir. Ancak numunelerde yer alan cüruf kalıntıları incelendiğinde bazı önemli bulgular elde edilmiştir. SEM-EDX analizlerine göre özellikle Numune A'ya ait iki parçanın alttakinden seçilen cüruf kalıntılarının kimyasal kompozisyonları ve Numune B'nin üst bölümünden seçilenlerin kimyasal kompozisyonu büyük farklılıklar göstermektedir. Analizlerde ölçülen CaO/MnO ağırlık yüzdeleri karşılaştırmasında (Şekil 4.8) Numune A'ya ait cüruf kalıntılarının daha düşük CaO ve MnO bölgesinde kümeleştiği Numune B'ye ait olanların ise göreceli olarak yüksek değerlerde bulunduğu ortaya çıkmıştır.

Şekil 4.8. Cüruf kalıntılarının kimyasal analizi sonucu oluşturulan MnO/CaO grafiği.



Farklılığı daha belirginleştiren FeO/SiO₂ grafiğinde ise her iki parçanın ayrı izabe işlemlerinden geldiğinin belirlenmesidir (Şekil 4.9).

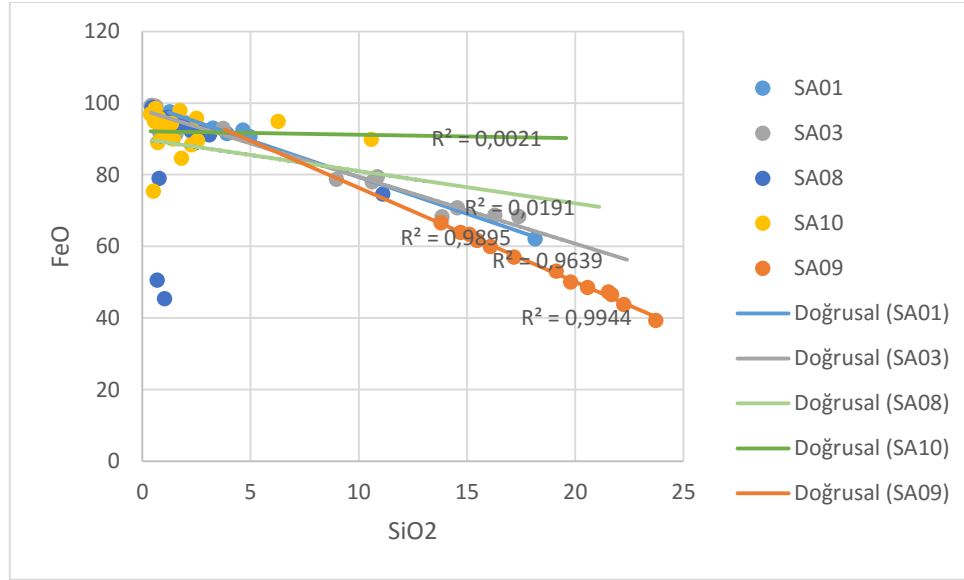
Şekil 4.9. Cüruf kalıntılarının kimyasal analizi sonucu oluşturulan FeO/SiO₂ grafiği.



Bu sonuçlar demircinin atölyesindeki iki farklı luppeden şekillendirdiği yarım okuçlarını döverek birleştirdiğini göstermektedir. Bundaki amaç iki farklı parçanın farklı karbon oranlarına sahip olduğu durumlarda kompozit bir yapı oluşturmaktır. Ancak okucunun numune alınan bölgesinde kaynatılmış parçalar arasında içyapılarda farklılık görülmemiştir.

Samsat okuçlarının bazı örneklerinde görülen manganca yüksek değerlerin kaynağının manganlı demir cevherleri olduğunu cüruf kalıntılarının kimyasal analizlerine bakarak da söylemek mümkündür.

Şekil 4.10. Samsat numunelerinde tespit edilen cüruf kalıntılarına ait kimyasal kompozisyonlara göre SiO_2/FeO ağırlık yüzdesi grafiği.

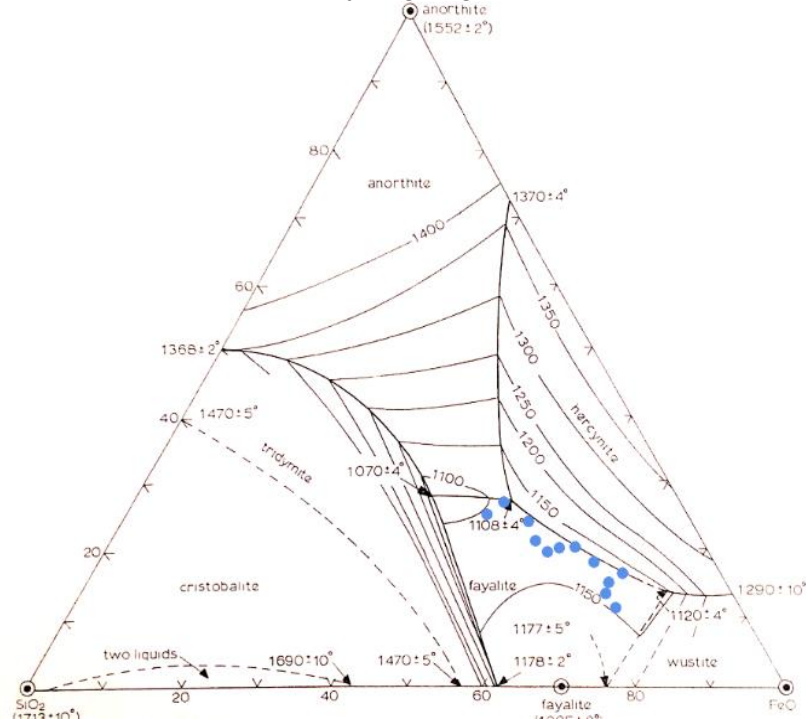


Üç okucundaki numunelerde (SA No.01-03-09) yer alan cüruf kalıntılarının analizlerinde SiO_2/FeO oranları 1'e oldukça yakın determinasyon katsayısına (R^2) sahip oldukları için birbirleriyle tutarlıdırlar (Şekil 4.10). Öte yandan SA No.08 ve 10 cüruf kalıntılarındaki SiO_2/FeO oranları çok dağınık bir görünüm sergilemektedir. Aralarında doğrusal bir fonksiyondan bahsetmek mümkün değildir. Bunun nedeni bu okuçlarının yapıldığı luppelerin üretimi esnasında yüksek manganlı bir cevher kullanılmasıdır. Mangan oksidin izabe işlemi esnasında ve sonrasında cüruf içerisindeki davranışları deęiŐkenlik göstermektedir (Dillmann & L'H eritier 2007). Mangan indirgen atmosferin etkili olduğu durumlarda demir gibi davranıp indirgenerek metale karışmakta diğer durumlarda ise cüruf oluşturarak demir üretim verimliliğini arttırmaya katkıda bulunmaktadır.

Samsat'taki bazı örneklerde cüruf kalıntılarının SEM görüntülerinde açılı ve yer yer kırılmış görüntüsü bu kalıntılarının yumuşama sıcaklıklarının altında Şekillendirme ve ısıl işlemlerin gerçekleştiğini işaret etmektedir. SA No.09-A ve B'de yer alan cüruf kalıntılarında yapılan EDX analizlerinden faydalanarak Anortit- SiO_2 -FeO grafiği hazırlanmış ve bu cüruf kalıntılarının tahmini erime sıcaklıkları tespit edilmiştir.

Anortit, SiO_2 ve FeO içeriklerine göre tüm cüruf kalıntıları fayalit bölgesine denk gelmektedir (Şekil 4.11). Bu bölgede erime sıcaklığı eğrileri 1108 – 1150 °C arasında yer almaktadır. Dolayısıyla bu okucunun lüppeden şekillendirme ve yüzey sertleştirme işlemi esnasında 1100 °C sıcaklığının çok daha altında çalışılmış olmalıdır.

Şekil 4.11. Anortit- SiO_2 - FeO kompozisyon grafiğinde SA No.09 cüruf kalıntılarının yeri.



4.2.4 Sertlik Değerlerine Göre

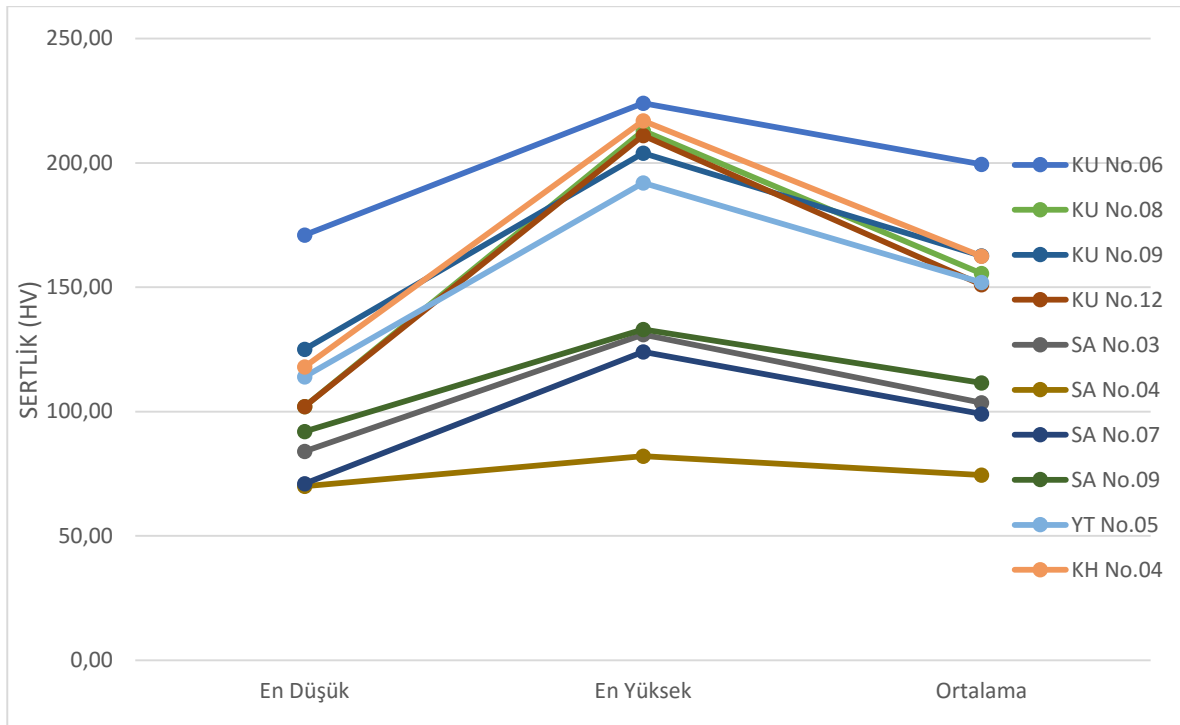
Sertlik analizleri sonucunda ortalama sertliği en yüksek olan aletler Kubad Abad, Yumuktepe ve Kinet Höyük buluntuları arasında yer almaktadır. Bunlar arasında KU No.06 sertlik grafiği hem en düşük hem de en yüksek değerleri bakımından diğerlerinden daha yukarıda yer almaktadır. Bunda ufak taneli perlitli yapıların yer aldığı katmanlı çeliğin üretim malzemesi olarak kullanılmasında etkisi olmuştur. Bunun dışındaki Kubad Abad örnekleri birbirlerine çok benzer sertliklere sahip olup en yüksek değerleri 200 HV civarında olup ortalama değerleri ise 152-162 HV arasında değişmektedir. Bu okuçlarının çoğunluğunda düşük karbonlu yapılar gözükmesi soğuk dövme ile sertleştirme yoluna gidildiğini işaret etmektedir.

Grup 2'ye ait olup karbürlemenin uygulandığı KH No.04 kodlu okucu ortalama 162,50 HV'lik değeriyle en sert ikinci okucudur. Bu okucunun uç kısmında gözlenen kabuk sertleştirme

işleminin kabuk kalınlığının 0,5 mm'yi geçecek kadar yoğun uygulanmış olması bu kadar sert bir okucu elde edilmesine yardımcı olmuştur.

Grup 1'e ait olmasına rağmen YT No.05 ise Kubad Abad grubunun ortalama sertliğine alt sınırdan yaklaşmaktadır. YT No.05'in bu sertliğe az miktarda fosfor içermesi ve soğuk dövülmesi ile ulaşmıştır.

Şekil 4.12. Sertlik ölçümlerinde elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerler.



Bütün okuçları arasında en yumuşak örnekler Samsat buluntularına aittir. Samsat okuçlarına ait grafik çizgileri diğerlerinden farklı olarak alt bölgede gruplanmışlardır. Bunlardan bir demirin sahip olacağı en yumuşak değerlere sahip mızrak ucu olan SA No.04 beklendiği üzere Grup 1'e aittir. Kabuk sertleştirme işleminin uygulandığı SA No.07 ve 09'un en sert bölgeleri 133 HV'dir.

4.2.5 Genel Değerlendirme

Ortaçağ'da Anadolu'da kullanılan okucu ve mızrak uçlarının üretildiği ara ürünler doğrudan izabe işlemi kaynaklı luppelerdir. Bu luppelerden bazılarında fosfor bazılarında mangan katışkı elementleri olarak az miktarlarda yer almaktadır.

B tipi yassı kesitli okuclarının Kubad Abad'da ele geçen çok sayıda örneği katmanlı çeliğin şekillendirilmesi ya da farklı demir-çelik malzemelerinin kaynatılmasıyla üretilmiştir. Bu üretim yöntemine ek olarak soğuk dövme uygulanması, kabuk sertleştirme ve su verme gibi daha başka metalürjik işlemlere gerek duyulmadan okuclarına sertlik ve dayanıklılık kazandırmıştır. Kubad Abad'da görülen kaliteli KU No.07 ve 11 kodlu çok katmanlı kesici alet örnekleri ile birlikte okuclarında da benzer bir yöntemin uygulanmış olması Kubad Abad için üretim yapan demircilerin bu yöntem hâkim olduklarını göstermektedir. Yassı kesitli okuclarının yumuşak hedeflere atıldığı ve avlarda kullanıldığı bilinmektedir. Kubad Abad'ın bir saray külliyesi olduğu ve bu külliyenin bir de avlağı olduğu düşünüldüğünde önemli kişilerin avlanmada kullandığı okuclarının özellikle kaliteli üretilmiş olması oldukça doğal bir durumdur.

Kubad Abad kökenli okuclarında namluda kaynatılan katmanlar içnelerde birleşmeden bırakılmıştır. Bunun okucu gövde bağlantısını sağlamlaştıran bir uygulama olduğu düşünülmektedir.

B tipinde olup diğer kazı alanlarda bulunan tek örnek olan KH No.09 yumuşak luppeden üretilmiş ve karbürleme işlemi uygulanmıştır.

A tipi dörtgen kesitli okucu ve mızrak uçlarının hepsi tek parça luppeden döverek şekillendirilmiştir. Samsat'ta görülen mızrak uçlarında çoğunlukla herhangi bir sertleştirme işlemine gidilmezken okuclarında çoğunlukla karbürleme uygulanmıştır. Samsat örneklerinde kullanılan luppelerin cüruf kalıntısı açısından çoğunlukla kirli oluşu özensiz bir üretim yapıldığını göstermektedir. Starley'e göre 15. yüzyıldaki Agencourt savaşında yaklaşık 7 bin okçu dakikada ortalama 14 ok fırlatmıştır (Starley 2005). Dolayısıyla bir savaşta bu kadar çok sayıda kullanılan okuclarının her birinin orta karbonlu malzemeden zaman alıcı metalürjik işlemler uygulanarak üretilmiş olması beklenmemektedir. Samsat'taki okuclarının çoğunda görülen karbürleme izleri Arsur kalesi buluntuları arasında yer alan benzer tipteki 13. yüzyıl okuclarında görülmemiştir (Ashkenazi et al. 2012). Gövde sertlikleri benzer olan bu iki bölgeye ait okucları arasında karbürleme işlemi Samsat örneklerine teknik anlamda bir miktar daha üstünlük sağlamaktadır.

Samsat okucu grubunda benzer formda olan SA No.08 ve 10'un üretiminde manganca zengin luppeler kullanılması, SA No.01 ve 03 kodlu mızrak uçlarında ise mangan oranının düşük oluşu farklı türlerin farklı kaynaklardan ve belki de farklı atölyelerde şekillendirildiğini düşündürmektedir. İncelenmek için seçilen örneklerin 12 bini aşan sayıda çok daha büyük bir buluntu grubuna ait olması nedeniyle bu düşünce akla yatkın gelmektedir.

Grup 1'de yer alan Yumuktepe kaynaklı A tipi okuçlarında ise fosforlu demir kullanılmış ve soğuk dövme ile önemli bir sertlik elde edilmiştir.

Kinet Höyük okuçlarında tek parça luppe kullanıldığı ve yoğun karbürleme uygulandığı grlmştir.

4.3 viler

vilerden hazırlanan numunelerde yapılan analizlerde tespit edilen bulgular toplu halde Tablo 4.8'de görülmektedir. Bu tablodaki bilgiler ve kimyasal analiz sonuçları ile birlikte buluntular üretim yöntemlerine, sertliklerine, metal gövdeleri ve içerdikleri cüruf kalıntıları kimyasal analizlerine göre değerlendirilmektedir.

4.3.1 Üretim Yöntemlerine Göre

Yapılarda bolca kullanılan sarf malzemesi olan vinin üretiminde demircinin hem malzeme hem de üretim emeği açısından en ekonomik seçimleri yapması beklenmektedir. Demirci tek luppeden ya da artık malzemelerden hazırladığı demir bukları ocağında ısıtarak uçtan itibaren dövme işlemiyle uzatır ve sivrileştirir. Bazı zel durumlarda vinin belli bölümüne ya da tüm gövdeye farklı bir malzeme kaynatarak şekillendirir. şekillendirme esnasında buğu aynı dört yönden dvebileceği şekilde döndürür. Böylelikle düzgün bir dörtgen kesit oluşturur. İstenilen uzunluğa ulaştığında buğun geri kalan kısmını başka viler yapmak üzere keser. Eğer mantar başlı vi üretmek istiyorsa gövdeyi kesatine uygun kalın demir bir bilezikten geçirir ve vinin sivri olmayan uç kısmını diklemesine bilezikten destek alarak dver. Bu işlemin gerçekleşmesi için önce ya da ara ara baş olarak şekillendirilecek kısım tekrar ocağa girer ve ısı ile yumuşayana kadar bekletilir. Eğer bekleme süresi uzun ve ocakta beklediği bölüm karbon gazı açısından yoğun ise bu bölümde karbürleme işlemi gerçekleşir. Düz olup kullanım esnasında başının dövülerek kıvrıldığı vi türleri için ise başına doğru hafif eğimli kalın bir bölüm bırakır. vilerin bu üretim yöntemleri dikkate alındığında kullanılan malzeme açısından üç gruba ayrılabilceği görülmektedir (Tablo 4.9).

Tablo 4.8. Çivilerde yapılan arkeometrik analizlerde elde edilen bulgular.

Kazı Alanı	Buluntu Kodu	Tip	Kullanım İzi	Baş Bölümü				Uç Bölümü				Metalürjik Uygulamalar		
				Cüruf Kalıntıları	Gözlemlenen İyapılar	Karbon Miktarı	Sertlik (HV)	Cüruf Kalıntıları	Gözlemlenen İyapılar	Karbon Miktarları	Sertlik (HV)	Karbürleme	Kaynak	Menevişleme
Kubad Abad	KU No.01	C	Var	Temiz	F, WF, P	Düşük	---	Temiz	F, WF, P	Düşük, Orta	---	√		
	KU No.02	B	Var	Orta	F, P	Düşük, Orta	150-360	Orta	F, P	Düşük, Orta	180-270		√	
	KU No.03	B	---	Kirli	F, P	Orta	---	Kirli	F, P	Düşük, Orta	---	√		
	KU No.05	B	---	Temiz	F, P	Düşük, Orta	---	Temiz	F, P, S	Düşük, Orta, Yüksek	---	√		
Yumuktepe	YNo.02	C	Var	Temiz	F, P	Düşük	210-248	Kirli	F	Düşük	---	√		
	YNo.03	B	Var	Orta	FF, F	Düşük	---	Kirli	F, P	Düşük, Orta	---	√		
	YNo.12	B	Var	Orta	FF, F	Düşük	177-210	---	---	---	---			
KH	KH No.05	B	---	Orta	F, P	Düşük	---	Hafif	S, YP, P, F	Düşük, Orta, Yüksek	---	√		√
Hisn al-Tinat	TF No.01	A	---	Hafif	P	Orta	---	Hafif	F, P	Düşük, Orta	---		√	
	TF No.02	A	Var	Hafif	F	Düşük	---	Orta	F	Düşük	---			
	TF No.03	B	Var	Kirli	F, P	Düşük, Orta	---	Kirli	F	Düşük	---			
	TF No.08	A	Var	Orta	WF, P	Düşük	---	Orta	WF, P	Düşük	---			

Tablo 4.9. Kullanılan üretim malzemelerine göre çiviler.

GRUP 1		GRUP 2		GRUP 3	
<i>Kodu</i>	<i>Tipi</i>	<i>Kodu</i>	<i>Tipi</i>	<i>Kodu</i>	<i>Tipi</i>
KU No.01	C	KU No.02	B	KU No.03	A
KU No.05	B	TF No.01	A	YT No.02	C
YT No.03	B			TF No.03	B
YT No.09	B			TF No.08	A
KH No.05	B				
TF No.02	A				

4.3.1.1 Grup 1

Bu gruptaki çiviler tek bir luppeden döverek şekillendirilmiştir. Dövülen luppe çoğunlukla doğrudan izabe işleminin doğası gereği cüruf kalıntılı, düşük karbonlu ve heterojen tane büyüklüklerine sahiptir.

KU No.01, 05, KH No.05 ve TF No.02'de az karbonlu tek luppeden şekillendirilmiş çivilerin baş kısımlarında büyük ihtimalle şekillendirme işlemi esnasında gerçekleşen karbürleme ile oluşan perlitler görülmüştür. KU No.05 ve KH No.05'de karbürleme süreci o kadar güçlü gerçekleşmiştir ki perlit tanelerinin etrafında ötektik öncesi sementit ağları oluşmuştur. Bu çivilerdeki karbürleme işlemi bilinçli olarak uzun tutulmuş olabilir. YT No.03 ve 12 kodlu çivilerde kullanılan luppe fosforlu demirli bölümler içermektedir.

4.3.1.2 Grup 2

Farklı luppelerin bilinçli bir şekilde döverek kaynatıldığı ve ardından şekillendirildiği 2 adet çivi bu gruptadır.

Bu gruptaki ilk örnek olan KU No.02 kodlu çivinin üretiminde az karbonlu ve orta karbonlu malzeme kaynatılmış, uç kısmında hafif döndürme işlemi ile sertliğin uca iyi dağılması

sağlanmıştır. Başta ise orta karbonlu bölüm çekiç darbesinden etkilenen kısma denk gelmektedir.

TF No.01 kodlu çivinin gövdesi orta karbonlu luppeden üretilmiştir. Baş kısmını oluşturan bölüme ise daha yumuşak bir demir kaynatılmıştır.

4.3.1.3 Grup 3

Demircilerin atölyesindeki artık malzemelerin dövülerek şekillendirildiği çiviler Grup 3'te yer almaktadır. Bu çiviler çok sayıda cüruf kalıntısı ve cüruf kalıntılarının sınırladığı farklı içyapılara sahip malzemelerle diğer çivilerden ayrılmaktadır.

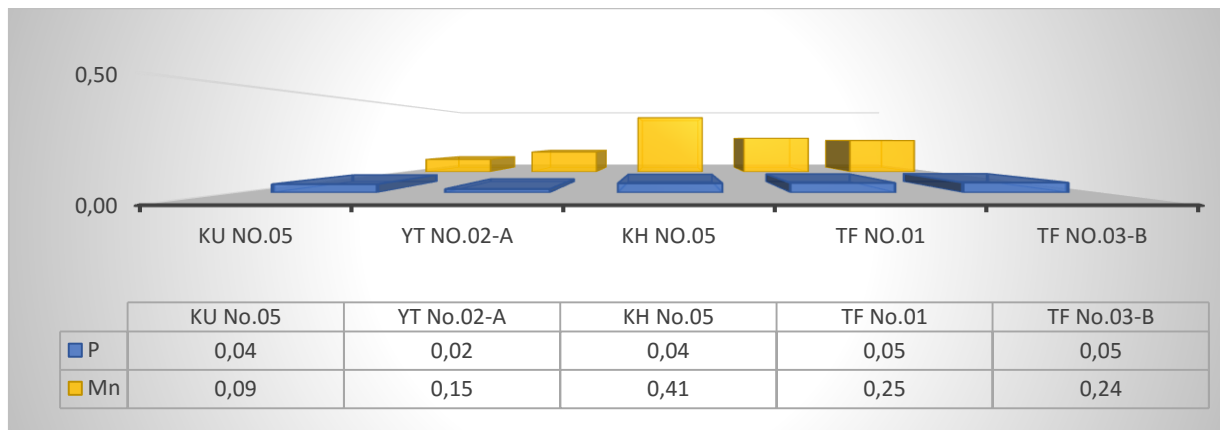
TF No.03 kodlu çivinin uç bölümünden alınan numunede orta karbonlu bir bölümün KU No.02'de olduğu gibi kıvrıldığı görülse de gövdeden enlemesine alınan kesitte atık malzemelerin kaynatıldığı açıkça ortaya çıkmaktadır. Bu çivinin uç kısmının etkisini arttırmak için buraya orta karbonlu çelik kaynatıldığı düşünülebilir.

Gruplardaki tip dağılımları üretim yöntemleri ve tipler arasında herhangi bir bağlantı kurulamayacağını göstermektedir.

4.3.2 Metal Gövde Kimyasal Analizlerine Göre

SEM/EDX incelemesi yapılan dört farklı kazı alanına ait beş çivinin metal gövdesinde mangan içeriğinde dikkat çekici farklılıklar gözlenmiştir (Şekil 4.13). Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat kaynaklı çivilerin yüksek manganlı luppelerden üretildiği görülürken Kubad Abad ve Yumuktepe çivilerindeki mangan oranları tespit limitlerinin altındadır. İncelenen örneklerin hiçbirinde fosfor oranı yorumlanabilecek oranlara ulaşmamaktadır.

Şekil 4.13. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen aletlerdeki mangan ve fosfor elementlerinin ağırlıkça yüzde oranlar.



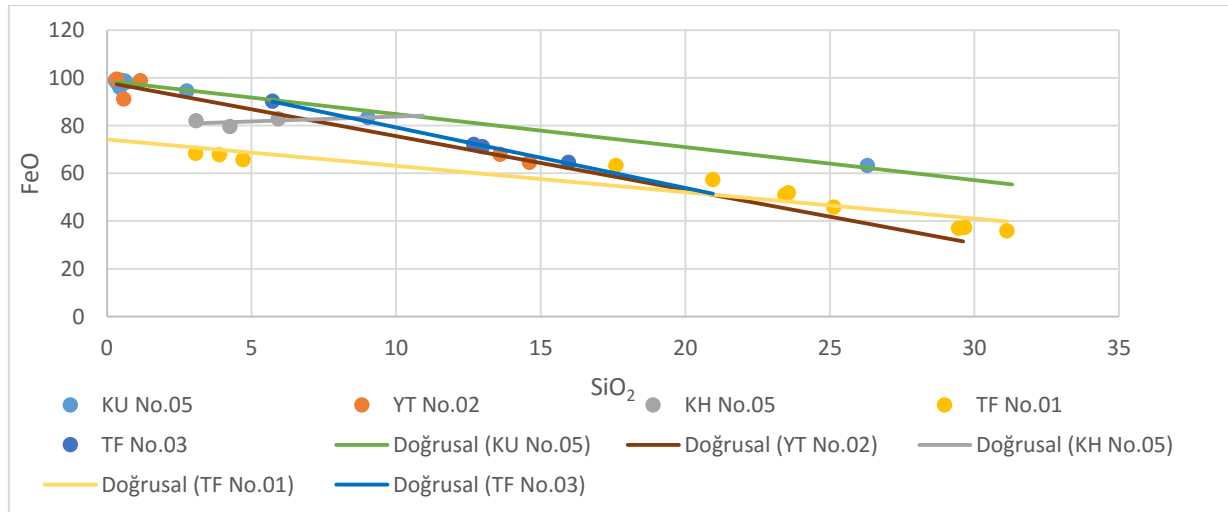
TF No.01, 03 ve KH No.05 kodlu örneklerde mangan oranının dikkat edici oranda yüksek olduğu görülmektedir. Bu çivilerin üretiminde kullanılan luppenin izabe işlemi esnasında fırında yüksek indirgen ortamda ve muhtemelen yüksek sıcaklıklarda kaldığını göstermektedir. Bu tip malzemelerde karbon oranının da yüksek olması beklenmektedir. KH No.05'in baş bölümünde, TF No.01'in ise tüm gövdesinde orta karbonlu bölgeler gözlenmiştir. Özellikle TF No.01'in orta karbonlu malzemeden üretildiği görülmektedir. KH No.05'in bir başka dikkat çekici özelliği ise yuvarlak kesitli tek çivi örneği olmasıdır. Bu çivinin üretiminde sürekli farklı yönlerden dövülmesi ya da ekstrüzyon ile üretilmiş olması ihtimali vardır.

TF No.01 ve 03'teki benzer mangan oranları bu çivilerin aynı cevherden üretilmiş olduğunu düşündürmektedir.

4.3.3 Cüruf Kalıntıları Kimyasal Analizlerine Göre

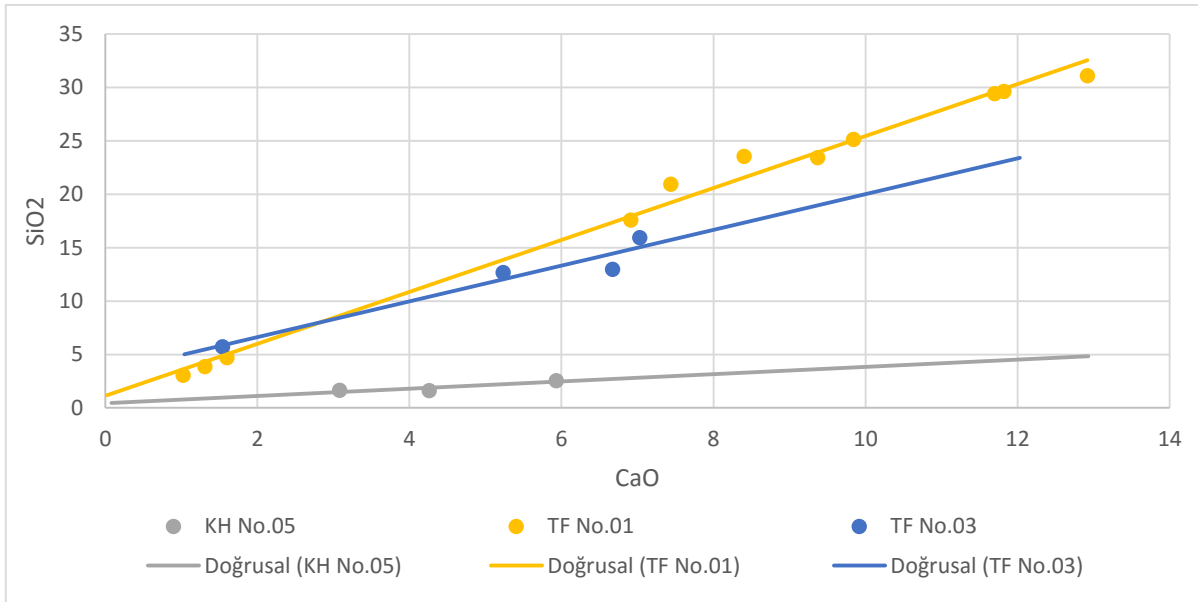
Cüruf kalıntılarında EDX analizi yapılmış olan beş alete ait FeO/SiO₂ oranları grafiğinde KU No.05, YT No.05 ve TF No.03 çivilerine ait çizgiler doğrudan izabe işlemi kaynaklı objelerde beklendiği üzere yüksek demir oksitten düşük silikaya doğru doğrusal bir denklem üzerinde değerler vermektedirler (Şekil 4.14). Ancak KH No.05 ve TF No.01'e ait grafiksel doğru diğerlerinden ayrılmakta ve daha düşük demir okside doğru bir eğim göstermektedir. Bunun nedeni cüruf kalıntılarında yer yer %20'leri aşan mangan oksit oranıdır. Bu çivilere ait demir gövdelerde görüldüğü gibi üretim esnasında kullanılan cevher yüksek manganlıdır, manganın davranışı bazı durumlarda indirgenme bazı durumlarda ise reaksiyona katılmama gibi karmaşık bir davranış sergilediği için FeO/SiO₂ grafiğinde bozulmalara sebep vermektedir.

Şekil 4.14. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen çivilere ait cüruf kalıntılarında FeO/SiO₂ oranları.



Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat'ın birbirine çok yakın oluşu buradaki aletlerin üretiminde benzer kaynakların kullanılabilceğini bu nedenle iki bölgeye ait çivilerde yüksek manganlı değerler okunduğunu düşündürmektedir. Bu çivilere ait cüruf kalıntılarında iki indirgenmeyen oksit olan SiO_2/CaO oranlarını gösteren grafikte Hisn al-Tinat'ta bulunan çivilerin birbirlerine çok yakın denklemlerle sıralandığı ancak Kinet Höyük çivisine ait cüruf kalıntılarının daha düşük silika oksitli değerlerde bulunduğu görülmüştür (Şekil 4.15). Hisn al-Tinat'taki yüksek kalsiyum oksit değeri cevher kaynaklı olabileceği gibi izabe fırınlarında kullanılan refrakter malzemenin özelliklerinden de kaynaklanabilmektedir.

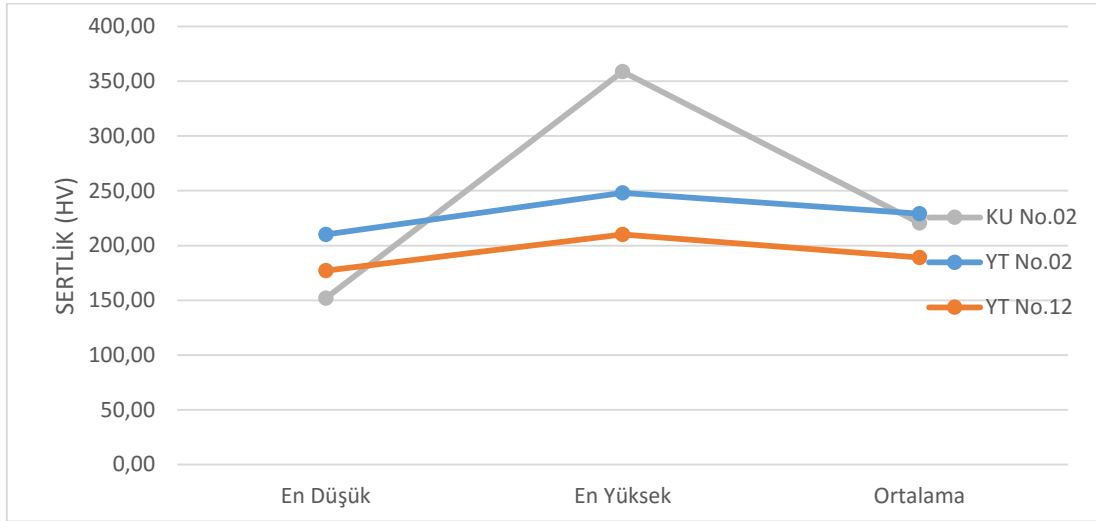
Şekil 4.15. SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen üç çivide yer alan cüruf kalıntılarında CaO/SiO_2 oranları.



4.3.4 Sertlik Değerlerine Göre

Üç çivi üzerinde mikro-sertlik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde Grup 2'de yer alan düşük karbonlu ve orta karbonlu malzemenin kaynatılması ile üretilmiş KU No.02 kodlu çivi en düşük ve en yüksek sertlik değerlerine sahiptir. Düşük karbonlu luppeden üretilmiş ve karbürleme uygulanmış YT No.02'nin yaklaşık 230 HV gibi yüksek bir sertliğe sahip olmasının sebebi aşırı soğuk dövme işlemi yapılmış olmasıdır. Yine düşük karbonlu içyapıya sahip YT No.09 ise sertliğini büyük taneli ferritlerle kendini gösteren fosfor içeriğine borçludur.

Şekil 4.16. Sertlik ölçümlerinde elde edilen en düşük, en yüksek ve ortalama değerler.



4.3.5 Genel Değerlendirme

Ortaçağ'da Anadolu'da kullanılan çivilerin üretildiği ara ürünler çoğunlukla iyi rafine edilmemiş doğrudan ergitme işlemi kaynaklı luppelerdir. Bu luppelerden bazılarında fosfor bazılarında mangan katışı elementleri olarak az miktarlarda yer almaktadır.

Herhangi bir estetik değeri olmayan ve tek istenen mekanik özelliğin kırılmadan uygulanacak yüzeyi delerek girmesi olan çivilerde üretim ve malzeme açısından bir sınıflandırmaya gitmek oldukça güçtür. Bunun en büyük nedeni çivilerin çoğunlukla artık malzemelerden, özensiz bir şekilde üretilmiş olmasıdır. İncelenen on iki örnekten sadece ikisinde, KU No.02 ve TF No.01'de belli bir üretim kaygısı güdülerek malzeme ve şekillendirme tasarımına gidildiği görülmüştür. KU No.02'de yapılan sertlik ölçümlerinde iyi bir dağılım gösteren ve 350 HV'lik sertliğe ulaşan değerler ve TF No.01'de bir bıçağın üretiminde kullanılabilecek kadar kaliteli orta karbonlu çeliğin kullanılması bunların daha sert yüzeylerde belki de harç gibi yapı malzemelerinde uygulanmak üzere özellikle üretildiğini göstermektedir.

Diğer çivilerde metalürjik uygulama olarak kırılma için su verme işleminin hiç uygulanmadığı, sertliği sağlamak için saf demirlerde soğuk dövme ve fosforlu demirle karıştırma gibi teknikler kullanıldığı tespit edilmiştir.

Üretim tekniklerinde ve kullanılan malzemelerde farklı kazı alanlarına yönelik bir yoğunlaşma görülmemekle birlikte bölgesel cevherlerin özelliklerine bağlı olarak Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat çivilerinde yüksek manganlı ve Yumuktepe'deki bazı örneklerde ise yüksek

fosforlu malzemeler kullanıldığı metalografi incelemesi ve EDX analizlerinde ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışma ile çivilerin kullanılmış olup olmadığının sadece buluntu hallerindeki form değişiklikleri ile değil içyapı yolu ile de değerlendirilmesi mümkün olmuştur. TF No.02 ve 08 kodlu örneklerde olduğu gibi *iri* ferrit tanelerinde çoğunlukla ikişerli çizgiler halinde gözlenen Neumann bantları ani darbeleri işaret etmekte ve çivilerin kullanıldığına dair en kuvvetli izleri sunmaktadır. KU No.02 kodlu çivinin baş bölümünde görülen soğuk deformasyon izleri kullanım esnasında çekiç tarafından oluşturulmuşlardır. Ancak aynı izlerin YT No.02'de olduğu gibi uçta görülmesi durumunda bunun ucun soğuk dövülerek sertleştirilmesine bağlı bir işlemin ürünü olduğunu düşünmek daha mantıklıdır.

4.4 Bilinmeyen Objeler

Çalışma öncesi kullanım amaçları ve türleri tespit edilememiş objelerden hazırlanan numunelerde yapılan analizlerde tespit edilen bulgular toplu halde Tablo 4.10'de görülmektedir. Bu tablodaki bilgiler ve kimyasal analiz sonuçları ile birlikte buluntular üretim yöntemlerine, sertliklerine, metal gövdeleri ve içerdikleri cüruf kalıntıları kimyasal analizlerine göre değerlendirilmektedir.

Tablo 4.10. Bilinmeyen objelerde yapılan arkeometrik analizlerin bulguları.

Kazı Alanı	Buluntu Kodu	Korozyona Uğramamış Bölümler				Metalürjik Uygulamalar			
		Cüruf Kalıntıları	Gözlemlenen İçyapılar	Karbon Miktarı	Sertlik (HV)	Desenli Kaynak	Kaynak	Menevişleme	Ekstrüzyon
Kubad Abad	KU No.13	Temiz	F, P	Düşük, Orta	---	√			
	KH No.01	Temiz	FF	Düşük	---			√	
KH	KH No.18	Kirli	F	Düşük	---				
	TF No.06	Kirli	F, WF, P	Düşük, Orta	---		√		
Hisn al-Tinat	TF No.09	Orta	F	Düşük	---			√	
	TF No.10	Az	F, P	Düşük	92-186				√
	TF No.14	Kirli	F, WF, P, S	Düşük, Orta, Yüksek	96-154				

4.4.1 Üretim Yöntemlerine Göre

Çeşitli kullanım amaçları doğrultusunda üretilen aletlerde kullanılan hammaddelerde ve şekillendirme yöntemlerinde farklılıklar görülmektedir. KU No.13 kodlu aletin üretiminde orta karbonlu ve düşük karbonlu çelik malzemeler döverek kaynatılmış, plaka haline getirildikten sonra aletin formu oluşturulmuştur. Numune alınan bölgedeki kompozisyon farkından kaynaklanan dalgalı görünüm bu alette yüzey motifi oluşturulması için böyle bir uygulamaya gidilip gidilmediğini sorgulanmasına neden olmuştur. Kullanılan çeliklerin cüruf kalıntısı açısından saflığı kaliteli malzemeler olduklarını ve bu nedenle desenli kaynağın bilinçli uygulanmasının pek de uzak bir ihtimal olmadığını desteklemektedir.

KH No.01 kodlu ince plakanın vurarak kesme gibi bir işleve sahip olduğu fosforlu ferritten oluşan içyapısına ve darbe izlerine bakarak söylenmektedir.

KH No.14,17 ve TF No.04, 09, 13 kodlu aletlerin hepsi demir plakanın kıvrılması ile üretilmişlerdir. Bunlardan KH No. 14 ve TF No.04, 13 kodlu aletler koni formunda, KH No.17 ise silindirik formda şekillendirilmiştir. KH No.09'un ise formu tam tespit edilememekle birlikte demircinin malzemesini dövüp kıvrarak homojenleştirdiği bir çalışma artığı olabileceği düşünülmektedir. KH No.14'ün daha önceki çalışmada önerildiği gibi (Redford 2012: 392) eritilerek hazırlanmış bir külçe olmadığı objenin korozyonlu olmasına rağmen üretildiği metal plakanın kıvrım ve birleşim yerlerinin belirgin olması nedeniyle mümkün olmadığı tespit edilmiştir.

Arkeometrik inceleme sonucunda işlevi hakkında önermede bulunan başka bir buluntu ise TF No.14 kodlu demir bloktur. Demirci cürufunun da ele geçtiği yanık izlerinin bulunduğu bir açmada ortaya çıkan buluntunun formuna benzer demirci ara ürünlerini Erken Ortaçağ'da kullanılmıştır. Ayrıca içyapıda görülen heterojen karbon oranı ve ocak atmosferinden- ısısından etkilenen bölgeler demir bloğun demirci atölyesinde ait bir obje olduğu fikrini desteklemektedir.

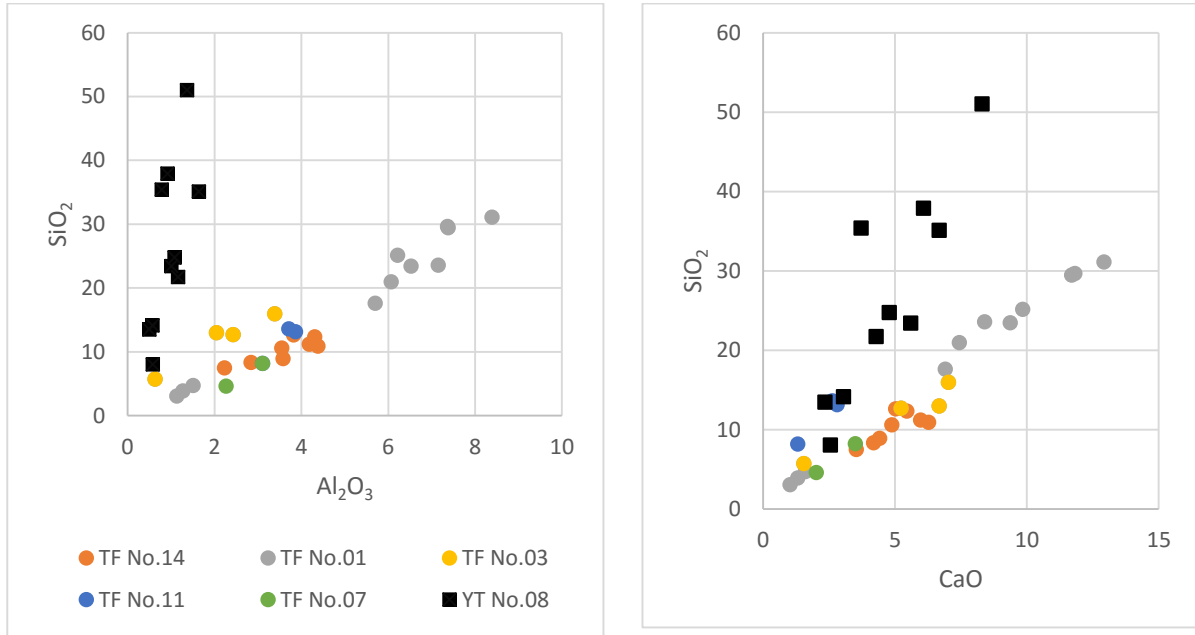
4.4.2 Metal Gövde Kimyasal Analizlerine Göre

EDX analizi yapılan tek numune demirci ara ürünü olduğu düşünülməsi nedeniyle TF No.14 kodlu buluntuya aittir. Bu analiz sonucunda metal gövdenin büyük oranda saf demirden oluştuğu tespit edilmiştir.

4.4.3 Cüruf Kalıntıları Kimyasal Analizlerine Göre

TF No.14'ün bir demirci ara ürünü olması nedeniyle akla gelen ilk soru Hisn al-Tinat yerleşiminde incelenen demir buluntuların benzer kaynağa sahip bir demir bloktan şekillendirilip şekillendirilmediğidir. Bu sorunun cevabı aynı zamanda bu alanda kullanılan demir aletlerin yerel üretimler olup olmadığı konusunda da bilgi verecektir. TF No.14 ile birlikte TF No.01,03, 07 ve 11 kodlu objelerin cüruf kalıntılarındaki indirgenmeyen oksit miktarlarının analiz edilmesi ile birlikte $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ve SiO_2/CaO ağırlık yüzdesi oranlarının yerleştiği doğrusal denklemde benzerlikler görülmüştür (Şekil 4.17.a ve b). Bu benzerliğin daha fazla ortaya çıkması için aynı grafiğe Yumuktepe buluntusu olan YT No.08 eklenmiştir. Grafikte turuncu ile gösterilen demir bloğa ait cüruf kalıntıları aynı bölgeye ait buluntularınkiyle oldukça uyumludur. Dolayısıyla Hisn al-Tinat'taki demirci atölyelerinde benzer bloklardan yerel kullanım için çiviler ve bıçaklar üretildiği söylenebilmektedir.

Şekil 4.17.a) SEM/EDX ölçümleri gerçekleştirilen objelerde yer alan cüruf kalıntılarında $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ve **b)** SiO_2/CaO oranlarının grafiksel gösterimi.



4.5 Metalürjik Buluntular

4.5.1 Oluşum Süreçlerine Göre

Kubad Abad, Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat kazı alanlarında demir üretim ya da şekillendirme gibi metalürjik işlemlerin uygulandığının kanıtları olan buluntular içeriklerine ve

formlarına göre sınıflandırılabilmiştir. Serneels & Sebastien'in (2003) çalışması dikkate alınarak yapılan bu sınıflandırmada karşılaşılan en büyük zorluk, buluntuların çoğunlukla daha büyük parçalardan kopmuş ya da ufalanmış olmasıdır. Ayrıca korozyon nedeniyle cürufların formlarında büyük değişikliklerin meydana geldiği görülmüştür. Oluşturulan dört grup ve bu grupta değerlendirilen cüruflar Tablo 4.11'de görülmektedir.

Tablo 4.11. İçerikleri ve formlarına göre metalürjik buluntular.

GRUP 1	GRUP 2	GRUP 3	GRUP 4
KU-CU No.02	KU-CU No.01	KU-CU No.05	KH-CU No.01
KU-CU No.06	KU-CU No.04	KU-CU No.07	TF-CU No.06
KU-CU No.13	KU-CU No.08	KU-CU No.14	
TF-CU No. 03	KU-CU No.09	KU-CU No.15	
TF-CU No. 07	KU-CU No.10	KU-CU No.16	
TF-CU No. 08	KU-CU No.11	KU-CU No.17	
	KU-CU No.12	TF-CU No.02	
	KH-CU No.02	TF-CU No.05	
	KH-CU No.03		
	KH-CU No.05		
	KH-CU No.07		
	KH-CU No.08		
	TF-CU No.01		
	TF-CU No.04		

4.5.1.1 Grup 1

Isıtılma sürecinde ocakta bırakılan luppelerin, saflaştırma esnasında luppeden kırılan ve şekillendirme esnasında üründen kopan demirce zengin parçaların cürufa karıştığı buluntulardır. Luppe parçaları olarak adlandırılabilir bu tip buluntuların formları çeşitli olmakla birlikte TF-CU No.03 ve 08'de olduğu gibi düz-dışbükey ya da içbükey-dışbükey olabilir. Metalik demir, cüruf oranı çoğunlukla değişkendir.

Bu gruptaki cürufumsu malzemelerden hazırlanan parlak kesitlerde çok çeşitli karbon oranlarına sahip, cüruf ve korozyon açısından çok kirli içyapılar gözlenmiştir.

Yüksek karbonlu yapıların izabe işlemi esnasında eriyik cürufça kaplanmamış ve yüksek ısı bölümlerde oluştuğu bilinmektedir. Bu nedenle bu grupta yer alan KU-CU No.02, TF-CU No.07 ve 08 kodlu cürufumsu malzemelerin ötektik üstü karbon içermesi bunların luppelerin şekillendirilmesi zor kısımlarının demirci tarafından kırılarak ocağa karışması sonucu oluştuğunu ortaya çıkarmaktadır. Luppelerin dövülerek saflaştırılması işlemi çoğunlukla izabe işlemi sonrasında luppe halen sıcakken yapılan bir işlemdir. Ancak kabaca saflaştırılan luppelerin daha sonrasında tekrar demirci tarafından saflaştırıldığı bu buluntularla birlikte görülmektedir. Demirci ikinci saflaştırmayı yaptığı ara üründen doğrudan istediği aleti şekillendirmiş olabileceği gibi bu saflaştırma işlemini TF No.14 gibi demir külçeler üretmek için gerçekleştirmiş de olabilir.

KU-CU No.06'nın büyük oranda metalik demir içerdiği ve içyapısının oldukça saf olduğu gözlenmiştir. Bu hali ile bir ara ürün yani saflaştırılmış luppe parçası olduğu düşünülmektedir.

KU-CU No.13 ve TF-CU No.03'ün içerdiği düşük karbonlu demir nedeniyle luppeden ya da dövülen aletten şekillendirme esnasında ayrılan parçaların cürufa karışması ile oluştukları düşünülmektedir.

4.5.1.2 Grup 2

Demircilerin ara üründen bir aleti döverek şekillendirme esnasında aleti ocakta aralıklarla ısıtarak dövmesi, dövme esnasında oksitlenmeyi önlemek için ara ara kumlaması esnasında oluşan cürufklar en sık rastlanan demirci ocağı cürufu türlerindedir. Bu cüruf türlerinin en belirgin morfolojik özelliği üst yüzeylerinin düz ya da içbükey alt yüzeylerinin ise dışbükey olmalarıdır. Çoğunlukla üst bölümleri gri renkte, kırığı az gözenekli ve yoğunken alt bölümleri gözenekli, pas renginde, odun kömürü ya da toprak izleri taşımaktadır.

İnce kesit incelemelerinde cürufkların oluştuğu süreç dikkate alınarak dövme işlemi sırasında yüzeyde meydana gelen oksit kabuklarının (demir pulları), odun kömürü artıklarının, korozyon tabakalarının ve demirin çeşitli oksit formları olan vüstit, manyetit ve hematit oluşumlarının görülmesi beklenmektedir.

En çok örneğin yer aldığı bu grupta KH-CU No.03, 05 ve 08 kodlu buluntular hariç diğer buluntuların hepsi düz-dışbükey ya da içbükey-dışbükey formuna sahip olduğu izlenimi vermektedir. KH-CU No.03, 05 ve 08 kırıklarındaki doku nedeniyle bu gruba dâhil edilmişlerdir.

İnce kesit numuneleri hazırlanan Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat örneklerinde aşırı korozyon nedeniyle verimli değerlendirme yapılamamıştır. XRD analizleri korozyonlu numunelerde en

çok Götüt mineralinin bulunduğunu bildirmektedir. Ayrıca yine XRD analizlerinde tespit edilen vüstit ve fayalit korozyonsuz numunelerin çoğunluğuna hâkim olan yapıları oluşturmuşlardır. KU-CU No.08 ve 10'un ince kesit incelemelerinde demir pulları plakalar halinde ve odun kömürü kalıntıları gözlenmiştir.

4.5.1.3 Grup 3

Bu cüruflar grubunu diğerlerinden ayıran yumrulu formlarıdır. Daha yoğun olan bu tür cüruflar, demircinin ince plakalar oluşturma, döverek kaynatma gibi demirci ocağını daha yüksek sıcaklıklara çıkarmak zorunda kaldığı durumlarda oluşur. İyi birleşmemiş, ara ürünlerin saflaştırılması esnasında büyük miktarda demirin cürufta kalması gibi durumlarda da bu tip cüruflara rastlanmaktadır. İki durumda da cüruflar yüksek oranda okside olmuş demir içerir.

Kubad Abad cüruflarından bu grupta yer aldığı düşünülen KU-CU No.5, 7, 14, 15 ve 17 kodlu örnekler diğerlerinden yüksek alümina ve mangan değerleri ile ayrılmaktadırlar. Bu örneklerin ince kesit görüntülemelerinde içyapının neredeyse tamamen vüstit minerallerinden oluştuğu ortaya çıkmıştır.

Uğradığı korozyon nedeniyle ince kesitinde sadece bazı bölgelerde metalik demirin gözlemlendiği TF-CU No.05 ise tüm örnekler arasında en çok demir oksit içeren cüruftur.

4.5.1.4 Grup 4

Demir oranının düşük olduğu bu cüruflar içeriğinin çoğunluğunu demirci ocağı malzemesi ve kaynak kumu oluşturmaktadır. Bu gruba ait tek örnek atık çukurunda kemiklerle birlikte kaynaşmış olan KH-CU No.01'dir. KH-CU No.01 diğer örneklerden yoğunluğunun az oluşu ve kumlu görüntüsü ile ayrılmaktadır.

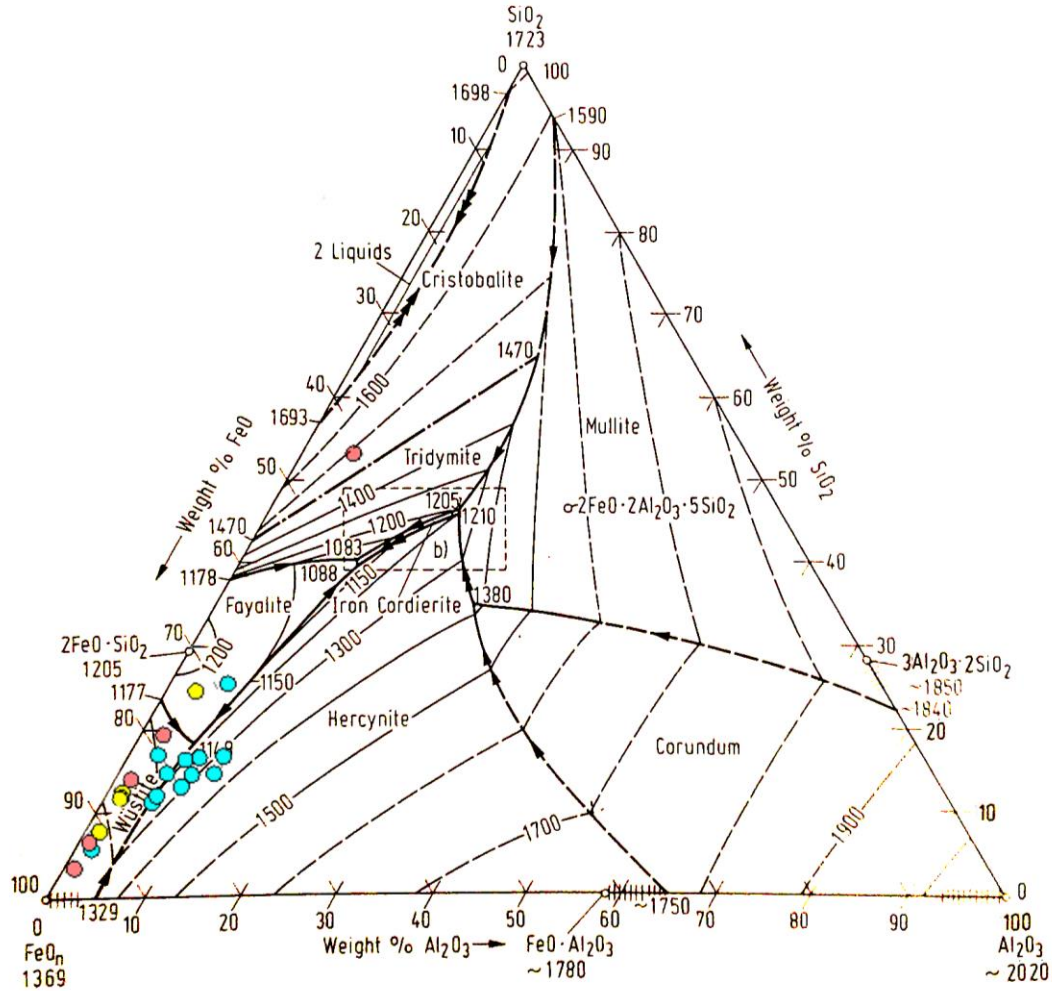
4.5.2 Kimyasal Analizlerine Göre

ICP oksit analizi yapılan Grup 2, 3 ve 4'te sınıflandırılan cürufların içerdikleri oksitlerin ağırlık yüzdelerine göre analiz değerlendirmeleri $\text{FeO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ve $\text{MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ üçlü grafikleri ve MnO-TiO_2 ikili grafiği kullanılarak yapılmıştır.

$\text{FeO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ grafiğinde Kubad Abad'da aynı açmada bulunan cüruflardan ikisi hariç hepsinin en düşük ikinci erime sıcaklığı olan 1148 °C dereceye yakın bir bölümde kümelenedikleri görülmüştür. Vüstit bölgesine çok yakın olan bu cüruflardan ayrı konumlanan diğer iki Kubad Abad kaynaklı cüruftan KU-CU No.10 demir oksit köşesine yakın vüstit, diğeri KU-CU No.11 ise daha az demir oksitli fayalit bölgesinde yer almaktadır. Kinet Höyük ve Hisn

al-Tinat cürüfları ise iki örnek hariç wüstit bölgesinde birbirleri içine geçmiş görünümündedirler. Grup 4'te yer alan cürüflardan KH-CU No.01 fayalit ve TF-CU No.06 ise tridimit bölgesindedir.

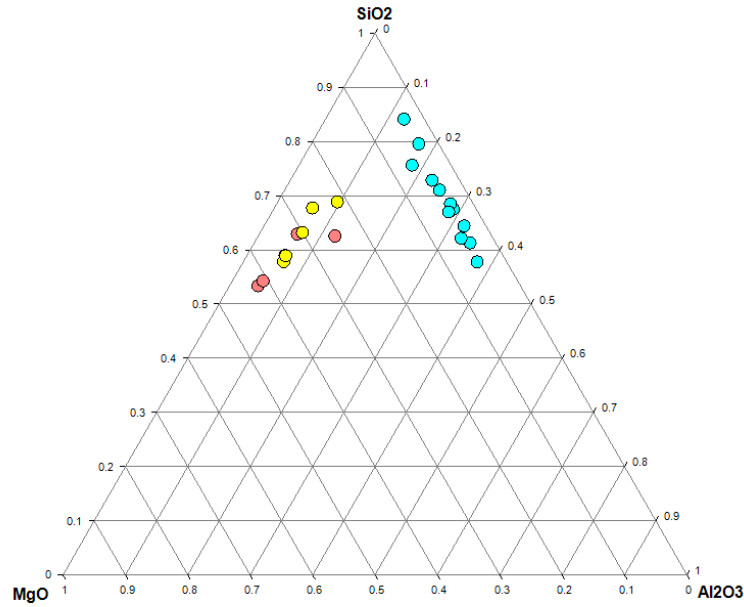
Şekil 4.18. Cürüfların FeO-SiO₂-Al₂O₃ grafiğinde gösterimi.



MgO-SiO₂-Al₂O₃ grafiğinde izabe cürufu ve demirci ocağı malzemesi kaynaklı bir ayrışma görülmektedir (Şekil 4.19). Bu grafikte Hisn al-Tinat ve Kinet Höyük cürüfları yine birbirlerine karışmış haldedirler ve Kubad Abad örneklerinden daha yüksek magnezyum oksit bölgesinde yer almaktadırlar. Bu grafik Hisn al-Tinat ve Kinet Höyük'te benzer cevher kaynaklı ve/veya benzer demirci ocağı refrakter malzemelerinin kullanıldığını söylemektedir. Magnezyum oksitin bazı cürüflarda ağırlık yüzdesi olarak yaklaşık %25'e kadar çıkması ve cürüflarda gözle de görülen beyaz lekeler, bu oksidin kaynağının demirci ocağının duvarlarında kullanılan refrakter malzeme olduğu kanısını güçlendirmektedir. Hem Hisn al-Tinat ve hem de Kinet Höyük'te

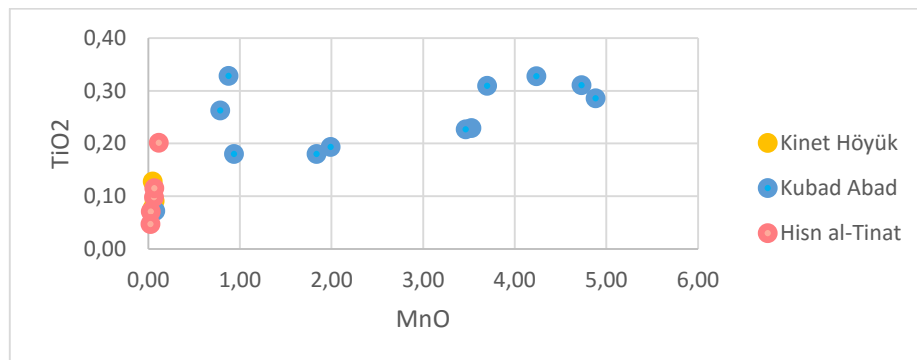
benzer kaynakların refrakter malzeme olarak kullanılması teknolojik bilginin yakın bölgelerde ve dönemlerde benzerlik taşıdığını göstermektedir.

Şekil 4.19. Cürufların MgO-SiO₂-Al₂O₃ grafiğinde gösterimi.



Ocakta kullanılan malzemeye ya da izabe işleminde kullanılan cevhere ilişkin bilgi verebilecek bir başka oksit ise titanyumdur (Paynter 2006: 285). Mangan oksidin ise izabe cürufu kaynaklı olması beklenmektedir. Çalışma kapsamında analizi yapılan cüruflardaki MnO/TiO₂ oranları yine Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat cüruflarında bir gruplaşmayı oluşturmuştur. Bu grup içerisinde mangan oksit yok denecek kadar az, titanyum oksit ise ağırlık yüzdesi olarak bir örnek hariç 0,05 – 0,13 gibi dar bir aralıkta yer almaktadır. Kubad Abad örneklerindeki dağınık veriler daha yüksek titanyum ve mangan oksit seviyelerini işaret etmektedir. Kubad Abad'da SEM-EDX yöntemiyle incelenen objelerin cüruf kalıntılarında titanyuma rastlanmazken mangan oksitçe zengin olanlar görülmüştür.

Şekil 4.20. Cürufların MnO-TiO₂ grafiğinde gösterimi.



4.5.3 Genel Değerlendirme

Metalürjik buluntuların incelenmesinde ortaya çıkan dikkat çekici sonuçlardan en önemlisi Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat cürufları arasındaki kimyasal içerik olarak benzerliktir. Her iki alana ait cüruflar değişken silisyum oksit ve demir oksit oranına sahip iken alüminyum oksit düşük ve magnezyum oksit yüksek oranlarda içerikte yer almaktadır.

Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat'ın sınırları içerisinde yer aldığı Hatay, Adana ve Kayseri illeri ile birlikte Türkiye'nin demir cevheri açısından en zengin yatakların bulunduğu bölgeyi oluşturmaktadır. MTA raporlarına göre Türkiye'deki toplam demir cevheri yataklarının %24,98 bu bölgede bulunmaktadır (Cihnioğlu et al. 1994). Dolayısıyla Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat'ta bulunan demircilere luppeler ya da rafine edilmiş külçeler sağlayan izabecilerin yakın bölgelerde konumlanmış ve benzer cevherler kullanmış olması beklenmektedir. Kazı alanlarına en yakın demir cevheri yatağı yaklaşık 10 km güneyde (Payas) bulunmaktadır. Bu cevher yatağının demir ile beraber yüksek alümina içeriğine sahip olduğu belirtilmektedir (Koç & Değer 1992). İkinci en zengin demir cevheri yatağı cevheri ise 50 km güneyde (Kırıkhan) yer alan %3-5 TiO₂ içerikli limonit ve hematit cevherlerinden oluşmaktadır (Koç & Değer 1991). Titanyumun cüruflarda ve incelenen demir aletlerde çok düşük değerlerde bulunması Payas demir cevheri yataklarının kullanılmış olabileceğini düşündürmektedir.

Aynı kazı alanlarına ait cüruflardaki % 5 - 10 arasında değişen oranlarda magnezyum oksit içeriği metalürjik teknolojiye ait bilgi verebilecek başka bir bulgudur. İçeriğinde yer yer beyaz topaklanmalar görülen demir işleme cürufunda bu kadar yüksek içerikli MgO bulunması demirci ocakları için refrakter duvar yapımında bu oksitçe zengin malzemenin kullanıldığını akla getirmektedir. Nitekim günümüz raporlarında Kinet Höyük'ten yaklaşık 10 km uzaklıkta zengin dolomit ve manyezit yataklarının bulunduğu bildirilmektedir.

Hisn al-Tinat cüruf kalıntılarının çoğunluğunun Erken İslam fazlarına, Kinet Höyük buluntularının ise Haçlı dönemine ait oluşu cüruflar arasındaki benzerliği daha ilginç kılmaktadır.

Kubad Abad demirci cürufları ise cevherin, kullanılan odun kömürü türünün ve ocak refrakter malzemesinin etkisiyle diğer cüruflardan oldukça farklı bir içeriğe sahiptir. Bu cüruflar arasında yüksek mangan oksit içerikli olanlar dikkat çekmektedir.

4.6 Demir - Çelik Üretim Yöntemleri ve Ara Ürünler

Ortaçağ'da Anadolu'da kullanılan aletlerin dört bıçak örneği dışında hepsi doğrudan izabe yöntemi ile üretilmiştir.

Döküm tekniği ile üretilmiş ve daha sonrasında saflaştırılmış olduğunu düşündürecek kadar yüksek fosfora sahip örnek tespit edilememiştir.

Kubad Abad'da bulunan temiz luppe parçası ve Hisn al-Tinat'taki demir külçe buralarda çalışan demircilerin başlangıç malzemeleridir. Aynı kazı alanlarında bulunan yüksek karbonlu bölümler içeren luppe parçaları demircilerin kendi başlangıç malzemelerini luppelerden saflaştırarak kendilerinin ürettiğini işaret etmektedir. Hisn al-Tinat gibi demirce zengin cevherlere yakın aynı zamanda ticari bir limanı bulunan bir yerleşimde demircilerin demir külçeler şekillendirerek bunların ticaretini yapmış olmaları çok uzak bir ihtimal değildir.

Fosforlu demirin Yumuktepe, Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat kaynaklı toplamda sadece beş örnekte rastlanması bu malzemenin Ortaçağ'da Anadolu'da çok tercih edilmediğini göstermektedir. Fosforlu demir Yumuktepe çivilerinde ve ustura formundaki kesici alette tespit edilmiştir. Öte yandan Hisn al-Tinat kesici aletinde farklı malzemelerle kaynatılmış halde bulunan fosforlu demir, Kinet Höyük buluntusu bir baltanın şekillendirilmesinde kullanılmıştır. Bıçaklarda bilinçli bir şekilde diğer çelik türleri ile kaynatılan fosforlu demirin, demirciler tarafından tanındığı ancak sık kullanılmadığı düşünülebilir.

Manganca yüksek demir cevherlerinin Ortaçağ'da kullanımına sıkça rastlanmaktadır (Craddock 2003). Doğrudan izabe yönteminde manganın çoğu izabe cürufunda kalır ve çok azı metale geçer. Kinet Höyük ve Hisn al-Tinat çivilerinde olduğu gibi metal gövde analizlerinde tespit edilen ağırlık yüzdesi %0,20'nin üzerinde değerler bu aletlerin başlangıç malzemelerinin üretildiği cevherin yüksek manganlı olduğunu ve izabe fırını atmosferinde karbon oranının yüksek seviyelere çıktığını kanıtlamaktadır. Ancak metal gövdede tespit edilemeyen mangan ile kullanılan cevherin arasında bir bağlantı kurmak mümkün değildir. Bu konuda en bilgi verici bulgu Kubad Abad demirci cüruflarının bazılarında % 5'e yaklaşan mangan oksit oranıdır. Bu cürufklar büyük ihtimalle yüksek manganlı cevherden üretilmiş luppelerin rafine edilmesi esnasında izabe cürufunun ocak içine karışması ile oluşmuştur.

Ortaçağ'da temiz ve homojen karbon oranına sahip olan çelik malzemesi oldukça değerlidir. Demircinin kendi imkânları ile böyle bir malzemeyi üretmesi ise hem tecrübe hem de emek istemektedir. Bu nedenle bu çalışmada incelenen kesici aletler dışındaki tüm aletlerin

neredeysi hepsi düşük karbonlu çelik ve saf demirden üretilmişlerdir. Sadece çeliğin kullanıldığı Yumuktepe örneği hariç tüm kesici aletlerde teknik ve ekonomik nedenlerle çelik, demir ile kaynatılmıştır. Kesici aletler dışındaki tüm aletlerde sertlik sağlamak için karbürleme gibi uygulamalara gidilmiştir. Okuçlarına bakıldığında Kubad Abad, bu buluntu türünde orta karbonlu çeliğin kullanıldığı tek kazı alanıdır. Anadolu'da okucu ve mızrak ucu üretiminde orta karbonlu çeliğin kullanılmasına çok daha eski zamanlarda, Urartular'da rastlanmaktadır. Urartulu demirciler orta karbonlu çeliği tek başlarına ya da farklı karbon oranına sahip malzemeleri kaynatarak bu türdeki aletleri üretmişlerdir (Yalçın et al. 1994 :44).

Doğrudan izabe yönteminden çok farklı bir teknolojik geleneğe sahip pota çeliği üretimi kaynağı külçeler çok değerlidir. Bu değerli durum pota çeliği üretim merkezlerinin Merv'de olduğu gibi yerleşim yerlerinin içerisinde korunaklı bölgelerde inşa edilmesine neden olmuştur (Feuerbach 1997). Değerli pota çeliğinden sadece kılıç ve bıçak gibi aletler üretilmiştir. Pota çeliği kaynaklı dört aletin bu çalışma içerisinde tespit edilmesi oldukça önemlidir. Bu aletlerden Kubad Abad ve Samsat buluntuları arasında yer alan üç örnek yüksek karbonlu olup, Kinet Höyük örneği ise orta karbonludur.

4.7 Ortaçağ'da Anadolu'da Kullanılan Metalürjik Uygulamalar

4.7.1 Karbürleme (Kabuk Sertleştirme)

Karbon oranının demir içerisinde artışı sertliğe olumlu yönde etki etmektedir. Anadolu'da Ortaçağ demircileri yüzeyde sertlik artışının yeterli olduğu durumlarda karbürleme işlemini tercih etmiştir.

Demirci ocağının sıcak ve karbonca zengin bölümlerinde uzunca süre bekletilen demir içerikli objelerin yüzeyinden bir miktar karbon emilimi olması kendiliğinden gerçekleşen bir durumdur. Bu nedenle bir alet üretiminde bilinçli olarak yüzeyin sertleştirilmesi için mi bu işlemin uygulandığını ya da şekillendirme için demiri ısıtarak yumuşatma esnasında mı bu işlemin gerçekleştiğini söylemek için üretilen aletlerde genel eğilime bakmak doğru yorumlar yapılmasına yardımcı olacaktır.

Samsat ve Kinet Höyük buluntuları arasında yer alan dörtgen kesitli (*Tip A*) okuçlarında karbürleme işleminin uygulandığına dair bir genelleme yapmak mümkündür. Yassı kesitli (*Tip B*) okuçlarında ise Kubad Abad'daki örneklerden ikisinin iğne ve bilezik bölümlerinde ve Kinet Höyük'teki tek buluntunun ise tüm gövdesinde bu işlem tercih edilmiştir. Mızrak uçlarında ve

Yumuktepe okuçlarında ise Şekillendirme sonrası herhangi bir ısıt ilŐem uygulanmadığı tespit edilmiştir.

Çivilerin baş kısmında Hisn al-Tinat rnekleri dışında genel eğilim karbürleme uygulanması yönündedir. Kubad Abad kaynaklı incelemesi yapılan vilerden sadece birisinin tüm gövdesine karbürleme uygulanmıştır.

Kesici aletlerde sertliğin farklı yöntemlerle sağlandığı ve karbürleme ilŐeminin tercih edilmediği görülmüştür.

4.7.2 Katmanlı elik

Demir ve karbonlu elik plakaların dövülerek katlanması ve ardından bu malzemeden alet üretilmesindeki amaç her iki malzemenin özelliklerinden aynı anda faydalanma isteğidir.

Özellikle Kubad Abad demircilerinin bu teknikte ustalaŐtıđı *Tip B* (yassı kesit) okuçlarının incelemesinde görülmüştür. Bu okuçlarının katmanlı çeliğin ve kaynak tekniğinin beraber kullanılarak üretildiği ve Ortaçağ okuçları arasında sertlik değerlerinin dağılımında en iyi örneklerin sunulduğu ortaya konmuştur.

Bu alıŐma kapsamında incelenen kesici aletlerde katmanlı çeliğin kullanıldığı tek rnek Kinet Höyük'te bulunmuştur.

4.7.3 Sıcak Kaynak

Sıcak dövme ile farklı malzemelerin kaynatılması demirciler tarafından sıklıkla başvurulan uygulamalardandır.

Pota eliği bıçakların ve tek malzemeli iki örneğin dışındaki tüm kesici aletlerde kaynak ilŐemi uygulanmıştır. Bu aletlerdeki kaynak uygulamaları üretim tasarımlarını en belirgin Şekilde ortaya koymaktadır. Anadolu'da Ortaçağ demircilerinin Yumuktepe, Kinet Höyük, Hisn al-Tinat örneklerinde olduğu gibi en basit Şekli ile iki farklı malzemeyi kaynattıkları görüldüğü gibi birden çok farklı ince katmanı kontrollü bir Şekilde birleŐtirdikleri de tespit edilmiştir.

Kaynatılan malzemelerin ince plakalar ve Şeritler olması durumunda kaynak tekniğinin katmanlı çelikten ayırt edilmesinde bazı güçlüklerle karŐılaŐılmaktadır. Özellikle Kubad Abad okuçları üretimlerinde her iki yöntemi de çağrıştıran uygulamalar görülmektedir. Diğer bölgelerdeki okuçlarında ise kaynak ilŐemine dair herhangi bir iz görülmemiştir.

Çivilerde kaynak ancak özel durumlarda uygulanmıştır. Kubad Abad'da sert ve esnek özelliklere sahip çivi üretmek, TF No.01'de ise sert çivinin baş bölümünün kolay şekillendirilmesi ve kullanım esnasında kırılmaması için kaynak işlemi uygulanmıştır. Bu iki çivi dışındaki tüm çiviler tek bir malzemeden ya da atık malzemelerden üretilmiştir.

4.7.4 Su verme

Sertliği artırma amaçlı su verme işlemi Ortaçağ'da Anadolu'da sadece kesici aletlerde uygulanmıştır. Kubad Abad ve Samsat'ta ele geçmiş olan pota çeliği bıçakları dışında kesici aletlerin çoğunluğunda bu uygulamanın yapıldığı görülmüştür. Pota çeliğinden üretildiği düşünülen Kinet Höyük'ten bir kesici aletin ağız kısmında görülen hızlı soğuma izleri bu aleti diğer pota çeliği ürünlerinden ayırmaktadır. Su verme işleminin sadece ağızda görülmesi bölgesel su verme işleminin uygulandığını göstermektedir.

Su verme işleminde su dışında başka sıvıların da kullanıldığı bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen örnekler oldukça heterojen içeriklere sahip olduğu için su verme işlemi esnasındaki soğuma hızı ile ilgili yorum yapmak oldukça güç olmuştur. Ancak Kubad Abad'dan bir bıçak örneğinin yağda soğutulduğu düşündüren içyapılar tespit edilmiştir.

Ortaçağ demircilerinin su verme işlemi esnasında karşılaştığı en büyük sorunlardan birisi ısı şoku sebebiyle kaynaklı bölümlerde oluşan çatlaklardır. Bunun önüne geçmek için farklı sıvılarda su vermekten başka aletlerin daha düşük sıcaklıklarda bekletilerek ardından su verme işleminin gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu uygulamanın bir örneğine Kinet Höyük kesici aletleri arasında rastlanmıştır.

4.7.5 Menevişleme

Su verme işlemi uygulanmış aletlerin kırılma hızını bir miktar azaltmak için tercih edilen menevişleme perlit içerikli yapılara uzun süre uygulandığında yumrulaşmaya neden olur. Ayrıca pota çeliği külçelerin şekillendirilmesi esnasında dövme ve menevişleme döngüler halinde uygulanır.

Su verme işlemi uygulanmış kesici aletlerde menevişleme uygulandığı sertlik testlerinde yumuşak ölçülen martensit yapıları ile tespit edilmiştir. Bu ölçümlere göre Yumuktepe'de kırılarak kullanımına son verilmiş örnek dışında incelemesi yapılan tüm kesici aletlere menevişleme uygulandığı düşünülmektedir. Kinet Höyük'te bulunan bir bıçak ocakta bırakılmış uzun süreli menevişlemenin sonucu olan yumrulaşma gerçekleşmiştir.

Pota çeliğinden üretilen Kubad Abad, Samsat ve Kinet Höyük kaynaklı dört örnekte de dövme ve menevişleme döngüsünün sonucu olan yumrulaşmış perlit ve sementit yapıları tespit edilmiştir.

4.7.6 Soğuk Dövme

Su verme işlemi sıfır ya da düşük karbonlu malzemelerde sertleştirmeye yardımcı olmamaktadır. Bu tip malzemelerden üretilen malzemelerin soğuk haldeyken dövülmesi yoluyla sertleştirilmesi uygulanmasına Kubad Abad okuçlarında, Yumuktepe okuçlarında ve çivilerinde rastlanmıştır.

4.7.7 Desenli Kaynak

Kaynak işleminin yüzeyde motif oluşturma amaçlı kullanıldığını düşündüren iki örnek tespit edilmiştir. İlki Kubad Abad'da ortaya çıkarılmış kullanım amacı bilinmeyen spatül benzeri bir objedir. Bu alette kullanılan malzemenin cüruf kalıntısı açısından temiz oluşu, dalgalı görünüm sergileyen farklı karbonlu yapıların rastgele birleştirilmediği düşüncesini doğurmaktadır.

Kesici alette desenli kaynak uygulaması Hisn al-Tinat'ın Erken İslam fazına ait ilginç bir örnektir. Kabza bölümü kaplamalı (*Tip D*) tek örnek olan bıçağın namlu bölümünün kullanımdan tükenmek üzere oluşu kaliteli ve dayanıklı bir üretimi işaret etmektedir. Bu kesici aletin yüzeyinde fosforlu demir ve orta karbonlu çeliğin desen oluşturduğu düşünülmektedir.

4.7.8 Pota Çeliği Şekillendirme

Pota çeliklerinden üretilen aletlerin yüzeylerinde görülen su akışını andıran damask motifinin oluşumu çeliğin yüksek karbonlu oluşuna ve demircinin dövme tekniğindeki ustalığına bağlıdır.

Kubad Abad ve Samsat'ta ele geçen iki tane pota çeliğinden üretilen bıçağın yüzeyinde damask motiflerinin bulunduğu gözlemlenen özel içyapısından tahmin edilmektedir. Yüksek karbonlu bir pota çeliğinden üretildiği belli olan Kubad Abad kaynaklı başka bir örnek ise dövme ve menevişleme döngüsünün yeterli uygulanamaması nedeniyle motifsizdir. Aşırı korozyona uğramış bu örneğin bir üretim artığı olma ihtimali de vardır.

Kinet Höyük'te bulunmuş olup bünyesinde barındırdığı az sayıdaki cüruf kalıntısının varlığından pota çeliği olduğu tahmin edilen bıçak ise uç bölümü hariç orta karbonludur. Bu hali ile yüzeyinde herhangi bir desen olması beklenmemektedir.

4.7.9 Ekstrüzyon

Ortaçağda ekstrüzyon işleminin tel üretiminde kullanıldığı bilinmektedir (Pleiner 2006). Hisn al-Tinat kaynaklı kıvrımlı bir çubuk parçasının düzgün yuvarlak kesiti ve küçük taneli içyapısı ekstrüzyon işlemi ile üretildiğini düşündürmektedir. Bu tekniğin hangi amaçlarla ve hangi sıklıkla kullanıldığı ise tespit edilememiştir.

SONUÇ

Kubad Abad, Samsat, Kinet Höyük, Hisn al-Tinat ve Yumuktepe kazı buluntuları arasında yer alan demir aletlerin ve demircilikle ilgili buluntuların incelenmesi sonucunda kazı alanlarına özgü bilgilere ve bu bilgilerin karşılaştırılmasıyla anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

Kubad Abad'da muhtemel yeri "İşlik" adı verilen üç odalı yapının orta odası olan bir demirci atölyesinin varlığı ve bu atölyenin çalışma özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Demirci cürufplarının incelenmesi sonucunda bu atölyede demir luppelerin saflaştırıldığı, günlük tamirat işlemlerinin yapıldığı ve buna ek olarak okucu, bıçak gibi ustalık isteyen üretimlerin gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

Kubad Abad kazı alanında ele geçen demir buluntularda, özellikle bıçaklarda ve okuçlarında, hassas üretim tekniklerinin uygulandığı görülmüştür. Büyük Saray'da ele geçen bıçakların küçük boyutlarına rağmen birçok farklı demir içerikli malzemeden şekillendirildiği, şekillendirme sonrası birbirini takip eden farklı ısıl işlemler uygulandığı ortaya çıkmış ve okuçlarında ise çoğunlukla bıçaklarda kullanılan katmanlı çelik tekniğinin uygulandığına dair izler bulunmuştur.

Orta ve Güney Asya kökenli bir çelik üretim yöntemi olan pota çeliği ile üretilmiş iki bıçağın Kubad Abad'da bulunması, bu örneklerin Anadolu'da tespit edilen ilk örnekler olması bakımından çok önemlidir. Bu bıçakların Kubad Abad atölyelerinde mi üretildiği yoksa ticaret yoluyla mı buraya geldiği bilinmemektedir. Ancak Anadolu gibi demir cevheri açısından zengin bir coğrafyada bu teknoloji ile çelik üretilen merkezlerin bulunması azımsanmayacak bir ihtimal olarak karşımızda durmaktadır.

Samsat kalesinde depolanmış halde çok sayıda bulunan okucu ve mızrak ucunda yapılan incelemeler bunların büyük ihtimalle farklı atölyelerde seri üretim sonucu şekillendirilmiş olduklarını göstermiştir. Bu üretim esnasında ağırlıklarına göre diğerlerinden ayrılan okuçlarında yüzeyi sertleştirmeye yönelik karbürleme işleminin uygulanmış olması dikkat

çekicidir. Bu okuçlarıyla beraber bulunmuş ve kullanım aşınması görülmeyen küçük ebatlı bıçak ise diğer Anadolu Selçuklu dönemi kazı alanı Kubad Abad'da bulunan iki bıçak örneği gibi pota çeliğidir. Bu durum pota çeliğinden üretilen bıçakların Anadolu Selçuklu uygarlığında yaygın olarak kullanılmış olabileceğine işaret etmektedir.

Hisn al-Tinat'ta bulunan demirci külçesi ve diğer buluntular üzerinde yapılan analizler, hisarlı liman içerisinde bıçak, çivi gibi günlük kullanım aletlerini üreten demirci atölyesinin varlığını ortaya koymuştur. Bölgenin demir cevheri açısından çok zengin olduğunu gösteren tarihi kaynaklar ve günümüze ait madencilik raporları, luppe saflaştırmaya yönelik cüruf kalıntıları ve buranın kereste ticareti açısından oldukça yoğun bir liman oluşu demirci külçelerinin sadece günlük alet üretiminde kullanılmadığını aynı zamanda ticareti yapılan bir ara ürün olabileceğini de akla getirmektedir.

Bölgesel ve tarihsel teknolojik etkileşimlerin en belirgin kanıtlarından birisi Erken İslam dönemine ait Hisn al-Tinat ve buraya yakın bir bölgede yer alan Haçlı dönemine ait Kinet Höyük demirci ocağı cüruflarının incelenmesi ile açığa çıkarılmıştır. Bu cürufların kimyasal içeriğindeki özellikle magnezyum oksit açısından yüksek oranda benzeşmeler, her iki bölgedeki demirciler tarafından inşa edilen demirci ocağı duvarlarında benzer kaynaklardan faydalandığını işaret etmektedir.

Kesici aletler üretim türlerine göre sınıflandırıldığında tür çeşitliliği bakımından en zengin yerleşim yeri Kinet Höyük'tür. Bu yerleşim yeri buluntuları arasında yer alan demirci cürufları ve üretim atığı bıçak, bu tip üretimler yapan atölyelerin varlığını işaret etmektedir. Aynı zamanda yerleşime ait hareketli bir limanın bulunması buradaki demir alet çeşitliliği konusunda fikir vermektedir.

Demir madenlerin değişik coğrafi bölgelerde farklı içeriklere sahip olmasının izleri Yumuktepe buluntuları arasında rastlanılan yüksek fosforlu örneklerde görülmektedir. Demirciler tarafından işlenmesi zor bir tür olan fosforlu demir yoğun olarak Yumuktepe'de çivi ve kesici alet şekillendirilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

KAYNAKÇA

- Allan, James Williams & Gilmour, Brian. "Persian Steel: The Tanavoli Collection", Oxford University Press, Oxford, 2000.
- Arık, Rüşan. "Kubad-Abad 1986 Yılı Kazıları", *9. Kazı Sonuçları Toplantısı, II. Cilt*, 1987, 353-364.
- Arık, Rüşan. "Kubad-Abad 2002 Yılı Kazı Çalışmaları", *25. Kazı Sonuçları Toplantısı, II. Cilt*, 2003, 345-350.
- Arık, Rüşan. "Kubadabad Excavations (1980-1991)", *Anatolica*, Sayı:18, 1992, 101–118.
- Ashkenazi, D., Golan, O. & Tal, O.. "an Archaeometallurgical Study of 13Th-Century Arrowheads and Bolts From the Crusader Castle of Arsuf/Arsur", *Archaeometry*, Sayı:Ocak, 2012.
- Bauerman, H.. *a Treatise on the Metallurgy of Iron*, World Public Library Association, 1882.
- Blakelock, E., Martinon-Torres, M., Veldhuijzen, H., Young, T. "Slag inclusions in iron objects and the quest for provenance: an experiment and a case study", *Journal of Archaeological Science*, Sayı:36(8), 2009,1745–1757.
- Blakelock, E. & McDonnell, G., A review of Metallographic Analyses of Early Medieval Knives. *Historical Metallurgy*, Sayı:41(1), 2007, 40–56.
- Blakelock, E.S., "The Early Medieval Cutting Edge of Technology : An archaeometallurgical , technological and social study of the manufacture and use of Anglo-Saxon and Viking iron knives , and their contribution to the early medieval iron economy", University of Bradford, 2011
- Bostock, J., *The Natural History: Pliny the Elder*, Taylor and Francis, 1855.
- Buchwald, V.F. & Wivel, H., "Slag Analysis as a Method for the Characterization and Provenancing of Ancient Iron Objects", *Materials Characterization*, Sayı:40(97), 1998, 73–96.
- Callister, W.D., *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 7. Baskı, John Wiley & Sons, 2007.
- Caneva, I., Köroğlu, G., Köroğlu K., "2003 Yılı Yumuktepe Höyüğü Kazıları", *26. Kazı Sonuçları Toplantısı, II. Cilt*, Kültür Bakanlığı, Konya, 2004, 203–214.
- Caneva, I., Köroğlu, G., Köroğlu K., Özaydın, T., "Mersin Yumuktepe Höyüğü 2005 Yılı Kazı Çalışmaları", *28. Kazı Sonuçları Toplantısı, II. Cilt*, Kültür Bakanlığı, Çanakkale, 2006, 669–684.

- Caneva, I. & Köroğlu, G., "Excavation at Mersin-Yumuktepe: The 2009-2010 Seasons", 33. *Kazı Sonuçları Toplantısı*, III. Cilt, Malatya, 2011, 217–238.
- Cevizoğlu, H., & Yalçın, Ü. (2012). A Blacksmith's Workshop at Klazomenai. (Ed. A. Çilingiroğlu & A. Sagona), *Ancient Near Eastern Studies*, Peeters N.V., Leuven, 2012, 73–98.
- Childe, G., (çev. Tunçay, V., Şenel, A.), *Tarihte Neler Oldu*, 7. Baskı., Alan Yayıncılık, İstanbul, 1998.
- Cihnioğlu, M., İşbaşı, O., Ceyhan, Ü., Adıgüzel, O., *Türkiye Demir Envanteri*, Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1994.
- Craddock, P.T., "Cast Iron , Fined Iron , Crucible Steel : Liquid Iron in the Ancient World", (ed. P. T. Craddock & J. Lang), *Mining and Metal Production through the Ages*, 2003.
- Craddock, P.T., "New Light on the Production of Crucible Steel in Asia", *Bulletin of the Metals Museum*, Sayı:29, 1998, 41–66.
- Dillmann, P. & L'Héritier, M., "Slag inclusion analyses for studying ferrous alloys employed in French medieval buildings: supply of materials and diffusion of smelting processes", *Journal of Archaeological Science*, Sayı:34, 2007, 1810–1823.
- Eger, A., *2008 Report for Hisn al-Tinat*, 2008.
- Eger, A., *2010 Report for Hisn al-Tinat*, 2010.
- Eger, A., "Hisn al-Tinat on the Islamic-Byzantine Frontier: Synthesis and the 2005–2008 Survey and Excavation on the Cilician Plain (Turkey)", *BASOR*, Sayı: 357, 2010, 49–76.
- Feuerbach, A., "An investigation of the varied technology found in swords, sabres and blades from the Russian Northern Caucasus", *Iams*, Sayı:25, 2005, 27–43.
- Feuerbach, A.M., *Crucible Steel in Central Asia : Production , Use , and Origins*, Doktora Tezi, University College of London, 1997.
- Feuerbach, A., "Nature's Laws & Culture's Norms A Proposed Systematic Classification Framework for the Study of Material Culture and Technology (SOMCAT)", 2000.
- Feuerbach, A., Merkel, J.F. & Griffiths, D., "Production of Crucible Steels by Co-fusion: Archaeometallurgical Evidence from the Ninth-Early Tenth Century at the Site of Merv, Turkmenistan", *Materials Issue in Art and Archaeology*, 1997.
- Gassmann, G., Yalçın, Ü. & Jansen, M., "Archäometallurgisch Untersuchungen zur Primärproduktion des Eisens im Siegerland", *Zeitschrift Siegerland*, 2010, 67–79.
- Gates, M.H., "15. Kazı Sonuçları Toplantısı ", *15. Kazı Sonuçları Toplantısı*, I. Cilt. Ankara, 1993, 193–200.

- Gates, M.H., "1997 Archaeological Excavations at Kinet Höyük (Yeşil-Dörtyol, Hatay)", *20. Kazı Sonuçları Toplantısı, I. Cilt*, Kültür Bakanlığı, Tarsus, 1998, 259–282.
- Gates, M.H., "1998 Excavations at Kinet Höyük (Yeşil-Dörtyol, Hatay)", *21. Kazı Sonuçları Toplantısı, I. Cilt*, Kültür Bakanlığı, Ankara, 1999, 193–208.
- Gates, M.H., "2006 Season at Kinet Höyük (Yeşil-Dörtyol, Hatay)", *29. Kazı Sonuçları Toplantısı, II. Cilt*, Kültür Bakanlığı, Kocaeli, 2007, 281–298.
- Gates, M.H., *K12 Sounding Field Report*, 2005.
- Gates, M.H. & Eger, A.A., "2011 Season at Kinet Höyük (Yeşil-Dörtyol, Hatay)", *34. Kazı Sonuçları Toplantısı, 2. Cilt*, Kültür Bakanlığı, Çorum, 2012.
- Ghiara, G., Piccardo, P., Campodonico, S., Carnascali, M., Microstructural Features in Corroded Celtic Iron Age Sword Blades. *JOM*, Sayı: 66(5), 2014, 793–801.
- Gimeno Adelantado, J. V., "Analytical study by SEM/EDX and metallographic techniques of materials used in the iron production process during the iberian period", *Talanta*, Sayı:60, 2003, 895–910.
- Goodall, I.H., *Ironwork in Medieval Britain: An Archaeological Study*, The Society for Medieval Archaeology, Maney Publishing, 2011.
- Gordon, R.B. & Killick, D.J., "Adaptation of Technology to Culture and Environment: Bloomery Iron Smelting in America and Africa", *Technology and Culture*, Sayı: 34(2), 1993, 243–270.
- Henderson, J., *The Science and Archaeology of Materials: an Investigation of Inorganic Materials*, Londra, 2000.
- İzmiriligil, Ü., 1982. Samsat (Samosata) Su Yolu Araştırması. In *4. Kazı Sonuçları Toplantısı*. Ankara: Kültür Bakanlığı, pp. 345–356.
- Kellens, N., Degryse, P., Martnes, F., Waelkens, M., "Iron Production Activities and Products at Roman to Early-Byzantine Sagalassos (SW Turkey)", *International Conference on Archaeometallurgy in Europe*, Associazione Italiana di Metallurgia, Milan, 2003, 545–554.
- Koç, S. & Değer, M., "Hatay Bölgesi Boksitli Demir Cevherleşmesinin Oluşumu", *MTA Dergisi*, Sayı: 113, 1991, 113–126.
- Koç, S. & Değer, M., "Karstik Payas (Hatay) Cevherleşmelerinin Kaynağına Yönelik Jeokimyasal Veriler", *MTA Dergisi*, Sayı:114, 1992, 95–110.
- Korfmann, M., *Schleuder und Bogen in Südwestasien: von den frühesten Belegen bis zum Beginn der historischen Stadtstaaten*, Habelt, Bonn, 1972.






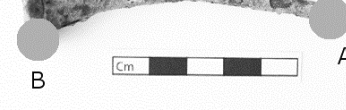

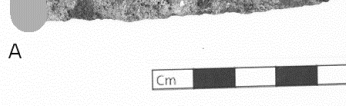
- Lang, J., "The Hardening of Iron Swords", *Journal of Archaeological Science*, 2, 1975, 199–207.
- Lang, J., Craddock, P.T. & Simpson, S.J., "Early Crucible Steel", *Journal of Historical Metallurgy Society*, Sayı: 32(1), 1998, 7–14.
- Maxwell-Hyslop, K.R., "Assyrian Sources of Iron: A Preliminary Survey of the Historical and Geographical Evidence", *Iraq*, sayı: 36(1/2), 1974, 139–154.
- McConchie, M., *Archaeology at the North-East Anatolian Frontier, V: Iron Technology and Iron-making Communities of the First Millenium BC*, Peeters N.V., Belçika , 2004.
- Mcdonnell, G., "A Model for the Formation of Smithing Slags", *Materialy Archeologiczne*, 26, 1991, 23–28.
- McDonnell, G., "Iron and its alloys in the fifth to eleventh centuries AD in England", *World Archaeology*, Sayı:20, 1989, 373-382.
- Moshtagh Khorasani, M. & Hynninen, N., "Reproducing Crucible Steel: a Practical Guide and a Comparative Analysis to Persian Manuscripts", *Gladius*, Sayı:33, 2013, 157–192.
- Muhly, J.D., Maddin, R., Stech, T., Özgen, E., "Iron in Anatolia and the Nature of the Hittite Iron Industry", *Anatolian Studies*, 35, 1985, 67–84.
- Needham, J., "The Development of Iron and Steel Technology in Asia", (ed. Wertime, T. & Muhly, J. D.), *The Coming Age of Iron*, Yale University Press, Yale, 1980, 580-592.
- Oygür, V., *Demir Cevherlerinin Değerlendirilmesinde Temel İlkeler*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 1991.
- Ozener, F.S., "İskenderun Körfezi Çevresindeki Antik Yerleşim Alanlarının Jeomorfolojik Yönden Yorumu", *8. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*. Ankara, 1992, 337–356.
- Özgüç, N., *Samsat*, Türk Tarih Kurumu, Ankara, 2009.
- Özyiğit, Ö., "2004 Yılı Phokaia Kazı Çalışmaları", *27. Kazı Sonuçları Toplantısı, II Cilt*, Antalya, 2005, 73-88.
- Paynter, S., "Regional Variations in Bloomery Smelting Slag of the Iron Age and Romano-British Periods", *Archaeometry*, Sayı:48(2), 2006, 271–292.
- Photos, E., "The Question of Meteoritic Iron : Archaeological Evidence and Experimental Results", *World Archaeology*, Sayı:20(3), 1989, 403–421.
- Piaskowski, J., "Phosphorus in Iron Ore and Slag, and in Bloomery Iron", *Archeomaterials*, Sayı:3, 1989, 47–59.




- Pleiner, R., *Iron in Archaeology: Early European Blacksmiths*, Archeologicky Ustav Av Cr., Prag, 2006,
- Pleiner, R., *Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters*, Archeologicky Ustav Avcr, Prag, 2000
- Pleiner, R., "The Technology of Three Assyrian Iron Artifacts from Khorsabad", *Journal of Near Eastern Studies*, Sayı:38(2), 1979, 83–91.
- Redford, S., "A Twelfth Century Iron Workshop at Kinet, Turkey", (Ed. Böhlendorf-Arslan, B., Ricci, A.), *BYZAS*, Sayı: 15, 2012, 385–392.
- Redford, S., Ikram, S., Parr, E., Beach, T., "Excavations at Medieval Kinet, Turkey: A Preliminary Report", *Ancient Near Eastern Studies*, Sayı: 38, 2001, 58–138.
- Rehder, J.E., "Ancient Carburization of Iron to Steel", *Archeomaterials*, Sayı:3, 1989, 27–37.
- Rehren, T., "As similar as black and white : steelmaking crucibles from South and Central Asia", *Archaeology International*, Sayı:1, 2002, 37–39.
- Rehren, T. & Pernicka, E., "Coins, Artefacts and Isotopes—Archaeometallurgy and Archaeometry", *Archaeometry*, Sayı:50(2), 2008, 232–248.
- Rehren, T., Charlton, M., Chirikure, S., "Decisions set in slag : the human factor in African iron smelting", (ed. S. La Niece, D. Hook, & P. Craddock), *Metals and Mines Studies in Archaeometallurgy*, Archetype Books, 2007, 211–218.
- Rickard, T.A., "The Primitive Smelting of Iron", *American Journal of Archaeology*, Sayı:43(1), 1939, 85–101.
- Rostoker, W. & Bronson, B., *Pre-Industrial Iron: Its Technology and Ethnology*, Archaeomaterials Monograph No.1, Philadelphia, Pennsylvania, 1990.
- Said, H.M., *Al-Beruni's Book on Mineralogy: The Book Most Comprehensive in Knowledge on Precious Stones*, Pakistan Hijra Council, Islamabad, 1989.
- Salman, S. & Gülsoy, Ö., *Metalografi Bilimi: (1. Kısım) Numune Hazırlama ve Dağlama Reaktifleri*, Nobel Yayın ve Dağıtım, Ankara, 2004.
- Sauder, L. & Williams, S., "A practical treatise on the smelting and smithing of bloomery iron", *Journal of Historical Metallurgy Society*, Sayı:36(2), 2002, 122–131.
- Scott, D.A., *Ancient Metals: Microstructure and Metallurgy Vol IV: Iron and Steel*, Amazon.co.uk Ltd., İngiltere, 2013.
- Scott, D.A., *Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals*, The Getty Conservation Institute, Archetype Books, Singapur, 1991.

- Scott, D.A. & Eggert, G., *Iron and Steel in Art: Corrosion, Colorants and Conservation*, Archetype Books, Plymouth, 2009.
- Selskienė, A., "Examination of smelting and smithing slags formed in bloomery iron-making process", *Chemija*, Sayı:18(2), 2007, 22–28.
- Senn, M., Gfeller, U., Guanette-Beck, B., "Tools To Qualify Experiments With Bloomery Furnaces", *Archaeometry*, Sayı: 52(1), 2010, 131–145.
- Serneels, V. & Sebastien, P., "Quantification of Smithing Activities Based on the Investigation of Slag and Other Material Remains", *Archaeometallurgy in Europe*, Associazione Italiana di Metallurgia, 2003.
- Seton-Williams, M. V., "Cilician Survey", *Anatolian Studies*, Sayı: 4, 1954, 121–174.
- Sevin, V. & Caneva, I., "1993 Yılı Mersin/Yumuktepe Kazıları", *16. Kazı Sonuçları Toplantısı, I. Cilt*. Ankara, 1994, 27–42.
- Sevin, V. & Kavaklı, E., *Bir Erken Demir Çağ Nekropolü, Van/Karagündüz*, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, 1996.
- Sherby, O.D. & Wadsworth, J., "Ancient blacksmiths , the Iron Age , Damascus steels , and modern metallurgy", *Journal of Materials Processing Technology*, Sayı:117, 2001, 347–353.
- Smith, C.S. & Haxthorne, J.G.,. *Mappae Clavicula: A Little Key to the World of Medieval Techniques*, *Transactions of the American Philosophical Society*, Sayı: 64(4), 1974, 1–128.
- Stanley, C., "The Discovery of Carbon in Steel", *Technology and Culture*, Sayı:5(2), 1964, 149–175.
- Starley, D., "What's the Point? A Metallurgical Insight into Medieval Arrowheads", (ed. Bork, R.), *De Re Metallica: The Use of Metals in the Middle Ages*. Ashgate, 2005.
- Tekin, E., *İngilizce-Türkçe Metalbilim ve Gereçbilim Karşılıklar Sözlüğü*, Bilim ve Teknoloji Serisi, Erdemir, 2006.
- Tuncer, E., Altınova, E. & Yıldız, N.,. *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı: Demir Çalışma Grubu Raporu*, Devlet Planlama Teşkilatı, 2001.
- Tylecote, R., "Furnaces, Crucibles and Slags", (ed. Wertime, T. & Muhly, J. D.), *The Coming Age of Iron*, Yale University Press, Yale, 1980.
- Tylecote, R.F., *A History of Metallurgy*, 2. baskı., The Institute of Materials, Londra, 1992
- Tylecote, R.F. & Gilmour, B., *The Metallography of Early Ferrous Edge Tools and Edged Weapons*, British Archaeological Reports, 1986.





- Verhoeven, J.D., "A Review of Microsegregation Induced Banding Phenomena in Steels", *JMEPEG*, Sayı:9, 2000, 286–296.
- Verhoeven, J.D., *Steel Metallurgy for the Non-Metallurgist*, ASM International, Materials Park, Ohio, 2007.
- Verhoeven, J.D. & Jones, L.L., "Damascus Steel, Part II: Origin of the Damask Pattern", *Metallography*, Sayı:20, 1987, 153–180.
- Waldbaum, J.C., "The First Archaeological Appearance of Iron", (Ed. Wertime, T. & Muhly, J.), *The Coming Age of Iron*, Yale University Press, Yale, 1980, 580.
- Yalçın, Ü. & Hauptmann, A., "Archäometallurgie der früh- und hochmittelalterlichen Eisenverhüttung im Vorland der Schwäbischen Alb. In: Abbau und Verhüttung von Eisenerzen im Vorland der mittleren Schwäbischen Alb, Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden- Württe", *Band*, Sayı:86, 2003, 127–158.
- Yalçın, Ü., "Early Iron Metallurgy in Anatolia. *Anatolian Studies*", *Anatolian Iron Ages 4. Proceedings of the Fourth Anatolian Iron Ages Colloquium Held at Mersin*, 1999, 177–187.
- Yalçın, Ü., Belli, O. & Maddin, R., "Van-Yukarı Anzaf Kalesinde Bulunan Metal Eserler Üzerine Arkeometalürjik Çalışmalar", 10. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, TC Kültür Bakanlığı, 1994, 39-45
- Yavaş, A., "Kubad Abad Sarayı Metal Buluntuları", (Ed. Arık, R.), *Kubad Abad*. 2015 (Baskıda), 1–34.
- Yavaş, A., "Kubad-Abad Sarayı Kazılarında Bulunan Ziyinet Eşyaları", *International Journal of Social Science*, Sayı:6(1), 2013, 1543–1566.
- Yücel, Ü., *Türk Okçuluğu*, Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 1999.
- Ziniakov, N.M., "Ferrous Metallurgy and Blacksmith Production of the Altay Turks in the Sixth to Tenth Centuries A.D.", *Arctic Anthropology*, Sayı:25(2), 1988, 84–10.



EK 1. Çalışma kapsamında incelenen Kubad Abad kazı alanında ele geçmiş buluntular.



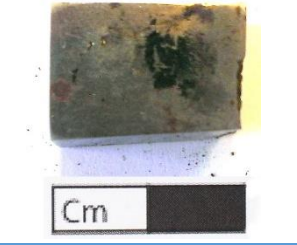

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
KU No.01		30.02	Üç odalı bina kalıntılarının batısındaki "Köşklü Hamam" açmalarından LXIX-H açmasında bulunmuştur. Kare kesitli bir çividir. Başının kullanım aşamasında kanca şeklinde büküldüğü görülmektedir. Bu özellikleri ile Tip C sınıfındadır.	
KU No.02		10.88	KU No.01 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Dörtgen kesitli B tipinde bir çividir.	
KU No.03		23.46	KU No.01 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Dörtgen kesitli B tipinde bir çividir.	
KU No.04		7.61	İşlik diye tabir edilen üç mekânlı yapının batısındaki LXVII-F açmasında bulunmuştur. Sap kısmına yakın bir bölümden kırılmış Tip B.y sınıfında bir bıçaktır.	





Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
KU No.05		12.42	KU No.04 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Dörtgen kesitli B tipinde bir çividir.	
KU No.06		5.13	KU No.04 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Yassı kesitli yaprak formunda Tip B.1.y sınıfında okucudur.	
KU No.07		7.07	Büyük Saray hamamı ile iki yapıyı birbirine bağlayan koridoru içine alan XV-E açmasında 2002 yılı kazılarında bulunmuştur. Tip B.x sınıfındaki bıçak omuz altından kırılmıştır.	
KU No.08		5.57	Saray sitesini batıdan sınırlayan surlara bitişik "Hamamlı Konut" kalıntısının güneyindeki 120 cm derinliğe inen LXI/LXII-T açmalarında bulunmuştur. Tip B.1.y sınıfında okucudur. Namlu-iğne birleşimi yuvarlatılmış ve diğer örneklerle göre uzundur. İğne kısmı sivridir.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
KU No.09		6.76	Büyük Saray hamamının güneyini kaplayan plan karelerinden XX-G açmasında 2004 yılında bulunmuştur. Tip B.2.y sınıfındaki okucunun sap kısmının iki farklı malzemeden oluştuğu fark edilmiştir.	
KU No.10		8.52	Büyük Saray hamamının kuzeyinde teras bölgesinde XVI-E açmasında 2001 yılı kazıları esnasında bulunmuştur. Tip B.2.x sınıfında okucudur.	
KU No.11		6.96	KU No.07 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Omuz altından kırılmış Tip B.x sınıfında bıçaktır.	
KU No.12		9.87	Demirci atölyesi emarelerinin bulunduğu üç odalı mekânın orta odasındaki açmalarda 2002 yılında bulunmuştur. Üretimi yarıda bırakılmış Tip B.1 sınıfında okucudur. İğne yapımı bitirilmediği için kesiti ve alt türü bilinmemektedir.	
KU No.13		---	Saray sitesini batıdan sınırlayan surlara bitişik "Hamamlı Konut"un köşe açmalarından LXVII-I'da bulunmuştur. Sap kısmı yuvarlak kesitli bir çubuğa geçirilmek üzere kovan şeklinde şekillendirilmiş uç kısmı ise düz bir kenar elde edilecek şekilde düzleştirilmiştir.	




Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
KU No.14		---	2007 yılında yeni yol açma çalışmaları için külliye'nin batısındaki alanın kazılması esnasında ortaya çıkan hamam açmalarından LX-T'de bulunmuştur. Korozyon nedeniyle çok hasar görmüş objenin bir bıçağın uca yakın kısmı olduğu düşünülmektedir. Yer yer çatlaklar görülmektedir.	
KU No.15		---	"Hamamlı Konut" açmalarından LXI-R'de bulunmuştur. Namlu ve iğne birleşim kısmı uzun bir okucuna aittir. Korozyon nedeniyle yaşadığı malzeme kaybı ve kırılmış olması nedeniyle sadece B tipinde olduğu söylenebilir.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri
KU-CU No.01		112.63	“İşlik” diye tabir edilen üç odalı kalıntının batı tarafında yer alan “Köşklü Hamam” a ait hamamın dar holünde 2005 LXXII-H açmasında ya da üç odalı kalıntının kuzey tarafındaki 2000 LXV – C açmasında bulunmuştur. İri ufaklı gözeneklere sahip cüruf içbükey-dışbükey formundadır.
KU-CU No.02		---	“İşlik” diye tabir edilen üç odalı kalıntının batı tarafında yer alan “Köşklü Hamam” a ait hamamın dar holünde 2005 LXXII-H açmasında bulunmuştur. Farklı parçaların ısıyla birbirine kaynaması ile oluşmuş bir kütle görünümündedir.
KU-CU No.03		28.12	“İşlik” diye tabir edilen üç odalı kalıntının kuzey tarafındaki 2000 LXV – C açmasında bulunmuşlardır. İri gözenekli, amorf bir şekle sahiptir. Bazı gözeneklerde camsı parlaklıklar göze çarpmaktadır. Diğer örneklerle karşılaştırıldığında hacmine göre hafiftir.









Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri
KU-CU No.04		93.92	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. Büyük gözenekler içerisinde yanmış odun kömürü kalıntıları ve yüzeyde odun kömürü izleri bulunmaktadır. Gözeneksiz yumruların dikkat çektiği cüruf amorf bir yapıya sahiptir.
KU-CU No.05		77.77	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. Oldukça gözenekli amorf yapıya sahip bir cüruftur.
KU-CU No.06		---	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. Bu cüruf fotoğraflamadan önce kesilmiş ve aslında cüruf değil demirci ara ürünü olan demir külçe – işlenmiş luppe olduğu tespit edilmiştir.
KU-CU No.07		99.05	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. Kütleli yumrulu bir demirci cürufudur.


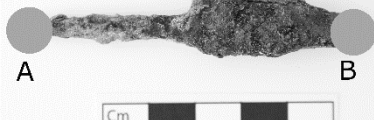








Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri
KU-CU No.08		76.17	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. Üst bölümü daha yoğun olup buradaki gözenek sayısı azdır. Aıtlara doğru gözeneğın arttığı, yoğunluğın düştüğü görölmektedir. Alt yüzeyde ahşap kömürü, toprak izleri görölmektedir. İçbükey-dışbükey formuna benzemektedir.
KU-CU No.09		208.47	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. KU-CU No.08 kodlu cürufla aynı özellikleri taşımaktadır. Daha büyük bir cüruftan kırılarak ayrıldığı izlenimi vermektedir.
KU-CU No.10		25.26	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. Daha büyük bir cüruftan kopmuş bir parçadır.
KU-CU No.11		420.25	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. En büyük ağırlığa ve hacme sahip cüruftur. KU-CU No.08 kodlu cürufla aynı özelliklere sahiptir.






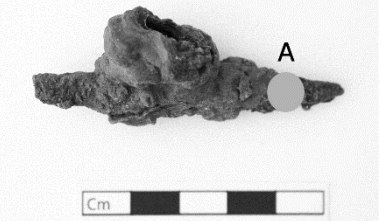


Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri
KU-CU No.12		230.94	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. KU-CU No.08 kodlu cüruf ile aynı özellikleri taşımaktadır. Daha büyük bir cüruftan koptuğu izlenimi vermektedir.
KU-CU No.13		136.10	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. Kesilmesinin ardından içerisinde luppe barındıran bir parça olduğu tespit edilmiştir.
KU-CU No.14		95.20	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. İri gözeneklidir. Bazı gözenekler içerisinde odun kömürü parçaları gözlenmiştir.

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri
KU-CU No.15		285.35	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. KU-CU No.14 ile benzer özellikler göstermektedir.
KU-CU No.16		85.42	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. KU-CU No.14 ile benzer özellikler göstermektedir.
KU-CU No.17		284.58	KU-CU No.02 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuştur. KU-CU No.14 ile benzer özellikler göstermektedir.

EK 2. Çalışma kapsamında incelenen Samsat kazı alanında ele geçmiş buluntular.

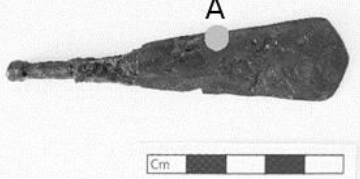

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
SA No.01		25,21	Samsat höyüğü zirve düzlüğünün güneyinde yer alan <i>Kule</i> diye adlandırılan yapıda bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.2) mızrak ucudur.	
SA No.02		18,51	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.2.x) mızrak ucudur.	
SA No.03		19,36	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.2) mızrak ucudur.	
SA No.04		21,77	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.2.x) mızrak ucudur.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
SA No.05		25,22	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.2.x) mızrak ucudur.	
SA No.06		13,90	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.1.x) okucudur.	
SA No.07		9,63	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.1.x) okucudur.	
SA No.08		13,28	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.1.x) okucudur.	
SA No.09		7,78	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.1.x) okucudur.	




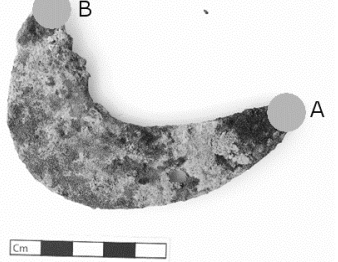

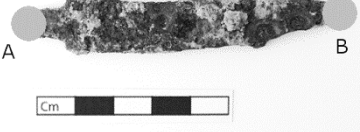


Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
SA No.10		8,75	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.1.x) okucudur.	
SA No.11		8,40	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.1.x) okucudur.	
SA No.12		19,97	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Dörtgen kesitli (Tip A.1.x) okucudur. Korozyon nedeniyle başka bir malzeme üzerine yapışmıştır. Ağırlık ölçümü bu malzeme ile birlikte yapılmıştır	
SA No.13		4,99	SA No.01 ile aynı yerde bulunmuştur. Küçük boyutlu (Tip B.x) bir bıçaktır. Ucu kırılmış olup kullanım aşınması gözlemlenmemiştir.	

EK 3. Çalışma kapsamında incelenen Yumuktepe kazı alanında ele geçmiş buluntular.


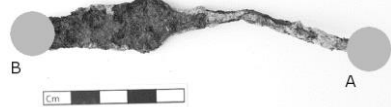



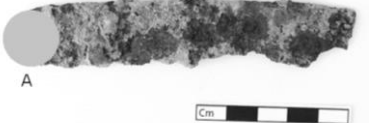




Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
YT No.01		14,76	1993 yılında höyüğün Ortaçağ tabakasında çalışabilmek için açılan ZII doruk açmasında yüzey buluntusu olarak ele geçmiştir. Objeye üzerinde iki düzgün delik bulunmaktadır. Ayrıca sırta yakın bölümde her iki yüzeyde kakma ile bir motif oluşturulmuştur.	
YT No.02		14,99	2003 yılı kazı çalışmaları esnasında en geç dönemi XIII. yüzyıla tarihlendirilen mezarların bulunduğu N16/N17 açmalarında bulunmuşlardır. Burada mezarların altında doldurulmuş hafriyat çukuru bulunduğu belirlenmiştir. C tipinde dörtgen kesitli bir çividir.	
YT No.03		10,15	YT No.02 kodlu numune ile aynı kazı yılında, aynı açmada bulunmuştur. Daire başlı, kare kesitli bir çividir.	
YT No.04		4,26	YT No.01 kodlu örnek ile aynı kazı yılında aynı açmada bulunmuştur. Yassı kesitli Tip B.1 sınıfından okucundan korozyon nedeniyle numune alınamamıştır.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
YT No.05		7,90	2002 yılında yapılan kazılarda zirve açmalarından M17'de bulunmuştur. Tip A.1. sınıfında dörtgen kesitli okucunun iğneye yakın kenarları düzleştirilerek sekizgen oluşturulmuştur.	
YT No.06		3,90	YT No.05 ile aynı kazı yılında, aynı açmada bulunmuştur. YT No.05 ile aynı tipte olan okucu daha ince ve daha hafiftir.	
YT No.07		14,23	Tüm bünyesi korozyona uğrayan YT No.06'da okside olmamış demir bölge bulunamamıştır.	
YT No.08		16,96	1995 yılı kazılarında daha önce açılan ZI-II açmalarının kuzeyinde yeni açılan yaklaşık 1 metre derinliğindeki ZIII açmasında bulunmuştur. Kesici alet olduğu görülen obje korozyon nedeniyle oldukça zarar görmüştür. Sap kısmındaki kıvrım bükülerek kırıldığı ve böylelikle işlevini son verildiği izlenimi vermektedir.	
YT No.09		9,14	YT No.02 kodlu numune ile aynı kazı yılında, aynı açmada bulunmuştur. B tipinde dörtgen kesitli bir okucudur.	





EK 4. Çalışma kapsamında incelenen Kinet Höyük kazı alanında ele geçmiş buluntular.





Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
KH No.01		88,63	Höyüğün zirvesinde yer alan G2 açmasında 1998 yılında gevşek kahverengi toprak içerisinde çıkarılmıştır. Daha büyük demir içerikli bir alete ait bir parçadır. Üzerinde yer yer sıcak demir sıçraması izlenimi veren çıkıntılar vardır.	
KH No.02		48,93	1997 yılında höyüğün batı eteklerinde yer alan K2 ve K3 açmalarında bulunmuştur. Bir ucu eksik nal parçasına aittir.	
KH No.03		9,69	2005 yılı kazılarında K12 açmasında bulunmuştur. <i>Tip C.y</i> sınıfındaki ufak boyutlu bıçakta kullanım aşınmaları görülmektedir.	
KH No.04		8,96	1999 yılı kazılarında N açmasında bulunmuştur. Dörtgen kesitli A.x tipinde okucudur.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
KH No.05		24,81	KH No.02 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuş B tipinde yuvarlak kesitli bir çividir. Kullanım esnasında gövdeden kıvrılmıştır.	
KH No.06		3,98	KH No.04 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Bir bıçağın kuyruk ve namlu bağlantısı bölümüdür. Korozyon nedeniyle harap durumdadır. Sadece sap kısmının ucunda korozyona uğramamış bir bölüm bulunabilmiştir.	
KH No.07		5,17	KH No.04 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Dörtgen kesitli <i>Tip A.x</i> sınıfında okucudur.	
KH No.08		13,07	KH No.04 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Dörtgen kesitli <i>Tip A.x</i> sınıfında okucudur. Kinet Höyük'teki dörtgen kesitli diğer örneklerle göre daha ağırdır.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
KH No.09		16,72	G kodlu açmada 2002 yılındaki çalışmalarda bulunmuştur. Erken Ortaçağ fazlarına ait olma ihtimali vardır. B.1.x tipindeki okucunun iğne kısmı oldukça uzundur.	
KH No.10		15,56	1998 yılı kazılarında doğu eteklerinde yer alan K2 açmasında bulunmuştur. A.x tipindeki bıçağın kesici kısmı fotoğrafta üstte yer almaktadır. Özenli bir işçiliğe sahiptir balçak kısmı sağlam bir şekilde ulaşmıştır.	
KH No.11		22,95	2001 yılında gerçekleştirilen kazılarda K5 açmasında bulunmuştur. Kesici kısmında korozyon nedeniyle kırılmalar meydana gelse de düzenli aralıklı dişler göze çarpmaktadır.	
KH No.13		93,40	KH No.04 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Yoğun kullanım aşınmasının görüldüğü kesici alet A.z tipindedir.	
KH No.14		104,96	KH No.01 ile aynı açmada bozulmuş çamur tuğlası ve küllü yanık izleri olan toprak bir içerikte ortaya çıkarılmıştır. Demir plakının kıvrılarak koni haline getirildiği bir objedir. Tamamen korozyona uğramıştır.	


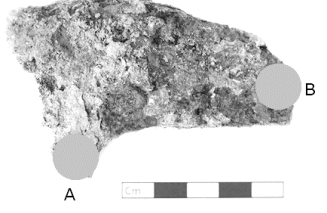

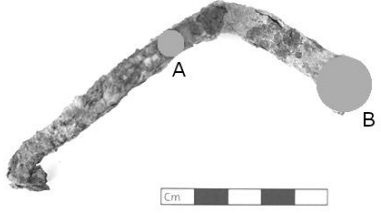






Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Bulutunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
KH No.15		17,24	KH No.14 ile birlikte aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuşlardır. Tam formu belirlenemeyen kesici bir aletin sap namlu birleşimine ait bir parçadır.	
KH No.16		57,04	2005 yılında G/G2 açmalarında bulunmuştur. Yapımı tamamlanmamış bir bıçağa ait olup 3 parçadan oluşmaktadır. Orta parçaya ait üretim yöntemi görülmektedir.	
KH No.17		20,35	1998 kazılarında G2 açmasında ele geçen bu buluntunun yer aldığı bölge iri çakıl taşlarından oluşmuş bir zeminden ibarettir. Burada çok miktarda cüruf ve metal buluntu ele geçmiştir. KH-19'a benzer bir şekilde üretilmiştir. Tamamen korozyona uğramıştır.	
KH No.18		65,37	KH No.17 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Daha büyük bir objenin kırılmış bir parçası olduğu izlenimini vermektedir.	
KH No.19		10,00	KH No.17 ile aynı açmada ve aynı kazı yılında bulunmuştur. B.1 tipindeki yassı kesitli okucu namlu iğne bağlantı bölümünde kırılmıştır.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri
KH-CU No.01		79	Höyüğün zirve açmalarından G2'de 1998 yılı kazılarında iri çakıl taşlı zeminde bazı demir objelerle beraber bulunmuştur. G2 açması dağınık ama önemli miktarda cüruf buluntusu içermektedir. Bir kemikle birlikte bulunması ve kemikte herhangi bir yüksek ısı izinin görülmemesi, bu iki malzemenin atıldıkları yerde kaynadıklarını göstermektedir.
KH-CU No.02		178,96	KH-CU No.01 ile aynı açmada, bölgede ve aynı kazı yılında bulunmuştur. Orta katmanı iri gözeneklidir diğer katmanları ise demir oksit tabakası ile kaplıdır.
KH-CU No.03		12,33 ve 13,95	1997 yılında höyüğün doğu eteklerinde yer alan K2 ve K3 açmalarında bulunmuşlardır. Bu açmalar Orta Tunç Çağı yerleşimlerinin hemen üzerinde yer almaktadır. İri gözenekli, yoğun gri renkli daha büyük cüruf parçalarından kopmuşlardır.
KH-CU No.04		9,05	G2 numaralı açmanın hemen kuzeyinde yer alan G3 açmasında güney doğusunda bulunmuştur. Cürufun kesitinde ince tabakalar gözlenmiştir.



Obje Kodu	Obje Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Çıkarıldığı Yer Tanımlama Açıklamaları
KH-CU No.05		21,75 38,96	KU-CU No.03 kodlu cürufların çıkarıldığı aynı açmada, aynı kazı döneminde bulunmuşlardır. İri gözenekli ve pasla kaplı aynı parçadan kopmuş izlenimi veren parçalar beraber değerlendirilmektedir.
KH-CU No.06		23,96	Höyüğün zirve açmalarından G2'de 1998 yılı kazılarında bulunmuştur. Bu cüruf iri çakıl taşla kaplı zeminin doğusunda yer alan kemiklerle dolu bir çukurda seramik ve cam parçaları ile birlikte bulunmuştur. Küçük ebatlı yoğun bir cüruftur.
KH-CU No.07		71,40	Höyüğün zirve açmalarından G2'de 1998 yılı kazılarında bulunmuştur. Bu cüruf çok miktarda yanmış odun kömürü ve yanık izleri taşıyan taş ve tuğla ile birlikte ele geçmiştir. Form olarak içbükey-dışbükey demirci ocağı cürufunu andırmaktadır. Üst kısmı daha yoğun az ve küçük gözeneklidir. Altına doğru gözeneğin arttığı, yoğunluğun düştüğü görülmektedir
KH-CU No.08		33,77	KH-CU No.07 kodlu buluntunun çıkarıldığı aynı açmada ve bölgede, aynı kazı döneminde bulunmuştur Daha büyük bir cüruf parçasından koptuğu gözükmektedir. Farklı gözenek yoğunluğuna sahip katmanlar gözlenmektedir.





EK 5. Çalışma kapsamında incelenen Hisn al-Tinat kazı alanında ele geçmiş buluntular.





Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Bulutunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
TF No.01		29,13	2011 yılında gerçekleşen kazılarda 16 numaralı açmada bulunmuştur. Bu açma dağılmış duvar elemanı taşlarla kaplıdır. <i>Tip A</i> kare kesitli çividir.	
TF No.02		49,38	TF No.01 ile aynı yıl aynı açmada bulunmuştur. Dörtgen kesitli <i>A</i> tipinde çividir. Kullanım esnasında uç kısımları vurularak çakıldığı objeyi saracak şekilde iki kez kıvrılmıştır.	
TF No.03		33,71	TF No.01 ile aynı yıl aynı açmada bulunmuştur. Dörtgen kesitli <i>B</i> tipi çividir.	
TF No.04		53,04	2011 yılında gerçekleşen kazılarda 17 nolu açmada bulunmuştur. Üçgen kesitli bir çubuğun etrafında döndürülmesiyle şekillendirilmiş konik formdadır. Ağırlık ölçümü iç hacmine dolmuş toprak ile birlikte yapılmıştır.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
TF No.05		55,81	2011 yılında gerçekleştirilen kazılarda 7 nolu açmada bulunmuş bir nal parçasıdır. Üzerindeki çivi deliklerinin şekli aşırı korozyon nedeniyle tespit edilememiştir.	
TF No.06		34,24	TF No.05 ile aynı yıl aynı açmada bulunmuştur. İki şerit demirin uçlardan dövülerek kaynatılması ile elde edilmiştir. Ortada bu demir şeritlerin açılması ile bir boşluk oluşturulmuştur. At nalı ile birlikte bulunması at koşumu parçası olduğunu düşündürmektedir.	
TF No.07		12,24	2011 yılında gerçekleştirilen kazılarda 17 nolu açmada bulunmuştur. Küçük boyutlu (Tip A.y) bir bıçağın namlu bölümüdür. Ağızda kullanım aşınması görülmektedir.	
TF No.08		33,78	2008 yılında gerçekleştirilen kazılarda 09 nolu açmada bulunmuştur. Dörtgen kesitli A tipi bir çividir. Kullanım esnasında ucu vurularak kıvrılmıştır.	
TF No.09		41,95	TF No.08 ile aynı yıl aynı açmada birlikte bulunmuştur. İçindeki toprak temizlendiğinde silindirik formunda olduğu belirlenmiştir. Metal tamamen korozyona uğramıştır.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
TF No.10		8,64	2008 yılında gerçekleştirilen kazılarda 08 nolu açmada bulunmuştur. Oldukça düzgün yuvarlak kesite sahip kıvrımlı bir demir çubuktur.	
TF No.11		13,96	2008 yılında gerçekleştirilen kazılarda 09 nolu açmada bulunmuştur. Ağzında kullanım aşınması görülen <i>Tip C.y</i> sınıfında bir bıçaktır.	
TF No.12		35,12	2008 yılında gerçekleştirilen kazılarda 08 nolu açmada bulunmuştur. Kullanım aşınmasının neredeyse tüm namluyu tükettiği <i>Tip D.y</i> sınıfında bıçaktır. Kabza kaplama bağlantısı sağlayan çiviler halen üzerindedir.	
TF No.13		91,49	2011 yılında gerçekleştirilen kazılarda 16 numaralı açmada çukurda bulunmuştur. TF No.04 örneğine benzer bir formdadır ancak koni formun ağzı daha geniştir. Sadece uçta korozyona uğramamış bir bölge bulunabilmiştir.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri	Numunelerin Alındığı Yerler
TF No.14		503	2008 yılında gerçekleşen kazılarda 11 numaralı açmada yanık izleri olan bir ortamda bulunmuştur. Hafif kıvrımlı yaklaşık 2 santimetre kalınlığında bir demir bloğudur.	

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri
TF-CU No. 01		65,66 20,01	2008 yılında gerçekleşen kazılarda 08 numaralı açmada bulunmuştur. 1150 gramlık daha büyük bir cüruf kütlesinden alınmıştır.
TF-CU No. 02		44,61	2011 yılında gerçekleşen kazılarda 18 numaralı açmada bulunmuştur. Küçük ebatlı yoğun bir cüruftur
TF-CU No. 03		176,60	TF-CU No.02 ile aynı yıl aynı açmada birlikte bulunmuştur. Düz-dışbükey formu ile demirci ocağı cürufunu andırmaktadır. Kesilmesi esnasında içeriğinde demir luppe parçası bulunmuştur.
TF-CU No. 04		102,80	2011 yılında gerçekleşen kazılarda 18 numaralı açmada yüzey buluntusu olarak ele geçmiştir. Düz-Dışbükey formu ile demirci ocağı cürufunu andırmaktadır. Resmin sağ tarafında yer alan bölümü ocak duvarına yapışmış izlenimi vermektedir. İçeriğinde bol miktarda odun kömürü parçaları tespit edilmiştir.

Buluntu Kodu	Buluntu Fotoğrafi	Ağırlığı (gram)	Buluntunun Çıkarıldığı Yer ve Özellikleri
TF-CU No. 05		148,71	2008 yılında gerçekleşen kazılarda 11 numaralı açmada bulunmuştur. Şekilsiz cürufta çıkıntı yapmış yumrular görülmektedir.
TF-CU No. 06		112,25	2008 yılında gerçekleşen kazılarda 09 numaralı açmada bulunmuştur. Hafif merkeze eğimli Düz-Dışbükey formunda bir cürufun kırılmış parçasıdır.
TF-CU No. 07		196,03	TF-CU No.06 ile birlikte aynı yıl aynı açmada birlikte bulunmuştur. Pas renginin hâkim olduğu, kaynamış ufak parçaların gözlemlendiği bir cüruftur. Kesim esnasında oldukça kütleli bir luppe ortaya çıkarılmıştır.
TF-CU No. 08		249,80	TF-CU No.06 ile birlikte aynı yıl aynı açmada birlikte bulunmuştur. Düz-Dışbükey formu ile demirci ocağı cürufunu andırmaktadır. Kesim esnasında oldukça kütleli bir luppe ortaya çıkarılmıştır.

EK 6. Numunelerin metal gövdelerinde yapılan Enerji Dağılımlı X Işını Spektrometresi (EDX) analizlerinde elde edilen en düşük (Min), en yüksek (Maks) ve ortalama değerler.

Numune Kodu		Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Cr
KU No.04-A	Min	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00		0.23	97.84	0.00		0.22
	Maks	0.45	0.39	0.67	0.31	0.15	0.19		1.12	98.81	0.25		0.43
	Ortalama	0.15	0.18	0.41	0.15	0.05	0.04		0.53	98.33	0.05		0.31
KU No.04-B	Min	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00		0.20	96.37	0.00		
	Maks	0.73	0.49	0.96	0.23	0.06	0.23		1.08	99.43	0.31		
	Ortalama	0.25	0.18	0.54	0.14	0.02	0.05		0.50	98.12	0.15		0.00
KU No.04	Ortalama	0.20	0.18	0.47	0.14	0.04	0.04		0.51	98.22	0.10		0.16
KU No.05-A	Min	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00			0.00	98.71			
	Maks	0.38	0.28	0.48	0.10	0.06			0.15	99.88			
	Ortalama	0.12	0.09	0.29	0.05	0.02			0.09	99.34			
KU No.05-B	Min	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00			0.00	99.03	0.00		
	Maks	0.35	0.25	0.44	0.11	0.06			0.21	99.73	0.11		
	Ortalama	0.06	0.06	0.37	0.03	0.02			0.10	99.39	0.03		
KU No.05	Ortalama	0.09	0.08	0.33	0.04	0.02			0.09	99.37	0.03		
KU No.06-A	Min	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00			0.00	98.91	0.00		
	Maks	0.41	0.20	0.55	0.09	0.06			0.13	99.14	0.35		
	Ortalama	0.15	0.03	0.44	0.04	0.03			0.06	99.05	0.19		
KU No.06-B	Min	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00			0.02	99.27	0.00		
	Maks	0.32	0.22	0.32	0.08	0.10			0.19	99.81	0.21		
	Ortalama	0.08	0.03	0.09	0.03	0.02			0.12	99.55	0.09		
KU No.06	Ortalama	0.12	0.03	0.26	0.03	0.03			0.09	99.30	0.14		
KU No.07-A	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	97.25	0.00		
	Maks	0.74	0.59	0.98	0.10	0.08	0.21		0.24	99.74	0.83		
	Ortalama	0.19	0.16	0.41	0.02	0.03	0.03		0.11	98.76	0.27		
KU No.07-B	Min	0.56	0.00	0.96	0.00	0.00	0.14		0.00	96.77	0.00		
	Maks	0.81	0.70	1.20	0.05	0.12	0.32		0.23	97.43	0.20		
	Ortalama	0.71	0.50	1.05	0.03	0.04	0.23		0.13	97.09	0.08		

Numune Kodu		Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Cr
KU No.07	Ortalama	0.45	0.33	0.73	0.02	0.03	0.13		0.12	97.92	0.17		
KU No.08-A	Min	0.46	0.00	0.83	0.00	0.00	0.13		0.04	96.06	0.00		
	Maks	0.93	0.71	1.35	0.07	0.02	0.34		0.34	97.81	0.10		
	Ortalama	0.69	0.47	1.07	0.01	0.00	0.25		0.17	97.16	0.01		
KU No.08-B	Min	0.31	0.15	0.36	0.00	0.00	0.00		0.06	97.81	0.00		
	Maks	0.52	0.46	0.79	0.05	0.06	0.24		0.28	99.09	0.08		
	Ortalama	0.43	0.33	0.65	0.04	0.03	0.07		0.17	98.27	0.02		
KU No.08	Ortalama	0.56	0.40	0.86	0.03	0.01	0.16		0.17	97.71	0.02		
KU No.10-A	Min	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00			0.00	98.25	0.00		
	Maks	0.36	0.22	0.56	0.00	0.04			0.31	99.43	0.28		
	Ortalama	0.24	0.08	0.42	0.00	0.02	0.00		0.14	99.03	0.11		
KU No.10-B	Min	0.27	0.17	0.51	0.00	0.00	0.00		0.00	97.74	0.00		
	Maks	0.86	0.43	0.82	0.06	0.07	0.21		0.22	98.81	0.48		
	Ortalama	0.49	0.30	0.61	0.04	0.03	0.05		0.10	98.20	0.18		
KU No.10	Ortalama	0.37	0.19	0.52	0.02	0.02	0.03		0.12	98.62	0.14		
KU No.11-A	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	98.63	0.00		
	Maks	0.50	0.30	0.69	0.05	0.07			0.26	99.58	0.22		
	Ortalama	0.11	0.16	0.33	0.02	0.03	0.00		0.13	99.15	0.07		
KU No.11-B	Min	0.00	0.20	0.50	0.00	0.00	0.00		0.08	97.19	0.00		
	Maks	1.00	0.56	0.97	0.05	0.08	0.26		0.26	99.02	0.15		
	Ortalama	0.56	0.34	0.71	0.02	0.04	0.10		0.14	98.06	0.03		
KU No.11	Ortalama	0.33	0.25	0.52	0.02	0.04	0.05		0.13	98.60	0.05		
KU No.12-A	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.21	0.00		
	Maks	0.64	0.48	0.95	0.05	0.06	0.27	0.34	0.28	98.99	0.19		
	Ortalama	0.30	0.31	0.54	0.03	0.02	0.06	0.08	0.12	98.06	0.09		
KU No.12-B	Min	0.35	0.22	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	97.89	0.00		
	Maks	0.48	0.37	0.66	0.04	0.06	0.16	0.23	0.35	99.11	0.30		
	Ortalama	0.42	0.30	0.53	0.01	0.03	0.03	0.04	0.18	98.50	0.11		
KU No.12	Ortalama	0.36	0.31	0.54	0.02	0.02	0.04	0.06	0.15	98.28	0.10		

Numune Kodu		Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Cr
KU No.14-A	Min			0.00	0.03	0.00			0.69	98.40	0.00		
	Maks			0.37	0.23	0.11			1.28	99.03	0.16		
	Ortalama			0.11	0.10	0.06			1.08	98.61	0.04		
SA No.01-A	Min			0.00	0.01	0.00			0.04	99.36	0.00		
	Maks			0.29	0.06	0.05			0.24	99.92	0.06		
	Ortalama	0.00	0.00	0.11	0.03	0.03			0.14	99.67	0.02		
SA No.01-B	Min	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00			0.00	98.34	0.00		
	Maks	0.42	0.36	0.62	0.10	0.04			0.25	99.50	0.12		
	Ortalama	0.15	0.24	0.48	0.03	0.01			0.11	98.92	0.06		
SA No.01	Ortalama	0.08	0.12	0.29	0.03	0.02			0.13	99.29	0.04		
SA No.03	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	98.06	0.00		
	Maks	0.33	0.37	0.67	0.19	0.05	0.14		0.26	99.86	0.12		
	Ortalama	0.09	0.06	0.25	0.07	0.02	0.02		0.12	99.33	0.04		
SA No.08-A	Min		0.00	0.00	0.00	0.00			0.13	99.26	0.00		
	Maks		0.17	0.43	0.05	0.05			0.34	99.55	0.15		
	Ortalama		0.03	0.26	0.02	0.02			0.22	99.39	0.05		
SA No.08-B	Min			0.00	0.00	0.00			0.00	99.17	0.00		
	Maks			0.36	0.11	0.08			0.27	99.87	0.23		
	Ortalama		0.00	0.14	0.04	0.03			0.15	99.58	0.06		
SA No.08	Ortalama		0.02	0.20	0.03	0.03			0.18	99.49	0.05		
SA No.09-A	Min		0.00	0.00	0.00	0.00			0.02	98.92	0.00		
	Maks		0.21	0.26	0.06	0.07			0.30	99.76	0.32		
	Ortalama		0.07	0.09	0.02	0.02			0.12	99.54	0.13		
SA No.09-B	Min			0.00	0.00	0.00			0.08	99.28	0.01		
	Maks			0.32	0.05	0.12			0.24	99.89	0.40		
	Ortalama		0.00	0.06	0.01	0.03			0.13	99.56	0.20		
SA No.09	Ortalama		0.04	0.08	0.02	0.03			0.13	99.55	0.17		

Numune Kodu		Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Cr
SA No.10-A	Min		0.00	0.22	0.00	0.00			0.16	98.84	0.00		
	Maks		0.27	0.40	0.05	0.05			0.25	99.48	0.26		
	Ortalama		0.07	0.33	0.02	0.02			0.20	99.24	0.12		
SA No.10-B	Min			0.00	0.00	0.00			0.12	98.99	0.00		
	Maks			0.25	0.03	0.08			0.93	99.63	0.08		
	Ortalama		0.00	0.12	0.01	0.02			0.36	99.44	0.04		
SA No.10	Ortalama		0.03	0.23	0.02	0.02			0.28	99.34	0.08		
SA No.13-A	Min	0.00	0.00	0.27	0.05	0.00			1.98	96.19	0.00		
	Maks	0.35	0.35	0.57	0.18	0.07			2.52	97.56	0.00		
	Ortalama	0.10	0.11	0.40	0.08	0.03	0.00		2.32	96.96	0.00		
SA No.13-B	Min	0.00	0.00	0.45	0.01	0.02	0.00		2.01	96.43	0.00		
	Maks	0.28	0.32	0.69	0.28	0.20	0.14		2.42	97.36	0.14		
	Ortalama	0.08	0.07	0.54	0.12	0.06	0.02		2.21	96.87	0.02		
SA No.13	Ortalama	0.09	0.09	0.47	0.10	0.05	0.01		2.27	96.92	0.01		
YT No.01-B	Min		0.00	0.19	0.04	0.00			0.00	99.37	0.00		
	Maks		0.28	0.29	0.15	0.04			0.11	99.46	0.07		
	Ortalama		0.15	0.24	0.09	0.01			0.07	99.43	0.02		
YT No.01-C	Min		0.20	0.74	0.04	0.02			0.06	98.45	0.00		
	Maks		0.32	0.84	0.14	0.06			0.21	98.74	0.04		
	Ortalama		0.27	0.79	0.08	0.05			0.16	98.63	0.02		
YT No.01	Ortalama		0.21	0.51	0.09	0.03			0.11	99.03	0.02		
YT No.02-A	Min		0.00	0.00	0.00	0.01			0.05	99.62			
	Maks		0.13	0.10	0.04	0.07			0.23	99.78			
	Ortalama		0.04	0.03	0.02	0.03			0.15	99.72			
YT No.05-B	Min		0.00	0.30	0.04	0.00			0.06	98.62	0.00		
	Maks		0.45	0.62	0.12	0.10			0.23	99.48	0.05		
	Ortalama		0.22	0.46	0.08	0.05			0.15	99.04	0.02		

Numune Kodu		Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Cr
YT No.08-A	Min		0.00	0.48	0.03	0.01			0.00	98.73	0.00		
	Maks		0.19	0.87	0.06	0.07			0.30	99.25	0.07		
	Ortalama		0.05	0.61	0.04	0.04			0.19	99.05	0.03		
YT No.08-B	Min		0.72	0.89	0.06	0.00			0.17	97.48	0.00		
	Maks		0.83	1.08	0.13	0.10			0.38	97.95	0.04		
	Ortalama		0.78	1.01	0.10	0.05			0.28	97.76	0.01		
YT No.08-C	Min		0.00	0.71	0.01	0.05			0.10	99.01			
	Maks		0.00	0.80	0.08	0.07			0.14	99.04			
	Ortalama		0.00	0.76	0.05	0.06			0.12	99.03	0.00		
YT No.08	Ortalama		0.28	0.79	0.06	0.05			0.20	98.61	0.01		
KH No.02-A	Min	0.00		0.00	0.01	0.02			0.12	98.98	0.00		
	Maks	0.27		0.42	0.05	0.07			0.17	99.78	0.05		
	Ortalama	0.07	0.00	0.21	0.03	0.04			0.15	99.47	0.03		
KH No.02-B	Min		0.00	0.69	0.04	0.03			0.08	98.65	0.00		
	Maks		0.24	0.91	0.08	0.07			0.22	99.01	0.05		
	Ortalama	0.00	0.06	0.81	0.06	0.05			0.14	98.87	0.02		
KH No.02	Ortalama	0.03	0.03	0.51	0.04	0.05			0.15	99.17	0.03		
KH No.03-A	Min	0.00		0.00	0.04	0.00			0.13	99.34	0.00		
	Maks	0.10		0.32	0.05	0.07			0.16	99.79	0.05		
	Ortalama	0.03		0.21	0.04	0.03			0.15	99.52	0.02		
KH No.03-B	Min	0.00		0.00	0.00	0.00			0.02	99.56	0.00		
	Maks	0.00		0.27	0.12	0.05			0.25	99.75	0.03		
	Ortalama	0.00		0.12	0.05	0.02			0.17	99.65	0.01		
KH No.03	Ortalama	0.02		0.16	0.05	0.02			0.16	99.58	0.01		
KH No.04-A	Min		0.00	0.00	0.00	0.00			0.06	99.34	0.00		
	Maks		0.28	0.29	0.05	0.01			0.20	99.68	0.12		
	Ortalama		0.11	0.18	0.02	0.00			0.10	99.53	0.06		

Numune Kodu		Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Cr
KH No.04-B	Min			0.00	0.00	0.00			0.07	99.46	0.00		
	Maks			0.35	0.26	0.08			0.26	99.58	0.18		
	Ortalama		0.00	0.18	0.07	0.02			0.14	99.52	0.05		
KH No.04	Ortalama		0.06	0.18	0.05	0.01			0.12	99.52	0.05		
KH No.05-A	Min				0.03	0.03			0.07	99.00	0.00		
	Maks				0.06	0.04			0.90	99.77	0.10		
	Ortalama			0.00	0.05	0.04			0.49	99.39	0.05		
KH No.05-B	Min			0.00	0.00	0.00			0.07	98.06	0.00		
	Maks			0.18	0.07	0.06			1.03	99.86	0.08		
	Ortalama			0.10	0.04	0.02			0.33	99.35	0.02		
KH No.05	Ortalama			0.05	0.04	0.03			0.41	99.37	0.03		
KH No.06-A	Min		0.00	0.00	0.00	0.00			0.03	93.59	0.00	0.00	
	Maks		0.12	0.38	0.09	0.05			0.21	99.56	0.17	6.01	
	Ortalama		0.02	0.25	0.03	0.02			0.13	98.13	0.04	1.37	
KH No.10-A	Min	0.00	0.00	0.50	0.01	0.00			0.98	97.71	0.00		
	Maks	0.00	0.00	0.93	0.10	0.12			1.24	98.42	0.24		
	Ortalama	0.00	0.00	0.66	0.06	0.04			1.09	98.08	0.07		
KH No.10-B	Min	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00			0.66	97.12	0.00		
	Maks	0.22	0.22	1.01	0.08	0.06			1.32	98.43	0.05		
	Ortalama	0.09	0.09	0.86	0.03	0.03			1.00	97.89	0.01		
KH No.10	Ortalama	0.04	0.05	0.76	0.05	0.04			1.04	97.98	0.04		
KH No.11-A	Min		0.00	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00	98.55	0.00	
	Maks		0.18	0.72	0.07	0.09		0.17		1.00	99.91	0.06	
	Ortalama		0.02	0.28	0.03	0.02		0.03		0.33	99.29	0.01	
KH No.13-A	Min	0.00		0.00	0.00	0.00				0.09	99.57	0.00	
	Maks	0.18		0.20	0.03	0.06				0.18	99.76	0.10	
	Ortalama	0.05		0.05	0.01	0.02				0.14	99.67	0.06	

Numune Kodu		Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Cr
KH No.13-B	Min	0.00		0.00	0.04	0.00				0.00	99.59	0.00	
	Maks	0.00		0.00	0.06	0.07				0.30	99.94	0.30	
	Ortalama	0.00		0.00	0.05	0.02				0.15	99.71	0.07	
KH No.15-A	Min	0.00		0.00	0.00	0.00				0.00	99.59	0.00	
	Maks	0.00		0.22	0.07	0.02				0.29	99.98	0.01	
	Ortalama	0.00		0.06	0.03	0.01				0.12	99.79	0.00	
KH No.15-B	Min	0.00		0.00	0.00	0.00				0.00	98.66	0.00	
	Maks	0.15		0.43	0.07	0.07				0.93	99.93	0.21	
	Ortalama	0.01		0.22	0.03	0.03				0.27	99.41	0.03	
KH No.15	Ortalama	0.01		0.14	0.03	0.02				0.20	99.60	0.02	
TF No.01-A	Min		0.00	0.00	0.06	0.03			0.04	99.66	0.00		
	Maks		0.08	0.08	0.06	0.05			0.09	99.85	0.01		
	Ortalama		0.04	0.04	0.06	0.04			0.07	99.76	0.01		
TF No.01-B	Min			0.00	0.00	0.00			0.20	98.79	0.00		
	Maks			0.21	0.07	0.08			0.95	99.78	0.14		
	Ortalama		0.00	0.04	0.03	0.03			0.44	99.42	0.04		
TF No.01	Ortalama		0.02	0.04	0.05	0.04			0.25	99.59	0.02		
TF No.03-B	Min			0.18	0.03	0.00			0.15	99.37	0.00		
	Maks			0.38	0.07	0.02			0.33	99.42	0.08		
	Ortalama			0.27	0.05	0.01			0.24	99.40	0.03		
TF No.07-C	Min			0.33	0.01	0.02			0.02	99.42	0.00		
	Maks			0.38	0.07	0.10			0.33	99.60	0.08		
	Ortalama			0.35	0.03	0.05			0.14	99.50	0.03		
TF No.11-B	Min			0.00	0.00				0.00	99.30	0.13		
	Maks			0.29	0.06				0.22	99.81	0.19		
	Ortalama			0.15	0.03				0.11	99.56	0.16		
TF No.14-A	Min		0.00	0.00	0.01	0.00		0.00		0.00	99.05	0.00	
	Maks		0.22	0.27	0.21	0.05		0.21		0.25	99.94	0.44	
	Ortalama		0.03	0.03	0.08	0.01		0.02		0.10	99.63	0.11	

EK 7. Numunelerin metal gövdelerinde yapılan mikro sertlik testlerinde ölçülen en düşük (Min), en yüksek (Maks) ve Ortalama değerler (Ortalama değerlerde noktadan sonrası yuvarlanmıştır).

KUBAD ABAD	KU 02-A	KU 02-B	KU 04-A	KU 04-B	KU 06-A	KU 06-B	KU 07-A	KU 07-B	KU 08-A	KU 08-B	KU 09-A	KU 09-B	KU 09-C	KU 11-A	KU 11-B	KU 12-A	KU 12-B
Min	152	180	289	254	200	171	111	151	102	170	158	158	125	119	489	178	102
Maks	359	269	336	380	224	198	608	426	155	213	204	184	155	384	568	211	133
Ortalama	223	218	314	313	215	184	343	302	127	184	174	172	142	209	543	190	112
SAMSAT	SA 03-A	SA 03-B	SA 04-A	SA 04-B	SA 07-A	SA 07-B	SA 09-A	SA 09-B	SA 13-A	SA 13-B							
Min	84	97	70	70	71	93	92	97	358	280							
Maks	131	101	78	82	99	124	117	133	401	395							
Ortalama	108	99	73	76	87	111	106	117	370	329							
YUMUKTEPE	YT 01-A	YT 01-B	YT 01-C	YT 02-A	YT 05-A	YT 05-B	YT 08-A	YT 08-B	YT 08-C	YT 08-D	YT 09-A						
Min	155	134	309	210	172	114	389	348	389	251	177						
Maks	192	170	540	248	192	137	633	549	578	559	210						
Ortalama	177	155	436	229	182	122	487	458	460	446	189						
KİNET HÖYÜK	KH 03-A	KH 03-B	KH 04-A	KH 04-B	KH 06-A	KH 10-A	KH 10-B	KH 11-A	KH 13-A	KH 13-B	KH 15-A	KH 15-B					
Min	186	222	118	181	147	353	266	140	91	129	122	124					
Maks	213	237	138	217	158	378	280	164	123	196	220	132					
Ortalama	197	229	130	195	152	366	271	152	113	166	161	127					
HİSN AL-TİNAT	TF 07-A	TF 07-B	TF 10-A	TF 10-B	TF 12-A	TF 12-B	TF 12-C	TF 12-D	TF 14-A								
Min	102	104	92	145	147	179	78	167	96								
Maks	136	160	143	186	184	196	206	194	154								
Ortalama	117	130	127	165	169	184	165	185	125								

EK 8. Cürüflardan hazırlanan toz numunelerde uygulanan ICP-MS analizinde tespit edilen oksitlerin ağırlık yüzdeleri.

		<i>Na₂O</i>	<i>MgO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>SiO₂</i>	<i>CaO</i>	<i>MnO</i>	<i>FeO</i>	<i>K₂O</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>SO₃</i>	<i>TiO₂</i>	<i>Cr₂O₃</i>	<i>CoO</i>	<i>NiO</i>	<i>As₂O₃</i>
KUBAD ABAD	KU-CU No.03	0.62	1.55	13.34	62.10	7.30	0.26	10.82	2.61	0.54	0.02	0.81	0.01	0.00	0.01	0.00
	KU-CU No.04	0.10	0.58	2.22	14.86	10.46	0.94	69.70	0.58	0.34	0.02	0.18	0.00	0.01	0.01	0.00
	KU-CU No.05	0.12	0.82	4.90	14.03	9.14	3.53	66.01	0.67	0.44	0.09	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00
	KU-CU No.07	0.11	0.95	7.96	14.11	9.65	4.73	61.10	0.71	0.29	0.06	0.31	0.01	0.00	0.00	0.00
	KU-CU No.08	0.08	0.56	4.34	10.18	6.40	1.84	75.44	0.62	0.27	0.08	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
	KU-CU No.09	0.07	0.58	4.41	10.87	6.55	1.99	74.32	0.60	0.27	0.10	0.19	0.01	0.01	0.01	0.01
	KU-CU No.10	0.04	0.44	1.28	5.35	2.51	0.08	89.63	0.13	0.14	0.08	0.07	0.00	0.00	0.03	0.22
	KU-CU No.11	0.17	0.82	4.40	20.34	17.71	0.88	54.06	0.79	0.43	0.05	0.33	0.01	0.01	0.02	0.00
	KU-CU No.12	0.10	0.94	5.99	11.37	10.89	0.79	68.54	0.76	0.32	0.03	0.26	0.01	0.00	0.00	0.00
	KU-CU No.14	0.11	1.01	7.99	12.33	9.70	4.89	62.67	0.70	0.25	0.04	0.29	0.01	0.00	0.00	0.00
	KU-CU No.15	0.10	0.71	6.44	12.95	5.41	4.24	68.62	0.79	0.32	0.08	0.33	0.01	0.00	0.00	0.00
	KU-CU No.16	0.14	1.00	6.04	14.30	8.47	3.70	64.76	0.79	0.40	0.07	0.31	0.01	0.00	0.00	0.00
KU-CU No.17	0.10	0.79	4.04	12.96	7.13	3.47	70.22	0.59	0.38	0.09	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00	
KINET HÖYÜK	KH-CU No.01	0.10	9.96	2.24	20.96	3.29	0.05	61.02	6.57	1.21	0.18	0.13	0.09	0.00	0.08	0.00
	KH-CU No.03	0.01	2.29	1.01	7.30	2.93	0.05	85.76	0.16	0.26	0.08	0.07	0.02	0.02	0.02	0.00
	KH-CU No.05	0.01	4.29	1.00	11.11	5.75	0.07	76.79	0.14	0.52	0.11	0.09	0.09	0.00	0.03	0.00
	KH-CU No.07	0.09	6.22	1.12	10.07	6.96	0.05	73.56	0.63	0.92	0.17	0.08	0.06	0.01	0.05	0.01
	KH-CU No.08	0.08	5.93	1.06	10.02	6.84	0.05	74.19	0.64	0.83	0.17	0.07	0.06	0.00	0.04	0.01
HİSN AL-TİNAT	TF-CU No.01	0.06	9.22	1.00	11.70	6.52	0.07	70.23	0.51	0.15	0.05	0.10	0.23	0.01	0.15	0.00
	TF-CU No.02	0.02	1.25	0.61	3.11	2.47	0.03	91.91	0.03	0.27	0.08	0.07	0.02	0.02	0.10	0.01
	TF-CU No.04	0.03	3.49	0.61	5.89	3.97	0.03	85.47	0.05	0.21	0.11	0.05	0.05	0.01	0.04	0.01
	TF-CU No.05	0.04	8.04	1.58	16.33	7.01	0.07	65.50	0.11	0.84	0.17	0.12	0.08	0.01	0.09	0.01
	TF-CU No.06	0.13	25.28	3.04	33.62	10.81	0.12	25.39	0.65	0.32	0.03	0.20	0.25	0.01	0.15	0.00

EK 9. Cürüflardan hazırlanan toz numunelerde uygulanan XRD analizi sonucu tespit edilen mineraller.

Mineraller	Vüstit	Manyetit	Hematit	Götit	Hersinit	Kuvars	Dolomit	Akagentit	Millerit	Kristobalit	Kalsit	Montisellit	Lepidokrosit	Heidenbergit	Forsterit	Ogıt	Olivine	Fayalit	Fayalit-Mn	Tefroit	Spinel
KUBAD ABAD	KU-CU No.03					X				X											
	KU-CU No.04	X										X									
	KU-CU No.05	X				X						X									
	KU-CU No.07	X																			
	KU-CU No.08	X	X									X	X								
	KU-CU No.09	X	X	X										X						X	
	KU-CU No.10	X	X	X	X		X														
	KU-CU No.11	X	X	X									X								
	KU-CU No.12	X											X						X		
	KU-CU No.14	X																			
	KU-CU No.15	X				X	X						X								X
	KU-CU No.16	X											X								X
KU-CU No.17	X			X								X									
KİNET HÖYÜK	KH-CU No.01		X		X	X	X	X													
	KH-CU No.03	X	X	X	X																
	KH-CU No.05	X	X		X	X			X					X							
	KH-CU No.06	X	X	X		X															
	KH-CU No.07	X	X		X	X								X					X		
KH-CU No.08	X	X		X											X						
HİSN ALTINAT	TF-CU No.01	X	X								X				X						
	TF-CU No.02	X	X		X						X										
	TF-CU No.04	X	X	X	X						X										
	TF-CU No.05	X	X	X	X	X								X							

