



**TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN SEGMENTLERİN
MİKROYAPI, MEKANİK ÖZELLİK VE AŞINMA DAVRANIŞLARINA
ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ**

Ali DEMİR

**Yüksek Lisans Tezi
Metalurji Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Halis ÇELİK
OCAK-2018**

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN SEGMENTLERİN MİKROYAPI
MEKANİK ÖZELLİK VE AŞINMA DAVRANIŞLARINA ALAŞIM
ELEMENTLERİNİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali DEMİR

(Enstitü No: 101122109)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18 Ocak 2018

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Şubat 2018

Tez Danışmanı : Prof Dr. Halis ÇELİK (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mehmet KAPLAN (F.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ÇELİK (M.Ü)

ŞUBAT-2018

ÖNSÖZ

Ülkemizde madencilik alanında önemli bir yere sahip olan doğal taş sektöründe kaynakların verimli bir biçimde kullanılması, doğal kaynakların ziyan olmadan ekonomiye kazandırılması ülke ekonomisi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple, doğal taşların işlenmesi sırasında uygun makineler ile kesici soket seçimi, üzerinde durulması gereken önemli bir konudur.

Bu çalışma, sektörde uzun yıllar kesici soket üretimi yapan ve İstanbul'da faaliyet gösteren şirketlerde yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda öncelikli olarak piyasada mevcut elmaslı kesici takımlar esas alınarak ve daha sonra bunların içerisine önceden belirlenen oranlarda farklı elementler katılan yeni kesici soketler üretilerek; her iki kesici soketin kesme performansları Ankara andezit türü doğal taş üzerinde deneysel olarak incelenmiştir.

Bu tez çalışmasının hazırlanması sırasında, bana her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen; başta danışman hocam Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Halis ÇELİK'e teşekkürlerimi arz etmeyi bir borç bilirim. Kesici soketlerin üretilmesi aşamasında başta atölye imkanları olmak üzere elmaslı kesicilere ait uygulamaya dair her türlü bilgi ve birikimlerini esirgemeyen Neteks Ltd.Şti. ile Karat Ltd. Şti.nin tüm yönetici ve çalışanlarına çok teşekkür ederim. Bu güne kadar mevcut çalışmalarımın yanı sıra akademik çalışmalarına da büyük bir özveri ile katkı sağlayan değerli eşime, oğluma şükranlarımı sunarım.

Özellikle bu tezin meydana gelmesinde maddi imkan sağlayan Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) Birimi ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

ALİ DEMİR
ELAĞIĞ-2018

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
SEMBOLLER (KISALTMALAR) LİSTESİ	X
1. GİRİŞ.....	1
2. ELMAS KATKILI KESİCİ TAKIMLAR	3
2.1. Elmaslı Kesici Takım (Soket) Tasarımı	3
2.2. Kesici Takım İçin Matris Tasarımı	4
2.3. Elmas Tanesi Seçimi	8
2.3.1. Elmas Tipi	8
2.3.2. Elmas Seçimi	12
2.3.3. Kesici Takımda Elmas Yoğunluğu	13
2.4. Kesici Takım (Soket) İmalat Tekniği	14
2.4.1. Matris Toz Karışımının Hazırlanması.....	15
2.4.2. Matris-Elmas Karışımının Hazırlanması	15
2.4.3. Soğuk Presleme	16
2.4.4. Sıcak Presleme	17
2.4.5. Çapakların Temizlenmesi	18
2.4.6. Soket Kalite Kontrolü	18
2.4.7. Lehimleme/Lazer Kaynağı	19
2.4.8. Kaynak Edilen Soketlerin Testereye Hizalanması ve Testerenin Bilenmesi.....	19
2.4.9. Testerenin Balans Ayarının Yapılması	19
3. BAZI ELEMNTLERİN ELMASLI KESİCİ TAKIMLARA ETKİSİ.....	20
3.1. Kobalt Alternatifi Malzemeler	21
3.2. Sıcak Preslenmiş Kobalt ve Kobalt Alaşımlarının Mikro Yapısı	22
3.2.1. Tane Boyutu ve Tane Boyutunun Dönüşüm ve Rekristalizasyona Etkisi	22
3.2.2. Faz Bileşimi	23
3.2.2.1. Alaşımlandırmanın Etkisi	24
3.3. Sıcak Preslenmiş Kobalt ve Kobalt Alaşımlarının Mekanik Özellikleri	25

3.3.1.	Eğme Dayanımı	27
3.3.1.1.	Alaşımlandırmanın Eğme Dayanımına Etkisi.....	28
3.4.	Çekme ve Akma Dayanımı	29
3.5.	Sertlik.....	29
3.5.1.	Kalite Kontrol Parametresi.....	30
3.5.2.	Elmas Tutunma Kapasitesinin Belirlenmesi.....	30
3.5.3.	Elmas-Matris Sürtünmesi.....	33
4.	ELMASIN İŞLEVİ.....	35
5.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	39
5.1.	Deneylerde Kullanılan Malzemeler.....	39
5.1.1.	Segmentlerde Kullanılan Toz ve Sentetik Elmas Özellikleri	39
5.2.	Toz Karışımlarının Hazırlanması.....	40
5.3.	Tozların Sıcak Preslenmesi	40
5.3.1.	Sıcak Presleme Kalıbı	40
5.4.	Sertlik Ölçme İşlemi	42
5.5.	Üç Noktalı Eğme Deneyi (Transverse Rupture Strength).....	42
5.6.	Elektron Mikroskobu Çalışmaları	43
5.7.	X-Işını Kırınımı İncelemeleri	43
6.	DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	44
6.1.	Sertlik Ölçümü Sonuçları.....	44
6.2.	Üç Noktalı Eğme Deneyi Sonuçları	46
6.3.	A1, A2, A3 Serisi Numunelerin Eğme Deneyleri.....	46
6.4.	Numunelerin Mikroyapı İncelemeleri.....	48
6.5.	Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) ve EDX Çalışmaları	51
6.6.	Kırık Yüzey İncelemeleri.....	51
6.6.1.	Elmas içermeyen numunelerin Kırık Yüzey İncelemeleri	51
6.6.2.	Elmas Katkılı Numunelerin Kırık Yüzey İncelemeleri	54
	SONUÇ ve ÖNERİLER	57
	KAYNAKLAR.....	59
	ÖZ GEÇMİŞ	67

ÖZET

Bu çalışmada, doğal taş kesme işleminde kullanılmak üzere içerisine elmas ve/veya metal ilave edilen soketler, toz metalurjisi yöntemiyle sıcak preste üretildi. Matris olarak seçilen 85-15 CuSn bronz tozu içerisine 30/40 ve 40/50 US mesh tane boyutuna sahip elmas ve cBN tanecikleri, önceden belirlenen oranlarda (30 konsantrasyon) ilave edildi. Araştırma kapsamında kullanılan tüm soketlerin üretimi, 35 MPa basınç altında 750, 800 ve 850 °C sinterleme sıcaklığında, 3 dakika süre ile sinterlendi. Üretilen her bir soket türü, 300 mm. çapındaki çelik testere gövdelerine ayrı, ayrı lehim kaynağı ile kaynatılarak kesme performansları ölçüldü.

Kesme işleminde 30x150x1500 mm boyutunda Ankara-Andezit taşı kullanıldı. Kesme işlemi sonrası soketlerdeki aşınma miktarı, 500 mm. lik 0.01 mm hassasiyetli digital kumpas ile ölçüldü. Her bir soket türünün mikro yapısı ve kimyasal bileşimi, taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışın difraktogramı (XRD) ve X ışını enerji dağılım spektrometresinden (EDS) faydalanılarak incelendi.

Yapılan deneyler sonucunda, üretilen elmaslı kesici takımların eğilme mukavemetinin cBN katkılı kesici takımlara göre yaklaşık % 30 daha düşük olduğu ve kesme performansının ise iki buçuk kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Her iki kesici takımın aşınma yüzeyinden alınan SEM fotoğraflarından kesici takımın etkili kesme yaptığını gösteren mikro-sabanlama ve matris kuyruğunun oluştuğu görülmüştür. Ayrıca aşınma yüzey fotoğraflarından cBN taneciklerinin kesme sırasında elmas taneciklerine göre daha fazla aşındığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elmaslı soket, sıcak pres, toz metalurjisi, sinterleme

SUMMARY

Investigation of Use of Cubic Boron Nitride (cBN) as Alternative Abrasive in Natural Stone Cutting Tools

In this study, all the sockets containing of metal and/or diamond, in which designed for natural stone cutting were produced in hot-press by powder metallurgy method. 85-15 CuSn bronze powder was choosen as a matrix material into which 30/40 and 40/50 US mesh grain size of diamond and/or cBN grains was added with a concentration of 30 %. The production of sockets used in this investigation was carried out under 35 MPa pressure at 750, 800, 850 °C sintering temperature for 3 minutes. The cutting performance of each socket welded around a circular cutting disc with a diameter 300 mm was measured.

In this natural stone cutting process, Ankara-Andezit stone with a dimension of 30x150x1500 mm was used. The wear values of the sockets after the cutting process were measured with a digital calliper with a precision of 0.01 mm. Each socket was inspected for its chemical composition and microstructure properties by using a scanning electron microscope (SEM), X-ray diffraction spectrometer (XRD) and Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS).

The results of the experimental studies show that the bending strength of diamond cutting tools is less than cBN cutting tools about 30% and cutting performance of diamond cutting tools were found two and a half times higher than cBN cutting tools. The SEM photographs show that the micro-plowing and matrix tail are formed on wear surface. Besides, it is obtained that the cBN grains were worn more than diamond grains.

Keywords: Diamond segment, hot press, powder metallurgy, sintering

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çeşitli soket şekilleri.....	3
Şekil 2.2. Sandwich aşınma eğrisi	4
Şekil 2.3. Doğal elmas aşındırıcılar çok tabakalı yüzey (a) ve ovalleştirilmiş (b)	8
Şekil 2.4. Kobalt esaslı alaşımdan üretilmiş sentetik elmas taneciği elmas taneciği(b), nikel ve kobalt bu işlemlerde katalizör/çözücü olarak kullanılmıştır.	9
Şekil 2.5. Çeşitli sentetik elmas taneciklerinin şematik ve matematiksel gösterimi	11
Şekil 2.6. Serbest haldeki (a) ve Soğuk preslenmiş (b) toz karışımlarının grafit kalıba yerleşimi.	16
Şekil 2.7. İndüksiyon ile kalıbın ısıtılması 1. Grafit yan tutucular 2. Baskı grafitleri. 3. Preslenecek	18
malzeme 4. İndüksiyon sargısı.	18
Şekil 3.1. Hidrostatik kalıntı gerilmelerin μ -Raman spektrosi ile ölçülmesi	26
Şekil 3.2. Sıcak pres sıcaklığına göre eğme dayanımının değişimi	27
Şekil 3.3. WC ve 90/10 bronz katkısının kobalt matrisli malzemelerde eğme dayanımına etkisi.....	28
Şekil 3.4. Sıcak pres sıcaklığının sertliğe olan etkisi	30
Şekil 3.5. 950°C sıcaklık ve 35 MPa basınç altında 3 dak süreyle sinterleme sonucu elde edilen Co ve Co-Fe numunelerin gerilme uzama davranışlarının karşılaştırılması	31
Şekil 3.6. Matriste çalışma esnasındaki elmasların maruz kaldığı mekanik zorlanmaların şematik gösterimi.	32
Şekil 3.7. Elmas kristalinin matris deformasyonu üzerindeki aşınma etkisi. a. Normal basınç p ve sürtünme katsayısı μ yatay sürtünme kuvveti bileşeninin oluşmasına neden olur. b. Matrisle elmas arasındaki sıkı bağ ara yüzeyden belli mesafede kaymaya neden olur.	33
Şekil. 4.1. Ayakta durma etkisi ile oluşan matris kuyruğu.	35
Şekil. 4.2. Kopan elmas tanesi çevresindeki aşınma bölgesi.....	36
Şekil 4.3. Kesme işlemi sonrasında elmas parçacıklarının ve kesme matrisinin görünümü	37
Şekil 5.1. Grafit kalıbın perspektif görünümü	40
Şekil 5.2. Sinterleme sıcaklık-zaman grafiği.....	41
Şekil 5.3. Üç noktalı eğme deneyinin şematik görünümü	42
Şekil 6.1. Sinterleme sıcaklığına bağlı sertlik ölçüm sonuçları	44
Şekil 6.2. Sinterleme sıcaklığına bağlı sertlik ölçüm sonuçları	46
Şekil 6.3. A1, A2, A3 grubu numunelerin eğilme mukavemeti sonuçları	47
Şekil 6.4. A1, A4, A5 grubu numunelerin 750 °C’de eğilme mukavemeti sonuçları	48
Şekil 6.5. A1, A2, A3 grubu numunelerin 750°C’de sinterlenmiş görüntüleri	49
Şekil 6.6. A1, A4, A5 grubu numunelerin 750°C’de sinterlenmiş görüntüleri	50
Şekil 6.7. 750°C’de sinterlenmiş A1 numunesinin kırık yüzey görüntüsü	51
Şekil 6.8. 750°C’de sinterlenmiş A2 numunesinin kırık yüzey görüntüsü	52
Şekil 6.9. 850°C’de sinterlenmiş A3 numunesinin kırık yüzey görüntüsü	53
Şekil 6.10. 850°C’de sinterlenmiş A4 numunesinin kırık yüzey görüntüsü	53

.Şekil 6.11. 850°C’de sinterlenmiş A1 numunesinin elmaslı kırık yüzey görüntüsü	54
Şekil 6.12. 850°C’de sinterlenmiş D3 numunesinin elmaslı kırık yüzey görüntüsü	55
Şekil 6.13. 850°C’de sinterlenmiş E3 numunesinin elmaslı kırık yüzey görüntüsü	56



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Soket üretimi sınırlamaları.....	7
Tablo 2.2. Aşınan segmentin bir cm ² alanındaki yüzeye çıkmış elmasların toplam sayısı	13
Tablo 3.1. Tane iriliklerine göre kobalt tozlarının sınıflandırılması (www.dr-fritsch.com).....	21
Tablo 3.3. Kobalt ve kobalt esaslı alaşımlarda fcc fazı stabiliztesine oksijen içeriği ve alaşımlamanın....	24
etkisi (950°C’de ve 35 MPa basınçta 2 dakika sıcak preslenmiş) (Konstanty, 1991)	24
Tablo 5.1. Deneylerde kullanılan alaşımlar.....	39
Tablo 5.2. Kullanılan tozlar ve sentetik elmas	39



SEMBOLLER (KISALTMALAR) LİSTESİ

cBN	: Cubic Boron Nitride (Kübik Bor Nitrür)
CVD	: Chemical Vapour Deposition
PVD	: Physical Vapour Deposition
PCBN	: Polycrystalline Cubic Boron Nitride



1.GİRİŞ

Elmaslı kesici takım üretim teknolojisindeki gelişmeler sentetik elmasın bulunmasıyla daha da gelişmiştir. Yüzyıllardır doğal elmas kullanımı yanında sentetik kristaller üretmek için gösterilen çabalar son birkaç yüzyıldan günümüze kadar devam etmiştir. Bütün bu çalışmalar 1953 yılına kadar sonuçsuz kalmıştır. Fakat general elektrik (GE) firması 1955 yılında endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere sentetik elmas üretimine başlamıştır (Brauninger, 1999).

Metal ve taş işleme teknolojilerindeki sürekli gelişmeler, sentetik elmasların ticari önemini artırmaktadır. Son 40 yılda, elmaslı takımların kullanımı ile ilgili olan üretim teknikleri taş kesimi ve inşaat endüstrisinde, yol onarımında, cam ve seramiklerin işlenmesinde, metallerin bilenmesinde, ağaç işlemede, plastik ve kauçuk parçaların finiş işlemleri vb. işlemlerde işin daha hızlı yapılmasını sağlayan, daha hassas ve ucuz olmasını sağladığı için sıkça kullanılmaktadır. Günümüzde elmaslı kesici takımların pazarı hızlı bir şekilde büyümeye devam etmektedir. Günümüzde Avrupa en geniş pazar olmakla birlikte elmaslı aşındırıcılara olan talep 1997 yılında 700 milyon karataulaşmıştır (Tillmann, 1999). Bunun yanı sıra imalat işlemleri ve doğal taş kesimi için üretilen testereler tüm Avrupa'da endüstriyel elmas tüketiminin % 50 sini oluşturmaktadır (Tillmann, 1999). Günümüzde elmaslı aşındırıcılarla yapılan uygulamalar doğal taş, mermer, granit kesimi ve yüzey finiş işlemleri olmakla beraber yeni tasarım testereler ve aparatların geliştirilmesi yönündeki çalışmalar devam etmektedir (Diamond tools for the new millennium, 1995).

Kobaltın elmaslı kesici takımlarda görevi matrisin tok ve dayanıklı olmasını sağlamaktır. Dünya çapında üretilen kobalt tozunun %75'i kesici ve elmaslı takım endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu da her yıl 3500 ton civarlarındadır. Fakat pazar her yıl %2,7–2,8 büyümektedir (Oishi, 1979). Elmaslı kesici takım sektörü tek başına bu pazarın %28'ini oluşturmaktadır (Hohne, 1995).

Sıcak presleme işleminde kobaltın elması çok iyi tutması ve mükemmel aşınma karakteristikleri çoğu elmaslı takım imalatçısı için bu metalin tercih edilme sebebi olmuştur (Clark, 1996). Fiyatı çok istikrarsız olan kobaltın yerine daha ucuz ve kobalta

yakın özelliklerde olan toz veya toz karışımlarının ya da kobalt tozuna başka maddeler eklenerek üretim maliyetlerinin düşürülmesine çalışılmıştır. Son günlerde 3 adet bakır esaslı (Rimlieger, 1999; EPMA presents 1997 awards; Cobalite, 1997) ve bir adet demir esaslı kimyasal olarak önceden alaşımlandırılmış tozlar geliştirilmiş ve ticari olarak da satılmaktadır. Bununla birlikte, denemelerde elde edilen sonuçlar hala yetersiz ve endüstride kobaltın alternatifi olamamaktadır.

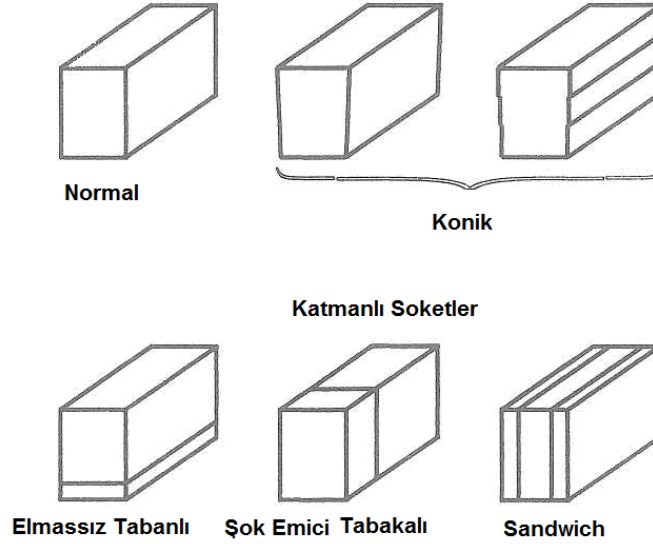


2. ELMAS KATKILI KESİCİ TAKIMLAR

Elmas katkılı kesici takım imalatında kullanılan en yaygın üretim tekniği, toz metalurjisi (TM) yöntemidir. Bu yöntemde sentetik elmas tanecikleri ile çeşitli metal tozları karıştırılarak yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenerek kesici takım üretilir. Sıcak presleme çok yaygın bir üretim tekniği yanında, basınçsız sinterleme (Burgess, 1978; Thakur, 1985; Matrix powders for diamond tools, 1989; Dwan, 1998; Hamar-Thibault ve diğ., 1999; Gasik ve diğ., 1999) sıcak izostatik presleme (Cram, 1995) veya bu ikisinin kombinasyonu (Ojeda ve diğ., 1998), ekstrüzyon (Samvelion ve Manoukion, 1995), lazer ergitme (Grüneis, 1998), sıcak presleme ve lazer kesimin kombinasyonu (Schmid, 1995; Fietcher, 1995) ve özel daha başka birçok teknikle üretilebilirler.

2.1. Elmaslı Kesici Takım (Soket) Tasarımı

Elmaslı soketlerin genel bir yapısı Şekil 2.1’de görülmektedir. Bu tür soketler endüstride çok yaygın olarak kullanılmaktadır.



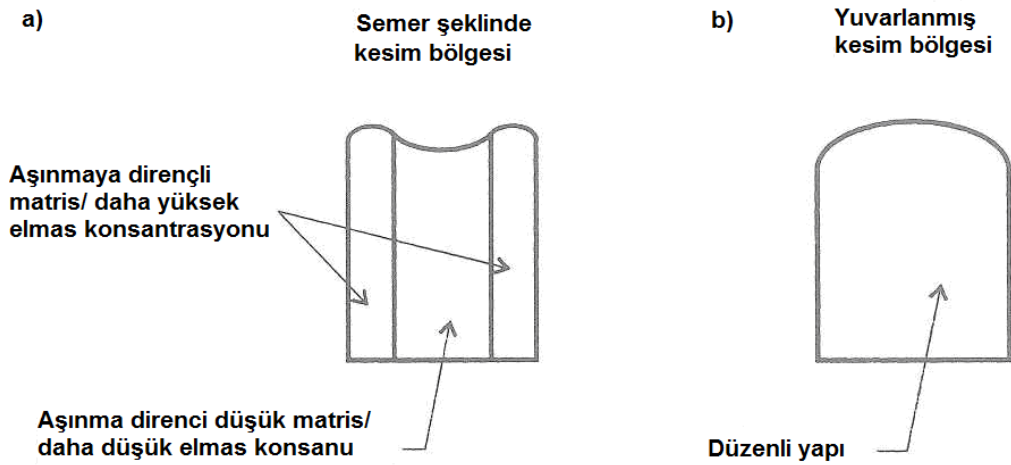
Şekil 2.1. Çeşitli soket şekilleri.

Kesici takımın şekli ve bileşimi ne kadar karmaşık olursa üretim maliyetleri de o derecede artar. Bununla birlikte, testere ağzı, üretim gereksinimleri, kullanım özellikleri ve ekonomik nedenlerden dolayı genellikle karmaşık şekillerin seçilmesine neden olur.

Doğal taş kesiminde kullanılan soketler testereye kaynak edilirken elmas tabanlı veya

elmas içermeyen tabanlı olarak üretilir. Soketlerin elmassız tabanlı kullanılmasının iki nedeni vardır. Birincisi, soketler çelik testereye kadar kullanılmaz ve mutlaka testere üzerinde bir miktar artık soket kalır. Eğer bu kalıntıda elmas bulunmazsa tabanda kullanılmayan bu elmastan dolayı soket maliyeti daha düşük olur. İkincisi ise, elmas içeren malzemenin kaynak edilemeyişi nedeniyle elmassız malzemeye göre daha zor kaynak edildiği için tabakanın uygun ergime özelliği sayesinde lazer kaynağının daha kolay yapılabilmesidir (Weber ve Burckhardt, 1999).

Sandwich olarak adlandırılan üç ya da daha fazla tabakadan meydana gelen takımlardaki dış tabakalar aşınmaya karşı daha duyarlı olan iç tabakalardan farklıdır. Şekil 2.2’de gösterildiği gibi, olması istenilen ve eyere benzeyen aşınma şekli kesim sırasında oluşur. Bu da kesici takıma kesme sırasında izleyeceği yolun ortaya çıkmasını sağlar. Bu durum kesim sırasında çoğu zaman düzensiz bir hal alan kesmenin düz bir eksen üzerinde yapılmasını sağlar.



Şekil 2.2. Sandwich aşınma eğrisi(a) ve normal (b) elmaslı soket

2.2. Kesici Takım İçin Matris Tasarımı

Elmaslı kesici takımlarda matrisin iki temel görevi vardır. Bunlardan birincisi elması sıkı bir şekilde tutarak matristen düşmemesini sağlamak ve ikincisi de elmas kaybı ile uyumlu olarak aşınmaktır.

Matrisin aşınma direnci işlenen malzemenin aşınması ile uyumlu seviyede olmalıdır. Yani elmas taneleri matrisin erken aşınması sonucunda desteksiz kalarak fazla

miktarda yüzeyden dışarı çıkmamalı ve zamanından önce matristen kopmamalıdır. Çok yumuşak bir matris elmastan daha hızlı aşınır ve bu da elmas kaybetme ihtimaliyle sonuçlanır. Diğer taraftan aşırı derecede aşınma direncine sahip bir matris, elmas köreldikten sonra aşınarak soket yüzeyinin parlamasına ve kesici takımın görev yapmamasına sebep olacaktır. Bu olay genellikle cilalanma olarak bilinir. Sert ve yoğun bir kaya testere ile kesilmeye başlandığı zaman, kayadan çok az miktardaki tortu parçası, çok ince bir toz halinde kayadan koparılır. Böyle koşullar altında matris aşınması yavaştır. Diğer taraftan, kesilen malzeme yumuşak, süngerimsi ve kumlu ise, iri taneli toz partikülleri kaya parçasından kopar ve matrisin oldukça hızlı aşınmasına neden olur.

Ancak, sadece kesilen malzeme değil kesimin şekli de (katrak, dairesel testere vb.) göz önünde tutulmalıdır. Katraklı kesim süresince kesimde oluşan taş partiküllerinin taşınması katrak lamasının ileri geri hareketiyle engellenir. Fakat dairesel testere kesimde, testere tek yönde döndüğü zaman kaya partiküllerinin atılması artacağı için, katraklı kesimde metal matrisin aşınma oranı döner testereye kıyasla daha fazladır.

İkinci ve aynı derecede önemli olan durum ise matrisin elmasları sıkı bir biçimde tutabilmesidir. Kesme işlemleri boyunca, matris ile elmas arasındaki bağ, elmas parçacıklarının maruz kaldığı dönme momentine dayanacak kadar güçlü olmalıdır. Burada elmas tutunmasının anlamı, elmasın matris ile mekanik ya da kimyasal yoldan bir bağ oluşturmasıdır.

Matrisin potansiyel tutucu özelliği çoğu zaman aşınma özellikleri ve akma dayanımıyla belirlenir. Elmasın kırılıp matristen kopması için elmas tanecikleri üzerine gelen kuvvet matrisin akma dayanımını geçmek zorundadır (de Châlus, 1994). Bununla birlikte çekme kuvveti elmas etrafındaki elastik deformasyon değil, ayrıca gerilmeleri arttıran elmasın şekliyle de ilgili bir durumdur. Bunun sonucu olarak, malzemenin çentik hassasiyeti ve yumuşaklığı da önemli parametrelerdir (Konstanty, 1999; Chalkley ve Thomas, 1969). Bilhassa ana aşınma mekanizmalarından elmasa çarpma hasarı matrisin darbe özelliklerini kritik bir seviyeye getirir (örneğin, sert ve kuvars içeren bir malzemenin yüksek çevresel hızda kesilmesi).

Matris bileşimlerinin birçoğu tutunma işlemini mekanik olarak yapmasına rağmen, çok sayıdaki çalışma, ilave bileşenler vasıtasıyla matris ile elmas arasındaki kimyasal bağlanmayı geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bağlanma genellikle karbür oluşturan alaşımlar kullanılarak sağlanır. Bu alaşımlar elmas parçacıklarını ıslatmak ve çevresini sarmak için

sıcak pres sinterleme sıcaklığında eriyebilir olması gerekmektedir (Scott ve diğ., 1975). Bu nedenle, elmas tanesi yüzeyindeki karbür çekirdeği ilk önce soğuyan elementten başlayarak ara yüzey tabakasının oluşması için devam eder. Bu noktadan sonra, ara tabaka büyümesi sertleşince, akış ya da gözenekliliğin gelişmesinden dolayı karbür kalınlığına bağlı olarak zayıflar. Ayrıca çoğu kez çok kalın karbür tabakalarının şekillenmesinden dolayı keskin elmas yüzeyinin bozulması meydana gelir. Karbür şekillendiricilerin optimum konsantrasyonu ihtiyaç duyulan ısılatma kabiliyetinden çok daha az olduğundan, matris malzemesi olarak kullanılan son derece güçlü birleştirici alaşımların kullanılmasında problemler ortaya çıkar.

Bu sorunların üstesinden gelmek için sıvı faz sinterleme tekniği uygulanmaktadır. Krom içeren önceden mekanik olarak alaşımlandırılmış (Levin ve Gutmanas, 1990) ya da önceden alaşımlandırılmış (Akyüz ve Hofmann, 1998) tozlar ve tungsten içeren karışımlar endüstriyel ortamda bütünüyle incelenmiştir (Levin ve Gutmanas, 1990; The metallurgy of diamond tools, 1985). Ancak her iki teknikte de uygulanamaz hale gelmiştir. Takım performansındaki artış, eklenen özelliklere karşı neredeyse karşılığını vermemektedir. Bu işlemler zaman tüketmekte ayrıca grafit kalıbın koruması gerekliliğinden dolayı gereksiz olmaktadır. Kalıp malzemesi olan grafit matris malzemesi ile reaksiyona girer ve birleşir ve bu nedenle soket sıcak presten çıkmadan önce kolaylıkla parçalanabilir. Ayrıca bazı karbür yapıcı elementler matrisin yumuşaklığını bozar. Örneğin kobalt esaslı bir matriste artan krom miktarı Kirkendall etkisi nedeniyle gözenekli yapının artmasına veya istenmeyen sigma fazının oluşmasına yol açar (Akyüz ve Hofmann, 1998). Yukarıdaki nedenlerden dolayı, günümüzdeki trend kimyasal duyarlı matrislerdense metal ile kaplanmış elmasların kullanılması yönündedir.

Soket üretim işlemi, elmasın bozulma aşamasına göre belirlenir. Son ürünlerdeki elmas tanelerinin özellikleri büyük oranda soket işleme sıcaklığı ve matrisin kimyasal bileşimine bağlıdır. Sentetik elmaslar 800°C'den sonra sertliklerini kaybetmeye başlarlar. Metalik inklüzyonların varlığından dolayı, bu zayıflama 1000°C'den sonra dahahızlı bir şekilde meydana gelir. Bu nedenle, elmas tanesinin termal kararlılığı matris tozlarının sıcak presleme işlemi 1100°C civarında yapılması gerektiğinde dikkate alınmalıdır.

Elmas sertliğindeki azalmaya ek olarak, yüzey grafizasyonu hem sentetik hem de doğal elmas tanelerinde görülür. Bu işlem yaklaşık 700°C civarında başlar (Young, 1999). Açık bir şekilde grafitte dönüşen elmasın yüzdesi minimum seviyeye indirilmelidir, bu

yapılmadığı takdirde takımın ömrü azalır. Bu olay özellikle ince taneli elmas içeren uygulamalarda önemlidir. Genellikle, soket üretiminde elmas tanesi boyutu ne kadar küçük olursa, sıcaklık o denli yüksek ve daha uzun süre sıcak pres zamanı gerekmektedir. Bu da elmas yüzeyinde daha fazla grafizasyon artışına neden olacaktır. Demir, kobalt, nikel ve tungsten gibi metaller fark edilir derecede karbon çözücü olduğu için elmas yüzeyini etkiler ve elmasın kullanılmadan yapıdan uzaklaşmasına neden olur (Tuzzeo ve diğ., 1999; Bullen, 1975). Bunların dışında işlem sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, sıcak pres sarf malzemeleri tüketimi de o denli fazla olur, bu da işlemin ekonomikliğini azaltır. Bu nedenle matris tozları karışımı, sıcak presleme işleminde elde edilecek yaklaşık yoğunluğa göre sınıflandırılır. Bu tür sınıflandırma soket üretimi imalat şekline göre Tablo 2.1’de verilmiştir.

En çok kullanılan matris malzemeleri, kobalt, demir, nikel, kalay, bronz alaşımları, tungsten ve tungsten karbürden oluşur. Elmaslı takımlarda doğru matris seçimi karmaşık bir işlemdir. Bu nedenle yumuşak (aşınmaya daha az dirençli) bir matris seçilmesi testerenin kayayı daha rahat kesebilmesi için tercih edilir. Daha sonra, takım özelliklerini optimize etmek için katkı maddeleri eklenebilir. Çok aşırı koşullarda temel matris malzemesi bile matrisi sertleştirmek için değiştirilebilir.

Tablo 2.1. Soket üretimi sınırlamaları

Sinterleme sıcaklığı	Elmas bozulma miktarı		Sıcak pres malzemelerinin tüketimi (Grafit kalıp ve elektrotlar, soket tutucu aparatlar, seramik izolatör vb,)
	Elmas tipi: Sentetik (şekilsiz, aşırı sert ve yüksek oranda metalik inklüzyonlar içeren)	Elmas tipi: Sentetik ya da doğal elmas (kübik şekilli, berrak ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı)	
900°C’ye kadar	Az	Az	Az
900-1000°C	Orta	Az	orta *
1000 - 1100°C	Yüksek	az-orta	yüksek *

*Koruyucu gaz altında yapılan vakumlu presleme grafit tüketimini azaltır.

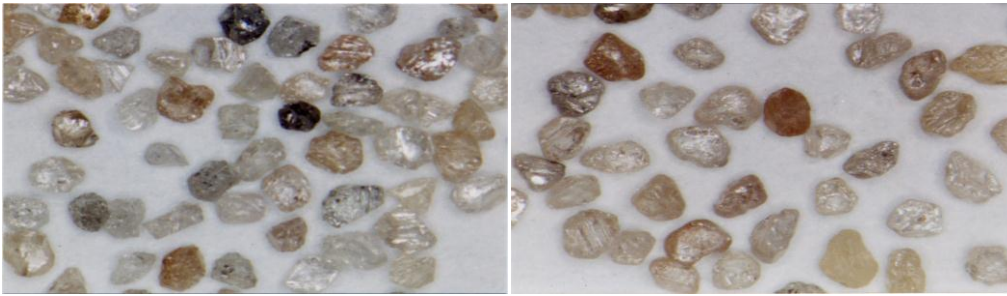
2.3. Elmas Tanesi Seçimi

Bir elmaslı kesici takım yapımı için elmasın bazı özellikleri çok büyük öneme sahiptir. Bunlar; elmas tipi, tane boyutu, elmas yoğunluğudur.

2.3.1. Elmas Tipi

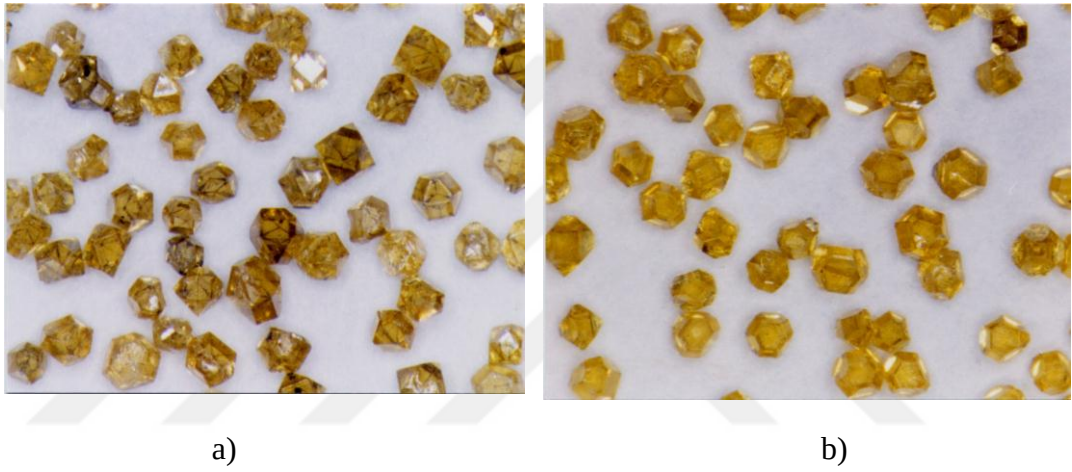
Kesici takımda kullanılacak elmas aşındırıcı tipi işlenecek taşla göre belirlenir. Bundan dolayı en iyi kural kesilecek taş ne kadar sert ise, o kadar sert elmas seçilmesidir. Elmas üreticileri, takım imalatçıları için mekanik dayanım, ısısal kararlılık ve matrise tutunma karakteristiği gibi farklı özelliklerde ve çok geniş alanda doğal ve sentetik elmas seçme olanağı sağlarlar. Doğal elmas ile sentetik elmas arasındaki temel fark impürite (kirlilik, katkı) miktarıdır.

Doğal elmaslar, parçalanmış doğal elmas parçacıkları olduğu için metalik inklüzyonlar (kalıntılar) içermezler. Bundan dolayı, önemli derecede termal kararlılık gösterirler. Sentetik elmas tanecikleri 800°C’de sertliklerini kaybetmeye başlamasına rağmen, doğal elmas tanecikleri sertliklerini 1400°C’ye kadar korurlar (Zsolnay, 1977). Doğal elmas tanecikleri matrise tutunan yüzlerinin gözenekli olmasından dolayı mükemmel derecede yapışma kabiliyetine sahiptirler. Bu sebepten dolayı doğal elmas tanecikleri mermer, kumtaşı ve düşük sertlikteki malzemelerin kesiminde avantajlıdır. Diğer taraftan düzensiz olan elmas yüzeyi mekanik dayanımı azaltır. Daha sert taşların kesiminde bu engel yüksek şok kuvvetlerine dayanıklı olarak dizayn edilen ovalleştirilmiş elmaslı kesici takımların kullanımında başarılı olur (Dyer ve Conradi, 1972). Fakat ovalleştirilmiş şekil çok daha yüksek kesme kuvveti gerektirdiğinden sonuç olarak daha dayanıklı ve daha güçlü makineleri gerektirirler. Bütün bunlara rağmen ovalleştirilmiş doğal elmas taneciklerinin seçimi yüksek sinterleme sıcaklıklarına dayanabildikleri ve daha düşük fabrikasyon maliyeti gerektirdikleri için tercih edilmeleri bazı avantajlar sağlar. Bahsedilen bu iki elmas aşındırıcılar Şekil 2.3’de gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Doğal elmas aşındırıcılar çok tabakalı yüzey (a) ve ovalleştirilmiş (b)

Sentetik elmas kullanılmasının temel avantajı, bu elmas türünün özel uygulama ihtiyaçlarına göre tasarlanması ve üretilmesidir (Dwan, 1998). Üreticilerin çeşitli taleplerine göre farklı tane boyutlarında iki grup sentetik elmas vardır. Sentetik elmas kristallerinin farklı içyapıları için kobalt esaslı ya da nikel esaslı alaşımlar kullanılarak bu elmaslar yapılır. Kobalt esaslı elmaslarda kobalt ara tabakalar arasına girerek metalik inklüzyon şeklinde görülür. Oysa nikel esaslı elmaslarda impürmeler elmas tanesi içinde düzenli olarak dağılır. Bunun sonucunda mükemmel berraklık ve dış görünüş, sıcak preslemeden sonra da iyi mekanik özellikler elde edilir (Davis ve diğ., 1996; Diamante Applicazioni & Tecnologia, 1997). Şekil 2.4’de iki farklı elmas türü görülmektedir.



Şekil 2.4. Kobalt esaslı alaşımdan üretilmiş sentetik elmas taneciği (a) Nikel esaslı alaşımdan üretilmiş elmas taneciği(b), nikel ve kobalt bu işlemlerde katalizör/çözücü olarak kullanılmıştır.

Elmasın katalitik grafisasyonuna VIII. grup metallerinin neden olduğu bilinmektedir (Clifton ve Evans, 1997). Elmasın grafitte dönüşümü % 56 hacim artışı ile sonuçlanır. Grafisasyon gerilimleri ve termal gerilmelerin oluşumu elmas-metal ara yüzeyinde ısı genleşme katsayısında zayıflamaya hatta elmas partiküllerinin parçalanmasına neden olur (Dyer ve Conradi, 1972). Sonuç olarak inklüzyonların miktarı ve hareketi sıcak presleme işlemlerine göre elmasın aşınma karakteristiklerini değiştirerek her elmas taneciğinde görülmektedir.

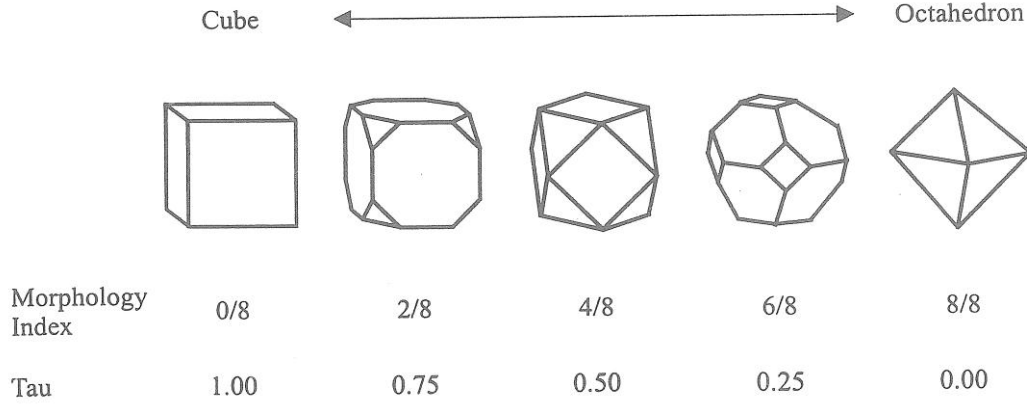
Kobalt esaslı alaşımdan üretilen elmas tanelerinde, inklüzyonların geometrik olarak düzenli ve sıralı olduğu, nikel esaslı alaşımdan üretilen sentetiklere göre kıyaslandığında daha düzensiz ve çatlama eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Bu özellik düşük kesme hızlarında kesme işlemini kolaylaştırır. Fakat güç gerektiren uygulamalarda takım yetersiz kalır (Davis ve diğ., 1996).

Son kırk yıldan günümüze kadar, laboratuvar teknikleri elmas tanelerinin termal stabilitesi ve dayanıklılığını ölçmek için geliştirilmektedir. Günümüzdeki mevcut endüstrinin standart muayene işlemi darbe testidir. Bu işlemde, titreşen bir kapsül içinde bulunan elmas numuneleri ve deney bilyesi kapsül içindeki elmas parçacıklarına çarpar (Belling ve Dyer, 1964). Elmas ya ısıtma işlemi görmemiş halde ya da yüksek sıcaklıklarda ısıtma işlemi gördükten sonra kullanılır (Davis ve diğ., 1996; Clifton, 1997; Belling ve diğ., 1964). Bir başka yöntem de, soketin sıcak preslerde üretilmesinin elmas dayanımı üzerindeki karmaşık etkilerinin önceden tahmin edilmesine yardımcı olur (Zsolnay, 1977). Gerçi matris ile elmas ara yüzeyinde meydana gelen kimyasal reaksiyonlardan dolayı matrisin kendisi elmas indirgenmesini hızlandırabilir (Tuezze ve diğ.; Bullen, 1975). Elmas tanecikleri dayanımını belirlemek için iki yol vardır. Birincisi yarılanma süresi fikrine dayanır, yani eleğin altında kalan elmasın %50'nin altında olması için gerekli zamandır. İkincisi ise sabit bir sürede ufalanma zamanına bağlı olarak elek altında kalan elmasın yüzdesinin ölçülmesidir. Bu deney tokluk indeksi (TI) veya numune deneyden önce ısıtma işlemi görürse termal tokluk indeksi (TTI) olarak adlandırılır.

Son zamanlarda keşfedilen diğer bir teknik de baskılı kırılma dayanım deneyidir (Brauninger, 1999; General Electric Company, 1993). Bu deneyde iki adet dönen merdane yaylı yük ölçere bağlıdır ve test örneğindeki birbirinden ayrı elmas parçacıkları bilgisayarlı yük ölçer ile dinamik olarak yüklenir ve kırılır. Her bir kristali kırmak için gerekli olan kuvvet ölçülür ve işlenir, sonuçta parçadaki kristal dayanım deformasyonu hakkında geniş kapsamlı bilgi ile ortalama bir değer elde edilir.

Hangi yöntem seçilirse seçilsin, bu yöntemlerle elde edilen bilgiler takım üreticilerinin soket bileşimini ve üretim tekniğini tasarlamalarında yardımcı olur ve önceden yapılan uygulamalar taneciklerin nasıl bir aşınma davranışı göstereceğini bilmelerine yardımcı olur.

Elmas taneciği, dayanımının bilinmesinin yanında, elmas üreticileri elmasın şeklinin elmas kalitesiyle aynı derecede öneme sahip olduğunu belirtir. Şekil 2.5’de sentetik elmasların ideal kristal morfolojisi kübik yapıdan oktahedral yapıya kadar sıralanmıştır.



Şekil 2.5. Çeşitli sentetik elmas taneciklerinin şematik ve matematiksel gösterimi

Elmas taneciğinin şekli, kullanımda sağlamlığını ve kırılma karakteristiklerini kesinlikle etkiler. Bu nedenle düzgün şekle sahip olan kübük-ortogonal şekilli elmaslar, düzgün olmayan köşeleri keskin ve kaba yüzeyli elmaslara göre daha dayanıklıdır. Ancak daha az miktardaki elmas tanecikler uygulamalarda daha iyi sonuçlar verir ve matrise daha iyi tutunur. Matrise iyi tutunma özelliği olan daha güçsüz elmas kristalleri genellikle katarak kesimi uygulamalarında gereklidir. Bu nedenle doğal elmas yerine uygun olarak seçilen sentetik elmaslarla soket karakteristiklerinin geliştirilmesinin çok büyük önemi vardır (Burgess, 1978).

Elmaslı takımlarda matrisin en önemli görevi mümkün olduğu kadar uzun süre elmas kristallerini tutmasıdır. Genellikle, matristen kopan elmas parçaları miktarı ile kesme işlemi yapan elmas parçacıkları karşılaştırdığında matris elmas parçacıklarının tümünü tutamadığından dolayı kesme işlemi yapan elmas parçacıklarının miktarı azdır. Kopma oranı 1/4’den az ise bu durum normal sayılır (Bailey ve Collin, 1977). Çünkü metalik matrislerin büyük çoğunluğu sadece elmasın mekanik olarak tutunma ilkesine dayanır. Özellikle çok güçlü blok şekilli ve oval yüzleri olan sentetik tanecikleri tutmak için matris geliştirmek kolay değildir. Bu nedenle elmasın kendisi kesme işlemi sırasında oluşan çekme kuvvetini minimize etmek için matris ile birlikte çalışmalıdır. Bu sorunun üstesinden gelmek için iki yöntem vardır. İlk yöntem; termal ya da kimyasal

işlem uygulayarak elmas parçalarının yüzeylerini pürüzlü hale getirmektir (Tokura ve Yoshikawa, 1989; Borse, 1991; Musu-Coman ve diğ., 1998). Ancak bilinen işlemler bazı dezavantajlara sahiptir. Matrise yapışma dayanımı artmadan önce oldukça fazla miktardaki malzeme elmas yüzeyinden kaldırılmalıdır. Yüzeydeki oyulmada elmasın sağlamlığını ve dayanımını azaltacak derecede risk vardır. Bu yüzden bu yöntem genel uygulamalarda kullanılmaz.

Matristeki elmas tutulumunu geliştirmek için en etkin yol kristalleri güçlü karbür yapıcı elementler titanyum (Bullen ve Wright; Bailey ve Collin, 1977; Chen ve Sun, 1991; General Electric Company, 1995) krom ya da zirkonyum (Sun, 1991; General Electric Company, 1995) gibi malzemelerle ince bir film halinde kaplamaktır. Ek tabaka olarak (Bailey ve Collin, 1977), veya iki kat tabaka olarak tercihen nikel karbür yapıcı tabakayı oksidasyondan korumak için kullanılır ve kristalin matris malzemesi ile tutunmasını sağlar. Kaplanmış elmasların sağladığı avantajlar, artan takım ömrü, düşük testere çevresel hızlarında iyi kesim (Bailey ve Collin, 1977), elması yüzey grafizasyonundan (Bullen ve Wright, 1976) oksidasyon ve istenmeyen matris bileşimlerinden koruma (Barunninger ve Hayden, 1995), matris özelliklerinde istenmeyen etkileri azaltmaktır. Kaplanmış elmasların kullanımları genelde granitin işlenmesi ile sınırlandırılmıştır. Fakat günümüzde kaplanmış elmaslarla kumtaşı ve mermer gibi taşlar kesilmektedir (Diamate Applicazioni, 1999).

2.3.2. Elmas Seçimi

Elmas taneciğinin büyüklüğü, matris yüzeyinden elmas çıkıntı yüksekliğini belirler ve kesicinin kesme yüzeyinden açıklığına etki eder. Etkili bir kesim için, elmas taneciğinin büyüklüğü ile kesilecek malzeme arasında yakın bir ilişki vardır.

Pratikte tavsiye edilen elmas tane boyutları aşağıdaki gibidir (Konstanty, 1991; De Beers Industrial Diamond Division).

- 50/60 US mesh –çok sert ince taneli malzemeler için (çakmaktaşı, çok sert granit),
- 40/50 US mesh - sert, ince taneli malzemeler için (granit, bazalt),
- 30/40 US mesh – orta serlikteki malzemeler için (mermer),
- 20/30 US mesh – çok yumuşak malzemeler için (iri taneli kireçtaşı veya kumtaşı).

Mükemmel yüzey bitirme işlemleri ve pah kırma işlemleri için daha ince taneli elmasların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Herhangi bir türdeki elmasın daha küçük boyutlu olanı daha dayanıklı olduğundan özellikle daha sert taşların işlenmelerinde kullanılır. İri taneli elmas kullanılmasının başlıca avantajı yüksek kesim hızlarında daha iyi olmasıdır. Çünkü iri taneli elmaslar talaş boşluğunun fazla olması ve kesilen taş parçacıklarının testerenin her dönüşünde daha fazla miktarda kesim bölgesinden rahat çıkması sayesinde kesilen taş daha temiz yüzeyli olarak çıkar. Ancak çok iri elmas taneciği çok sert malzemelerin kesme işlemlerinde kullanılırsa hem matrizen elmaslar koparak segmentten ayrılır hem de elmas yüzeyindeki aşınmadan ötürü düzlükler oluşur. Bu da elmasın parlamasına ve kesim işleminin yapılamamasına neden olur (Jennings ve Wirght, 1991).

2.3.3. Kesici Takımda Elmas Yoğunluğu

Soket içindeki elmas miktarı elmas ağırlığına bağlıdır. Teorik hacmi 1 cm^3 olan matriste 4.4 karat elmas taneciği bulunur (hacim = % 25). Diğer konsantrasyonlar bununla orantılıdır. Elmas yoğunluğu elmas parçacık boyutu ile birlikte, soketin kesme yüzeyindeki her bir kesme noktası sayısı ile belirlenir. Tablo 2.2’de gösterildiği gibi elmasların toplam sayısı ve matrise bağlantı yeri, elmas yoğunluğu ile doğru, ortalama parçacık boyutu ile ters orantılıdır.

Tablo 2.2. Aşınan segmentin bir cm^2 alanındaki yüzeye çıkmış elmasların toplam sayısı (General Electric Company, 1991).

Mesh	Elmas konsantrasyonu					
20/25	15	20	25	30	35	40
25/30	14	19	24	29	34	38
30/35	22	30	37	45	52	60
35/40	26	34	43	51	60	68
40/50	38	51	63	76	88	101
50/60	65	87	109	131	153	174
60/80	85	114	142	170	199	227

Soket yapımında hangi konsantrasyonun kullanılacağı çeşitli etkenlere bağlıdır. Öncelikle soket bileşimini belirlemek için kesilecek malzeme ve özellikleri dikkate alınmalıdır. Genel olarak, kesilecek malzemenin daha çok ufalanması ve aşınması isteniyorsa, elmas yoğunluğu daha yüksek olmalıdır.

Elmas yoğunluğunun azalmasıyla, her elmas başına düşen kuvvet bununla orantılı olarak artar. Her bir elmas parçasının kaldırdığı artan malzeme miktarıyla belirli bir kritik noktaya ulaşılır. Elmasın dayanım noktası ve tokluğu aşıldığı zaman parçalanmaya başlar ya da tam olarak kullanılmadan matristen kopar.

Takım ömrünü arttırmak için yüksek oranda elmas kullanıldığı için yüksek kesim gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu güç kesici makine tarafından sağlanmadığı sürece her bir tane üzerine düşen kuvvet bununla orantılı olarak azalır. Bunun sonucunda elmas kesme derinliğine ulaşamaz, matris yüzeyinde kalır ve elmas parlamaya başlar. Böyle durumlarda kesmenin çok az ya da hiç olmadığı görülür ve testeredeki soketlerin yenilenmesi gerekir (Konstanty, 1991; Bullen ve Bailey, 1979).

Bazı durumlarda, ki bu optimum güç kontrolü iyi yapılmış makinelerde mevcuttur, hem soket aşınması hem de kesme maliyetleri elmas konsantrasyonu arttırıldığı zaman büyük oranlarda azaltılabilir. Bu durum farklı granit türlerinin kesimlerinde kanıtlanmıştır (Bullen ve Bailey, 1979; Walker ve Wood, 1973). Yapılan kesme işlemleri ve deneylerin sonuçlarında matris yüzeyinden dışarı çıkan elmasların ancak az orandaki bir bölümünün (yaklaşık %26) her zaman doğru kesim yüksekliğinde olduğu görülmüştür (Wright ve Walper, 1986).

2.4. Kesici Takım (Soket) İmalat Tekniği

Genellikle elmas içeren takımların üretiminde tipik fabrikasyon işlemleri aşağıdaki aşamalardan meydana gelir. Bunlar: Matris toz karışımının hazırlanması, Matris-elmas karışımının hazırlanması, Soğuk presleme (isteğe göre), Sıcak presleme, Çapakların temizlenmesi, Soket kalite kontrolü, Lehimleme/lazer kaynağı, Kaynak edilen soketlerin testereye hizalanması, Testerenin balans ayarının yapılmasıdır.

2.4.1. Matris Toz Karışımının Hazırlanması

Matris tozunun hazırlanması iki işlemten oluşur. İlk olarak, partikül şekli ve tane boyutu göz önüne alınarak iyi bir şekilde seçilen metal tozları önceden belirlenen kimyasal bileşime göre karıştırılır. Bu işlem genellikle köşegen şekilli, eksenden kaçık karıştırıcılar veya 3 boyutlu mikserler kullanılarak yapılır. Bu işlemle, tozlar birbirinden çok farklı yoğunluğa sahip olduğunda bile mükemmel karışım sonuçları elde edilir. Bağlayıcı maddeler ve yağlayıcılar bu aşamada dökülen toz miktarını azaltmak, taşıma ve işleme sırasında segregasyonu engellemek için toza eklenir. Ayrıca sonraki soğuk ve sıcak pres işlemlerinde çelik kalıpların aşınmasını engellemek ve oksidasyonu önlemek için de yağlayıcılar kullanılır. İkincil olarak, toz soğuk preste hacimsel olarak basılacaksa ilaveten ikincil granülisasyon yapılır. Buradaki amaç tozun kalıp içine daha kolay konmasını sağlamak ve presleme karakteristiklerini iyileştirmektir. Granülizasyon farklı şekillerde yapılabilir (Weber, 1999). Fakat pratikte elmaslı takım endüstrisinde iki farklı teknik çok sık kullanılır. Bunlardan spartan granülatörü olarak adlandırılan ve eski olanıdır ki yüksek hızlı karıştırma tekniğinden ibarettir (Baert, 1995; Van Doorslaer 1999). En son teknik ise mekanik olarak yuvarlama işlemidir. Bu işlemle elmas partiküllerinin de tek aşamada granüle olması sağlanır (Burckhardt, 1997).

İşlenme şekline bakmaksızın, organik bağlayıcılar toz partiküllerini bir araya getirmek ve ayrıca granüllere mekanik bir dayanım vermek için kullanılır. Bağlayıcı, sıcak pres işlemleri süresince yapıdan tamamen çıkacak, uygun termal özelliklere sahip olmalıdır. Aksi takdirde soketlerin kalitelerini azaltan ve testereye lehimlenmesinde problemlere neden olan kalıcı bir gözenekli yapı oluşturur.

2.4.2. Matris-Elmas Karışımının Hazırlanması

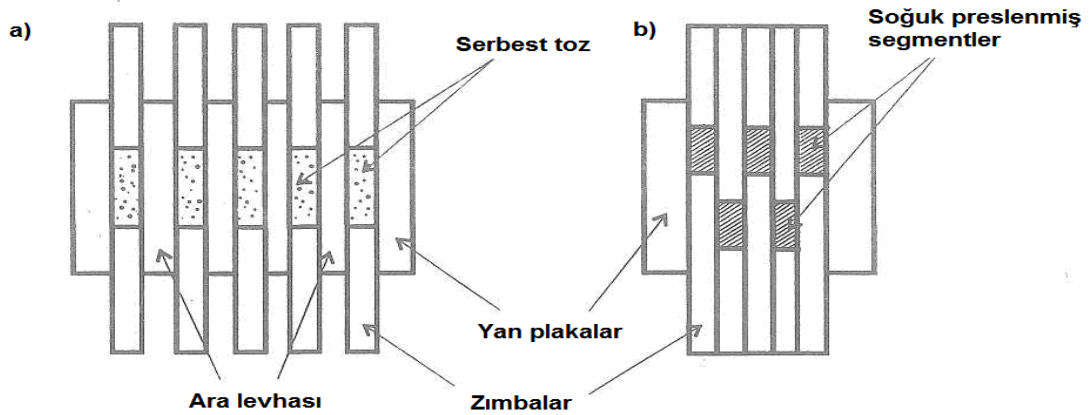
Elmaslar matris tozlarıyla karıştırılmadan önce ya alındıkları gibi ya da yüzeyleri uygun malzemelerle kaplanarak kullanılırlar (Baert, 1995; Burckhardt, 1997). Şüphesiz, karışım işlemi son ürünün kalitesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Hem matris tozlarının hem de elmas kristallerinin homojen olmayan dağılımı soketin zamanından önce aşınmasına neden olur. Bu nedenle, her bir elmas tanesi ayrı ayrı matris tozu ile kaplandığından, soket içindeki bölgesel elmas yoğunlukları (kluster) elimine edilir ve daha homojen elmas dağılımı garantilenmiş olur. Elmaslı granül

kullanılmasının diğerk bir avantajı ise çelik soğuk pres kalıplarının sert aşındırıcı parçalardan etkin bir şekilde ayrılmasından dolayı daha uzun ömürlü olmalarını sağlamasıdır.

2.4.3. Soğuk Presleme

Soğuk presleme, matris tozu-metal karışımının kalıplarda şekil verilerek sıcak presleme öncesi gerek duyulursa yapılan bir ön işlemdir. Bu işlem için ek bir donanım gerekmesine rağmen, önceden soğuk preslenmiş parçalar sıcak presleme işlemi süresince, grafit kalıbın aşınmasını azaltır ve üretim miktarını artırır. Şekil 2.6(b)'de görüldüğü gibi önceden soğuk preslenmiş parçalarla doldurulan kalıp, soğuk presleme yapılmadan toz ile doldurulan kalıptan daha fazla sayıda parça alır. Bununla birlikte, soğuk presleme işlemi çok tabakalı (multi layer) soketler üretileceği zaman yapılması zorunlu hale gelir.

Geleneksel soğuk presleme işlemleri düşük ya da orta düzeyde basınç seviyesinde çelik kalıplar ile yapılır. Elmaslı takım endüstrisinde soğuk presleme işlemleri için iki tip makine kullanılır. Geleneksel preslerde kalıbın doldurulması için titreşimli bir yol ile gelen matris-elmas karışımı hassas terazilerle tartılarak, doğru miktarda kalıba doldurulma prensibiyle çalışır. Geleneksel ağırlık hacim ilkesiyle çalışan presler, az oranda soket imalatının gerekli olduğu yerlerde daha fazla esneklik sağlarlar (Weber, 1998). Fakat oldukça yüksek olan işletme giderlerinden ve granüle edilmiş tozların kullanılması zorunluluğundan dolayı, segmentlerin seri üretiminde hacim ilkesi ile çalışan (volumetrik) ekipman 3–4 kat daha hızlı çalışması, daha uzun ömürlü olması, çelik kalıpların daha ucuz olması ve diğerk soğuk pres sarf malzemelerinin daha az olmasından dolayı tercih edilir (Weber ve Burchardt 1998).



Şekil 2.6. Serbest haldeki (a) ve Soğuk preslenmiş (b) toz karışımlarının grafit kalıba yerleşimi.

2.4.4. Sıcak Presleme

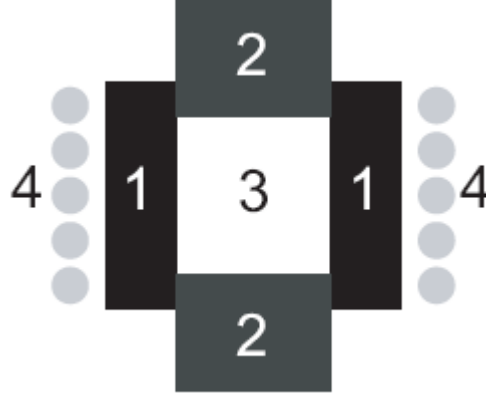
Sıcak presleme işlemi, ısı ve basıncın bir araya gelerek neredeyse tamamen iç gözeneklilikten arınmış bir ürün elde etme işlemidir. Geleneksel soğuk pres-sinterleme işlemleriyle karşılaştırıldığında sıcak presleme tekniği daha az güç, daha kısa süre, (genellikle 2–3 dakika) ve daha düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyar. Ayrıca bu teknikte soğuk presleme-sinterleme işlemine göre, daha yüksek yoğunluklara ulaşılır.

Ticari olarak satılan sentetik elmasların yüksek sıcaklıklara karşı olan dayanımı az olduğu için ve matrisin mükemmel mekanik özelliklerine karşı olan talebin artması nedeniyle, doğal olarak hızlı sıcak presleme tekniğinin elmaslı kesici takımlarda çok geniş bir kullanım alanı vardır. Genel kullanımda ikinci olarak, yüksek sıcaklıklarda segment üretiminde daha etkin, hem metal tozunu hem de elmas tanesini oksidasyona karşı koruma yolu CO/CO₂ atmosferinin kullanılmasıyla elde edilir.

Sıcak presleme işleminde 3 ayrı ısıtma tekniği kullanılmaktadır. Bunlar indüksiyon ile ısıtma, endirekt dirençli ısıtma ve direkt dirençli ısıtmadır.

İndüksiyon ile ısıtma işleminde, yüksek frekanslı akım ile kalıp içerisindeki tozların ısıtılması esasına dayanır. Metal ya da dagrafitten yapılan kalıplara basınç uygulanarak tozların sıkışması sağlanır. Kalıp indüksiyon sargısı içerisine bırakılır. Sinterleme işlemi süresince yüksek frekans jeneratörü ve indüksiyon sargısı ile kalıbın ısıtılması sağlanır. Bu yöntemin avantajı basınç ve indükleme gücünün tamamen birbirinden bağımsız olmasıdır. Düşük basınçlarda sıvı faz sinterleme işlemini yapmak mümkündür. Yöntemin dezavantajları yüksek frekans jeneratörünün pahalı ve kalıbın yerleşiminin çok düzenli olması gerekmektedir. Kalıp düzenli olarak yerleştirilemez ise ısı yayılımı düzgün olmaz. Sistemin temel dezavantajı, sıcaklığın tam olarak dağılımını sağlayabilmenin zor olmasıdır. Manyetik alan kalıbın içerisine sadece 0.5 ila 3 mm nüfuz etmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi sıcaklık kalıbın ısı iletkenliği ile yayılır.

Kalıbın merkezinin ısıtılması çok zordur. Bu nedenden dolayı başka bir potansiyel sorun ise çok yüksek ısıtma oranlarında yüksek sıcaklık farkları kalıbı tahrip edebilmektedir. Şekil.2.7’de şematik olarak indüksiyon ile ısıtma gösterilmiştir.



Şekil 2.7. İndüksiyon ile kalıbın ısıtılması 1. Grafit yan tutucular 2. Baskı grafitleri. 3. Preslenecek malzeme 4. İndüksiyon sargısı.

2.4.5. Çapakların Temizlenmesi

Sıcak presleme işleminden sonra soketlerin temizlenmesi ve köşelerindeki tortuların alınması gerekmektedir. Bu işlem pratikte taşlama makineleri ile ya da alümina veya silisyum karbür taneleri içeren kazanlarda soketlerin yüzeysel aşınma işlemine tabi tutularak yapılmasıdır. Temizleme işlemi soketin testereye daha iyi kaynak- lehim edilmesini sağlar.

2.4.6. Soket Kalite Kontrolü

Soketin kalite kontrolü genellikle, sertlik testi ile sınırlıdır. Basitliği ve düşük maliyeti yüzünden en genel metot Rockwell B veya Brinell sertlik testidir. Uygun olarak yoğunlaşan matris-elmas karışımıyla matris bileşimine bağlı olarak en yüksek sertlik değeri elde edilir. Diğer taraftan, soketin yapısı herhangi bir yönden zarar görürse ya dayoğunlaşma tamamlanamaz ise, sertlik belirlenen oranda olmaz. Bunun sonucunda matris aşınma dayanımı kötü olur ve matrisin elması tutma kabiliyeti zayıflar. Bu nedenle sertlik değerlerinde en ufak bir şüphe var ise yapılan soketlerin yoğunluğunun ölçülmesi diğer önemli bir kalite kontrolüdür.

2.4.7. Lehimleme/Lazer Kaynağı

Bütün soket üretim işlemleri başarılı bir şekilde tamamlandığında, soketlerin çelik bir testereye bağlanması gerekmektedir. Genelde, bu aşamada lehimleme ya da lazer kaynağı kullanılmaktadır. Lehimleme özellikle doğal taşların sulu kesim testerelerinde kullanılmaktadır ve aynı testereye tekrar tekrar yapılabilir. Oysa lazer kaynağı genellikle seri üretim olan küçük çaplı kuru kesim testerelerinin imalatında kullanılmaktadır. Bununla ilgili olarak ikinci bir hususta, kesme işlemi boyunca oluşan ısı lehim noktalarını yumuşatır ve bu nedenle yüksek hızlı kuru kesme işlemlerinde soketlerin çelik testere gövdesinden ayrılma olasılığı vardır. Lazer kaynaklı bölgenin eğilme dayanımı 1800 MPa olmasına karşın, lehim de bu değer 350 ile 600 MPa arasındadır. Lazer kaynağı soketlerin testereden kopma riskini de yok etmektedir (Weber, 1991).

2.4.8. Kaynak Edilen Soketlerin Testereye Hizalanması ve Testerenin Bilenmesi

Testereye hizalama işleminin amacı, soketlerin testere merkezi ile aynı ekseninde olmasını sağlamak, kenarlarını temizlemek ve soketlerin testerenin yan kısımlarına doğru olan kaymalarını azaltmaktır. Daha sonraki işlem ise elmas parçacıkları arasındaki matris kalıntıların kaldırılması ile baştan etkili bir kesime başlamak, gerekli olan elmas kesim boşluğunu sağlamaktır. Hem testere hem de soket aynı yönde döndürülerek, elmas parçacıklarının aşınması daha az bir seviyeye indirilmiş olur (Wright ve Ford, 1982).

2.4.9. Testerenin Balans Ayarının Yapılması

Soketler mükemmel şekilde testereye monte edilseler dahi, yine de testereye çok iyi derecede monte edildikleri garanti edilemez (Chaland ve Fils, 1975). Testere çalıştığı sürece merkezinde çeşitli gerilmeler meydana gelmektedir. Soketler asla mükemmel derecede simetrik olmadıklarından dolayı, testere sıfır salınımla dönemez. Bu nedenle testereye balans ağırlıkları takılmalıdır.

3. BAZI ELEMNTLERİN ELMASLI KESİCİ TAKIMLARA ETKİSİ

Elmaslı kesici takımlarda matris malzemesi olarak kullanılan kobalt, diğer malzemelere göre daha üstündür. Kobalt diğer tozlardan farklı olarak:

- Farklı tane boyutu, şekil, kimyasal saflık vb. özelliklerde çok fazla çeşidi bulunur.
- Sıcak presleme işleminde düşük sıcaklık ve basınç altında, az enerji tüketimiyle yüksek yoğunluklara ulaşılabilir. Bu da düşük maliyet demektir.

Sıcak presleme işleminde kobalt:

- Yüksek akma dayanımı ve tokluğu yüzünden, mükemmel derecede elmas tutuma kabiliyeti vardır.
- Abrasiv aşınmaya direncinden dolayı, farklı tozların eklenmesiyle matrisin yapısı değiştirilebilir.

Deneyler sonucu elde edilen bilgiler, sıcak preslenmiş kobaltın mikro yapı, faz bileşimi, sertlik, mekanik dayanım, süneklik ve aşınma direncinin toz özellikleri ve sıcak presleme işlem parametrelerine bağlı olarak önemli derecede değişiklik gösterir (Konstanty, 1991, 1996, 1997). Elmas parçacıkları için matris olarak hangi tozun kullanılacağına karar verileceği zaman, dikkate alınması gereken en önemli etken ortalama toz tane büyüklüğüdür.

Partikül boyutu temel olarak yoğunlaşma sıcaklığını etkiler, buda elmas indirgenme derecesine (tokluğun azalması, yüzey grafizasyonu, vb.) göre belirlenir. Sinterleme sıcaklığı 1000°C aşıldığında sıcak pres sarf malzemeleri olan grafit, yalıtım seramikleri vb. malzemelerin tüketimi artar. Eski teknolojili koruyucu gaz atmosferi olmayan sıcak preslerde bu kayıplardan dolayı işlem ekonomikliğini yitirmektedir.

Çok yüksek olmayan 30–35 Mpa değerlerinde, Tablo.3.1’de gösterilen ticari olarak kullanılan çok ince taneli, ince taneli, ve mesh (kaba taneli) tozlar, tam olarak yoğunlaşmaları için sırasıyla 700–800°C, 800–850°C ve 900–1000°C’de 2-3 dakika tutulmalıdır. Kural olarak, toz ne kadar iri taneli ise, gözeneksiz bir yapı oluşturmak o kadar zordur. İri taneli tozlarda % 4–5 oranında gözenekli yapı oluşur. Bu da yoğunlukla malzemenin mekanik özelliklerinde azalmaya neden olur.

Pratikte, takım imalatında kullanılan iri taneli tozlar, genellikle yoğunlaşma yardımcı, sıcak pres sinterleme sıcaklığını azaltan ve matrise daha az aşındırıcı doğal taş ve betonun kesilmesini sağlayan özellikleri vermek için, bronz ile karıştırılır.

Tablo.3.1’de tane iriliklerine göre kobalt tozları gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tane iriliklerine göre kobalt tozlarının sınıflandırılması (www.dr-fritsch.com)

Çok ince taneli tozlar	Orta taneli tozlar	İri taneli tozlar	Üretici
HMP SMS Ultrafine CoUF Submicron CoIVC DIACOP-801	Extrafine CoFCoC CoD Extrafine CoII CoIII Co’’O’’	400 mesh 5M CoH 400 mesh DIACOP-4001	Union Miniere (UMEX) Eurotungstene Poudres OMG H.C. Starck Dr.Fritsch
0.5 µm	1µm	3.5 µm	5 µm FSSS

3.1. Kobalt Alternatifi Malzemeler

Kobalt fiyatlarındaki kararsızlığın artması ve Afrika’daki kaynakların belirsizliğinden dolayı, kobalt alternatifi malzemelerin araştırılması giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bunun sonucunda kobaltın metal ham madde fiyatlarındaki artışlarla kobalt tozlarının satış fiyatı % 60-70 artmıştır (Rigby, 2000).

Endüstrideki teknolojik gelişmelerle, kobalt içeren ve mükemmel sıcak presleme özellikleri olan homojen dağılmış çok fazlı tozlar geliştirilmiştir. Son tekniklerle, kullanım özellikleri ve sıcak presleme kabiliyetleri kobalt gibi olan malzemeler halen geliştirilmektedir. Bu amaçlarla kobalt içeren ve piyasada kullanılan tozların, kimyasal, fiziksel ve teknolojik karakteristikleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kullanılan alternatif tozların tipik karakteristikleri.

Toz Adı	Kimyasal Bileşim (1)	Oksijen İçeriği, %	FSSS (Ortalama tane boyutu), µm	Teorik yoğunluk, g/cm ³	Toz Yoğunluğu, g/cm ³	Üretici
Cobalite 601	70% Fe, 20% Cu, 10% Co	0.50	4.9 ÷ 5.0	8.18 ÷ 8.20	1.68 ÷ 2.10	Union Miniere
Cobalite 801	55% Cu, 25% Co, 13% Fe, 7% Ni	0.27 ÷ 0.40	2.9 ÷ 4.0	8.80	1.60 ÷ 1.83	
Next 100	Cu, Fe, Co	0.8 ÷ 1.2	1.0 ÷ 2.5		1.05 ÷ 1.65	Eurotungstene
Next 200	Cu, Fe, Co	0.8 ÷ 1.2	1.0 ÷ 2.4		0.95 ÷ 1.55	

3.2. Sıcak Preslenmiş Kobalt ve Kobalt Alaşımlarının Mikro Yapısı

Bir malzemenin mikro yapısı; mekanik dayanımını, sertliğini, sünekliğini, aşınma dayanımını vb. özelliklerini etkiler. Bu nedenle üç aşamalı olan mikro yapı, malzeme özellikleri ve işleme yöntemleri arasındaki ilişkiyi iyi anlamak gerekir.

3.2.1. Tane Boyutu ve Tane Boyutunun Dönüşüm ve Rekristalizasyona Etkisi

Sıcak preslenmiş kobalt tozlarında tane büyüklüğü genel olarak ortalama partikül büyüklüğü, sıcak presleme sıcaklığı, oksijen ve kükürt gibi impürityelerin varlığı ile birlikte tozun partikül büyüklüğünün dağılımına bağlıdır.

Deneysel olarak, oksijen içeren kobalt tozlarının sıcak presleme sıcaklığı 800°C'den 950°C'ye çıkarıldığında yüksek sıcaklığa bağlı olarak toz yüzeyinde absorbe edilen oksijen miktarının parçanın mikro yapısında farklı etkilere neden olduğu bulunmuştur. Kobalt oksitlerin tane sınırlarındaki iğneli büyümeyi geciktirebildiği bilinmektedir. Kobalt tozları absorbe edilmiş oksijen içerebilir, bu da ısınma aşamasında oksitleri şekillendirir. Bu oksitler sonunda çekirdekleşerek 600 ile 650°C arasında tane sınırlarında CoO (kobalt oksit) olarak görülür (Akyüz, 1999). Oksit fazının dağılımı ve miktarı iğneleşme hareketinin güçlü veya zayıf olması ile kendini gösterir. Bilinen oksijen içeriğine göre ortalama tane boyutu ve oksit boyutu arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur (Akyüz, 1997). Kobalt oksitlerin iri taneli olabileceklerinin bilinmesi gerekir.

800 ve 900°C arasındaki sıcak presleme sıcaklıklarında yüzey difüzyonu ve buharlaşma fazı şartları oluşturulduğunda oksitlerin büyümesi oldukça hızlanır (Akyüz, 1997). Bu durum basınç normal değerlerden düşük olduğunda uygulanır ve sıcak pres sıcaklığına çıkmak için ısıtma süresince bu hızlı difüzyon şekli için gözenekli bölgeler bu aşamada tutulur.

Rekristalizasyon süresince oksitlerin etkisi karmaşıktır. Bu durum deneysel olarak metal matris içerisinde rasgele dağıldığından oksit partiküllerinin çekirdekleşerek matrisin kristal yapısını bozması ile kanıtlanmıştır. Taneler ne kadar iri ise matris içindeki yapı o kadar kusurlu olur ve sonuç olarak, yeni tanelerin çekirdekleşmesi daha kolay olur (Blicharski ve Gorezya, 1980).

Tane büyüklüğünden daha önemli olan ise oksidin partiküllerin arasında yer almasıdır. Bu durumda, kritik rekristalizasyon çekirdeğinin oksit ara partikül mesafesinden daha büyük olduğu zaman, oksit fazının etkin biçimde çekirdekleşmeyi geciktirdiği kanıtlanmıştır (Blicharski ve Gorezya, 1980). Üstelik homojen olarak dağılmış oksitlerin olası muhtemel hareketi gerilimlerin giderilmesi tanelerin uzunlamasına kristalleşmesiyle kolaylaştırır. Böylece rekristalizasyon için gerekli olan itici güç azalır. Bu durumdan dolayı 950°C’de yapılan sıcak presleme işleminden sonra yüksek derecede oksitlenmiş kobaltın homojen olarak rekristalize olmamasının nedeni budur.

İri taneli tozlar genelde 950°C’de sıcak preslenir. Yüksek işleme sıcaklıkları ve oksidasyona karşı daha az eğilimine karşı sıkıştırılmış mikro yapı sıcaklığa karşı duyarlı değildir. İlginç bir şekilde oksit giderme işleminden geçmiş iri taneli tozlar üzerine yapılan çalışmalarda, soğuk preslenmiş ve hem hidrojen hem de vakum ortamında sinterlenen numunelerin 1300°C’de 1 saat tutulmalarına karşı rekristalizasyonun tamamlanamadığı görülmüştür (Buekenhout ve Berghezan, 1981). Bunun nedeni tozun üretim tekniklerinden ileri gelmektedir kimyasal yollarla üretilen iri taneli tozların kobalt klorit karışımında aşırı derecede oksit yapıcı olarak bilinen yüksek miktarda kalsiyum, magnezyum ve silisyum içermesidir. Bu oksitler dağınık faz halinde bulunduğu zaman, 1300°C’ye da daha yüksek sıcaklıklara kadar kararlı halde kalır ve tane büyümesini engeller.

3.2.2. Faz Bileşimi

Kobalt iki allotropik şekilde bulunur, bunlar yaklaşık 421°C’nin altında stabil olan sıkı paket hegzagonal (ϵ), ve daha yüksek sıcaklıklardaki kübik yüzey merkezli (α) yapıdadır. Allotropik dönüşüm martenzitik özelliklere sahiptir ve düşük serbest enerjinin değişimiyle ilgilidir (Betteridge, 1982; Cobalt Development Institute). Bu durum dönüşümün yavaş bir şekilde olduğunu ve deneysel şartlardaki hassaslığını açıklar. Özellikle tane boyutu her iki allotropun stabilitesini etkiler. Daha küçük tane boyutu oda sıcaklığına soğuduktan sonra kübik formun oluşmasına yardımcı olur.

3.2.2.1. Alaşımlandırmanın Etkisi

Kobaltın hcp (hegzaganoal sıkı paket) fazı difüzyonsuz martenzitik transformasyon sonucunda oluşur. Serbest haldeki atomun sıkı paketli kristal kafes sistemleri arasına girmesi ile dizilim şeklini değiştirerek fcc (kübik yüzey merkezli) yapısından hcp yapısına dönüşür (Houska ve diğ., 1960; Berghezan ve Beukenhout, 1981). Mekanik işleme maruz kalan fcc veya karışık fcc/hcp yapısını korumak için tek yöntem alaşımlandırmadır. Döküm yoluyla üretilmiş kobalt esaslı alaşımlar için en güçlü faz dengeleyici elementler sırasıyla Al, Nb, Ti, Fe, Zr, W ve Ta'dır (Dierrich ve diğ., 1975). Mn, Ni, Mo, Sn ve V gibi diğer elementlerin de faz dengeleme özellikleri (stabilize) daha zayıf olmasına karşın aynı şekilde davrandıkları görülmüştür (Ji Cheng, 1999; Akyüz, 1996).

Karışıma eklenen, alüminyum, niyobyum, titanyum ve zirkonyum gibi saf malzemelerin oksijene karşı olan afiniteleri yüzünden sıcak presleme işlemlerinde sorunlarla karşılaşılır. Karbonil demir ve bazı gaz atomizasyonu yolu ile elde edilen alaşımlar, ek olarak ucuz fiyatları ve ulaşılabilirlikleri yüzünden, endüstriyel uygulamalar için daha uygundur. Tablo 3.3'de demir ve bakır-mangan-nikel alaşımlarının fcc fazı üzerindeki stabilize edici etkisi gösterilmektedir.

Tablo 3.3. Kobalt ve kobalt esaslı alaşımlarda fcc fazı stabilize etmesine oksijen içeriği ve alaşımlamanın etkisi (950°C'de ve 35 MPa basınçta 2 dakika sıcak preslenmiş) (Konstanty, 1991)

No	Alaşım		Oksijen miktarı (wt %)	fcc fazı miktarı (wt %)
	Kobalt tozu	Eklenen alaşım(wt %)		
1	Extrafine (ex-oxalate)	-	0.01	7.4
2	Extrafine (ex-oxalate)	-	0.09	9.3
3		-	0.44	8.9
4	Extrafine (ex-oxalate)	Fe	0.01	100
5			0.44	90–100
6	Extrafine (ex-oxalate)	Cu-Mn-Ni	0.06 (IMR)	42.5
7			0.44	26.2

950°C civarında yüksek sıcak presleme sıcaklığı ile orantılı olarak, yapılmak istenen kobalt-demir alaşımlarının katı hal difüzyonunu kolaylaştırmak ve bakır mangan nikel alaşımlarının denge diyagramına göre erime sıcaklıkları olan solidüs (~880°C) ve likidüs (~925°C) sınırlarını aşmak için bu sıcaklık değeri seçilir. Demirin dengeleyici (stabilize) etkisi çok güçlüdür. Oksijen içeriğine rağmen, kobalt-demir alaşımları genelde kübik bir yapıya sahiptir. Bu yapı kesme kuvvetlerine maruz kalsa bile, hegzagonal yapıya dönüşmez.

Demirin olumlu özelliklerine karşın, kobalt-mangan-nikel alaşımları daha zayıf ve oksijene karşı daha duyarlıdır. Bu alaşımlarla yapılan soketlerde difüzyon, kobalt matris içinde daha az oksijen içeren daha derin bölgelere doğru olur, böylece stabil kübik yapının miktarı %26'dan % 42 ye kadar yükselir (Tablo 3.3).

Bu durum yüksek oranda katı-sıvı ara yüzeyinde stabil olan mangan oksit tabakasının ıslatma işlemini bozmasına ve difüzyon için bariyer oluşmasına neden olur (German, 1985). Diğer yandan manganlı çeliklerin fırınlarda sinterlenmesi esnasında çabucak oluşan mangan gaz fazı yüzünden, geniş aralıklı alaşımlandırma ortaya çıkar (Salak, 1980). Fakat yapıya bronz eklendiğinde 880°C aşıldığı zaman kobalt matris gerekli yoğunluğu kazanır ve yapıda tutunmayı etkileyen poroziteler gözlenmez. Granülleme işleminde, toza katılan hidrokarbonlar, 200°C'de yanmaya başlar ve redükleyici gaz oluştururlar. Oluşan redükleyici gaz oksijenin kalıp ve matris tozları ile reaksiyonunu önler. Bu nedenle alaşım elementlerinin difüzyonu engellenmez ve kübik formu kobalt, mangan, nikel ve kısmen bakırın etkisiyle daha fazla oranda korunmuş olur. Ayrıca kobaltın martenzit başlama sıcaklığında düşüşe de neden olur (Massalski, 1990; Betteridge, 1982).

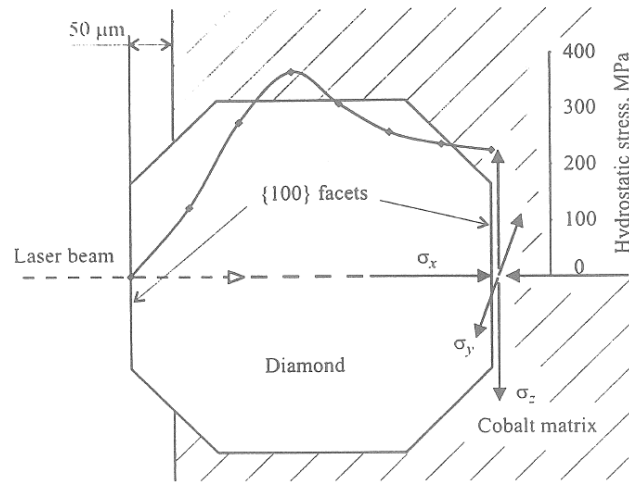
3.3. Sıcak Preslenmiş Kobalt ve Kobalt Alaşımlarının Mekanik Özellikleri

Soketin kesme yeteneği, kesme ömrü ve fiyatı arasındaki optimum dengeye ulaşmak için, matris malzemesinin mekanik özelliklerinin uygun olması gerekmektedir. Matris için önemli diğer bir husus mümkün olduğu kadar uzun süre elmas parçacıklarını tutabilme yeteneğidir. Ancak elmas tutunumu hakkında varolan teorik bilgi, kullanım esnasında elmasın soketten kopması veya çıkması problemlerini tam olarak açıklamak için sürekli artmaktadır.

Elmas ve matris arasındaki kimyasal birleşme ihmal edilecek olursa, mühendislik dayanımı, akma dayanımı, statik eğme dayanımı, darbe dayanımı ve sertlik pratikte

rahatlıkla ölçülebilir. Bugüne kadar, farklı durumlara göre elmasın bağlanma kuvvetini bulmak için pratikte farklı teoriler ortaya konmuştur. Elmasın bağlanması üzerine olan fikirler laboratuvar ortamındaki testlerle sınırlı kalmıştır. Yani bulunan teoriler üretim ortamında tutunma ile ilgili olarak tatminkâr sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle, sonuçları iyi bir şekilde incelenen testler sadece aşırı zorlamalardaki deney verilerinden elde edilmiştir.

Soketin mekanik özellikleri kullanım sırasında sürekli olarak değişen kuvvetler nedeniyle etkilenir. Bu darbeler altında soketin yorulma özellikleri görünür bir şekilde değişir. Daha sonra ortaya çıkan iç gerilmelere bağlı olarak, ısıl genişleme katsayılarının farklılığından dolayı her elmas tanesi çevresinde oluşan iç gerilmelerin sistem içinde olması muhtemeldir. Şekil 3.1’de kobalt matris içerisinde bulunan bir sentetik elmas taneciğine etki eden hidrostatik kuvvetlerin tipik dağılımı görülmektedir.

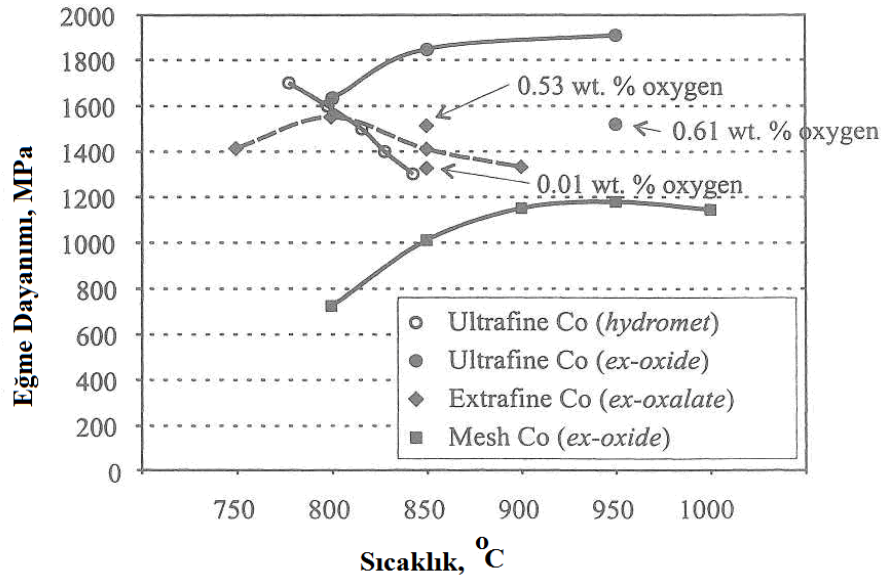


Şekil 3.1 Hidrostatik kalıntı gerilmelerin μ -Raman spektroskopi ile ölçülmesi (Akyüz, 1999)

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi, sıcak presleme esnasında çeşitli kobalt esaslı malzemelerin çekme değerleri % 1,3 ile 1,7 arasındadır. Bu çekme değerleri elmasın çekme değeri % 0,1 ile 0,2 arasında ihmal edilecek seviyededir (de Beers Industrial Division 2008). Bahsedilen bu çekme değerleri sonucunda elmas tanelerinin çevresinde kesinlikle bir plastik deformasyonun olduğu bilinir. Bunun teorik olarak elmas tutunumu arttırdığına, gerilim sertleşmesinin miktarı ve kalıntı gerilmelere olan etkisini bilmek zordur.

3.3.1. Eğme Dayanımı

Elmaslı takımlarda eğme dayanımı, soket ömrünün tahmin edilmesi ve matrise eklenen malzemelerin matris mukavemeti üzerindeki etkilerinin belirlenmesine yardımcı olmak amacıyla yapılır. Şekil 3.2’de sıcak presleme sıcaklığının kobalt toz özelliklerine bağlı olarak eğme dayanımına etkisi gösterilmiştir.



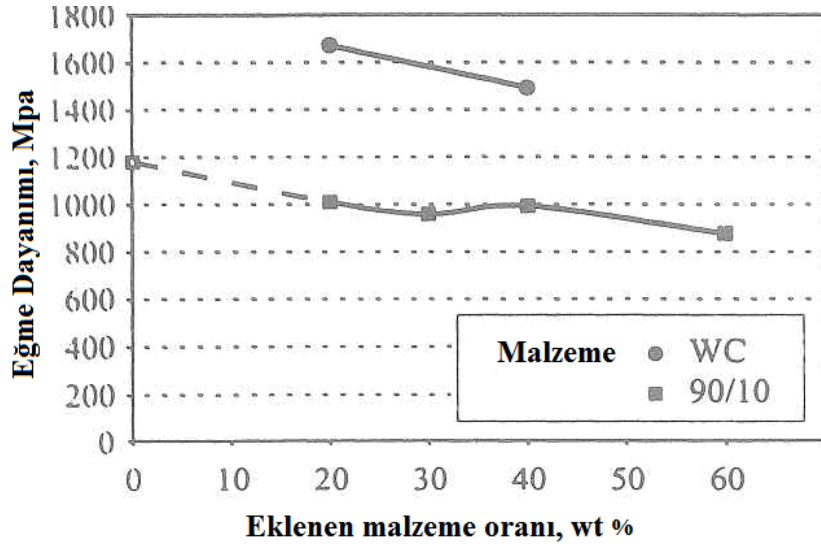
Şekil 3.2. Sıcak pres sıcaklığına göre eğme dayanımının değişimi (çok ince, orta irilikte, kabakobalt tozları için)(Westaim Corporation, 1996; Konstanty, 1991)

Bütün numuneler 35 MPa basınç altında 2 dakika tutulmuştur. Yapılan araştırma sonuçlarına göre, malzemenin eğme dayanımı ne kadar artarsa özkütlesinin de o denli yüksek olduğu bulunmuştur. Fakat özkütlenin daha fazla artmasıyla rekristalizasyon ve tane büyümesinden dolayı, malzeme dayanımını kaybetmeye başlar. Oksitler bu zayıflama sürecini etkin bir şekilde yavaşlatabilir.

Kimyasal yollarla üretilen kobalt tozları içerisinde oldukça fazla miktarda magnezyum ve sodyum bulunur. Magnezyum oksijenle reaksiyona girerek magnezyum oksidi (MgO) oluşturur. Bu durumda sodyum da kükürt ile birleşerek 1180°C'ye kadar katı halde bulunan disodyum sülfürü (Na₂S) oluşturur (Swalin, 1962; Tom, 1994). Böylece kobalt matris içerisindeki taneler büyüdüğünde serbest haldeki sülfür, disodyum sülfür (Na₂S)'e dönüştüğünden dolayı tane içine girip yapıyı bozmaz.

3.3.1.1. Alaşımlandırmanın Eğme Dayanımına Etkisi

Matrisin aşınma dayanımı ve elmasın tutunma derecesini arttırmak için kobalt tozlarına çeşitli katkıları eklenir. Genellikle kobaltın özelliklerini değiştiren bu katkıları tungsten karbür ve bronz alaşımlarıdır. Tungsten karbür ve önceden karıştırılmış bronz tozu katkılarının kobaltlı matrislerdeki eğme dayanımına etkisi Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. WC ve 90/10 bronz katkısının kobalt matrisli malzemelerde eğme dayanımına etkisi.

Hidrometalurji teknikleri kullanılarak imal edilen ince taneli kobalt tozuna ağırlıkça % 20 tungsten karbür tozunun eklenmesiyle, yüksek işlem sıcaklıklarındaki mukavemet kayıplarını engellemek için, yumuşak kobalt fazı dağılımı (dispersiyon) sertleşme mekanizmasıyla sağlamlaştırılır. Buna ek olarak sert faz miktarının ağırlıkça % 40’a çıktığı durumlarda matrisin sertliğinin artması gerekirken yumuşamaya başlar. Karbür fazı sürekli olarak devam etmez ve bu da kobaltın sıcaklıkla birlikte zayıflamaya başladığını gösterir.

Matrise bronz eklenmesi durumunda ise, eğme dayanımında sürekli olarak bir azalma görülür. Ancak bronz tozları iri taneli kobalt tozunun yoğunluğunu arttırdığı için, porozitedeki azalma artan bronz miktarı ile eğme dayanımındaki düşüş oranı tungsten karbürü göre daha az ve yavaş olur.

3.4. Çekme ve Akma Dayanımı

Elmas tutunumunu belirlemek için, çekme deneylerinde elde edilen akma dayanımı, kopma dayanımı, uzama miktarı ve elastiklik modülü gibi veriler kullanılabilir. Kesme işlemi süresince her bir elmas parçacığı periyodik olarak doğrudan matrise iletilen çeşitli kuvvetlere maruz kalır. Bu kuvvetler en iyi elmas tutunumunu sağlamak için matrisin elastik deformasyona maruz kalmasıyla sönümlenir (de Chalus, 1994; Chalkey ve Thomas, 1969; Bonneau, 1995). Matrisin akma mukavemetinin aşılmasıyla elmas çevresindeki matris yüzeyindeki tutucu tabakada hasar görür bu da elmasın kopmasına ve socketin kesme karakteristiklerinin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olur.

Elmas tutunma derecesini anlamak için matrisin akma dayanımının bilinmesi gereklidir, bu yüzden, elastiklik modülü sınırları içerisinde çalışmak gerekir (Chalkey ve Thomas, 1969; Bonneau, 1997).

Çekme deneyleri ile elde edilen veriler takım imalatçısının yavaş uygulanan eksenel kuvvetlere karşı malzemenin tepkisini bilmesine yardımcı olur. Bu yüzden elde edilen bu değerler yüksek zorlanma değerlerinde kullanılmamalıdır ve matrisin bileşimi çentik hassaslığına göre değiştirilebilmelidir.

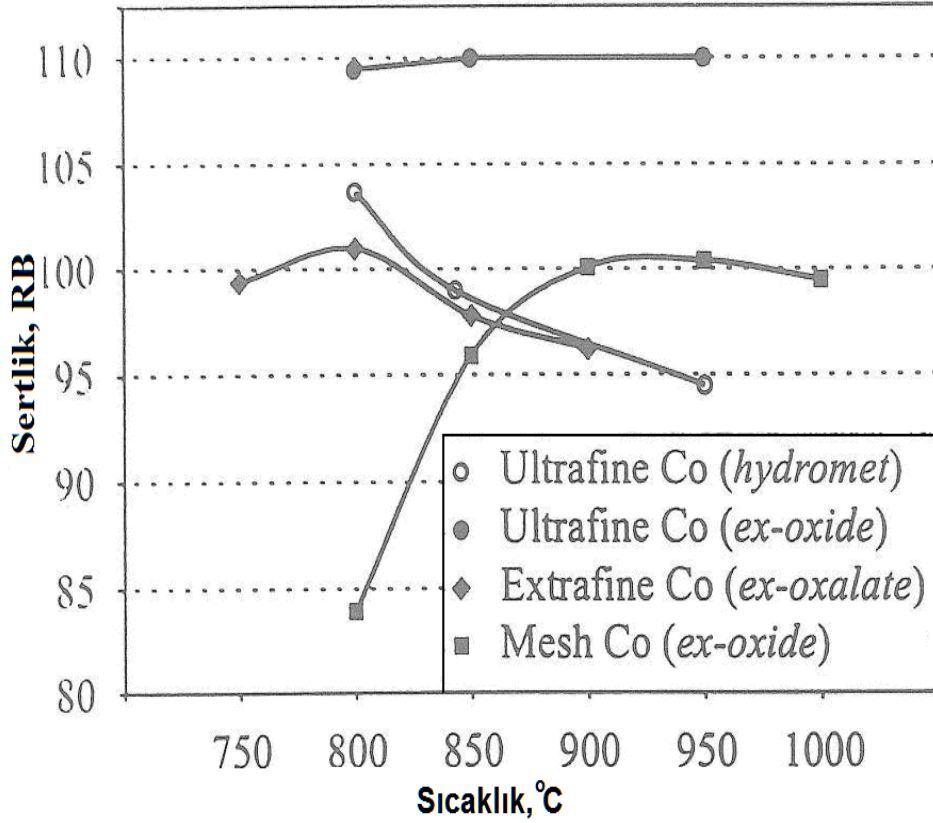
Oksit fazının miktarı, dağılımı (dispersiyonu) ve sıcak pres sıcaklığı resristalizasyonun oluşumunda ve son tane boyutu üzerinde önemli bir etkisi vardır. Azalan akma dayanımı ve artan uzama miktarının (elognasyon) rekristalizasyon ve tane büyümesiyle yakın bir ilişkisi vardır.

3.5. Sertlik

İyi bir şekilde sıcak preslenen matris-elmas karışımı ile genelde dar bir sertlik aralığı elde edilir. Bu sertlik değeri matris bileşimine ve sıcak presleme parametrelerine göre değişir. Yoğunluk tam olarak sağlanamaz ya da işlem sırasında bir hata meydana gelirse istenilen sertlik değeri elde edilemez. Tam olarak yoğunlaşmamış matrisler genellikle, kötü aşınma dayanımı ve zayıf elmas tutunumu gibi istenilmeyen mekanik özelliklere sahiptir. Bu nedenle sertlik kalite kontrolünde temel faktörlerden biridir.

3.5.1. Kalite Kontrol Parametresi

Şekil 3.4’da sıcak presleme sıcaklığına bağlı olarak, çeşitli üretim teknikleriyle üretilmiş tozların sertlik değerleri gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Sıcak pres sıcaklığının sertliğe olan etkisi (Konstanty, 1991). (Bütün tozlar 35 Mpa basınçta belirtilen sıcaklıkta 2 dakika tutulmuştur)

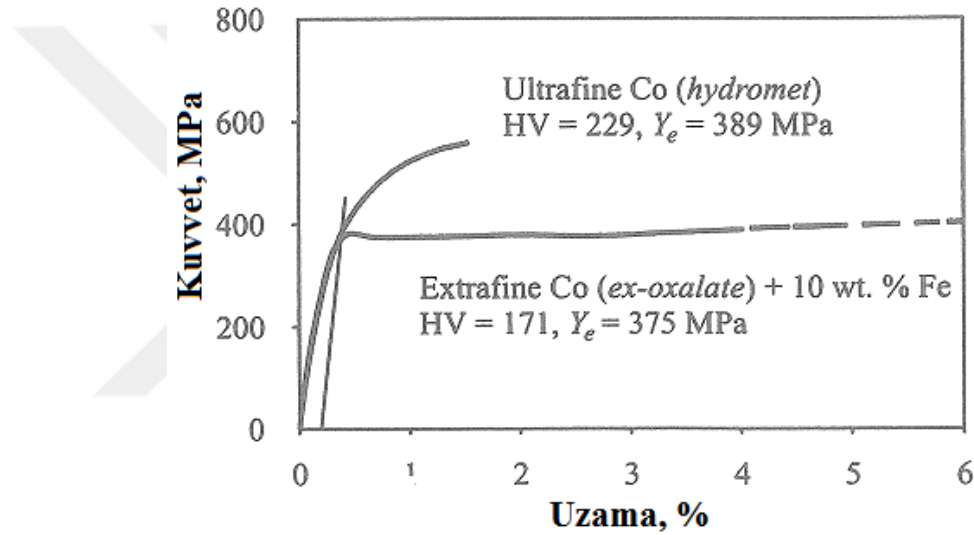
Şekil 3.4’da görüldüğü gibi tane boyutuna ve sıcaklığa bağlı olarak sertliğin değiştiği görülmektedir. Özellikle ex-oxide tozlarda sertlik değeri sıcaklığa göre değişmektedir. Bu durum matris özelliklerini de etkilemektedir. Fakat sıcaklığa karşı duyarlı olan bu tür tozlar grafit kalıp içindeki ısıl dalgalanmalardan da etkilenecektir.

3.5.2. Elmas Tutunma Kapasitesinin Belirlenmesi

Sertlik ölçümü, güçlü bir matrisin elmas tutma kuvvetinin anlaşılabilmesi için uygun bir yol ve göstergedir. Ancak elmas tutma problemine bunun gibi basit yaklaşımlar iki önemli gerçeği göz ardı eder.

Bunlardan birincisi, sertlik ölçüm sonuçları daima malzemenin % 5-12 olan plastik deformasyon sertleşmesi karakteristiğinden etkilenir ve bu durum malzemenin akma gerilmesi ile ilişkilendirilemez. Şekil 3.5’de gösterildiği gibi kobalt demir alaşımı en ideal plastik davranışı gösterirken, kobalt numunenin çalışma sertliği deformasyon sonucunda olur. Bu nedenle, malzemeler aynı akma direncine sahiptir fakat sertlikleri birbirinden çok farklıdır.

Elastiklik sınırı, gerilim sertleşmesine oranla malzemenin elmas tutma kapasitesinin belirlenmesinde daha önemlidir. Ancak sertlik tek başına gerçek elmas tutma dayanımının belirlenmesinde yetersiz kalabilir.



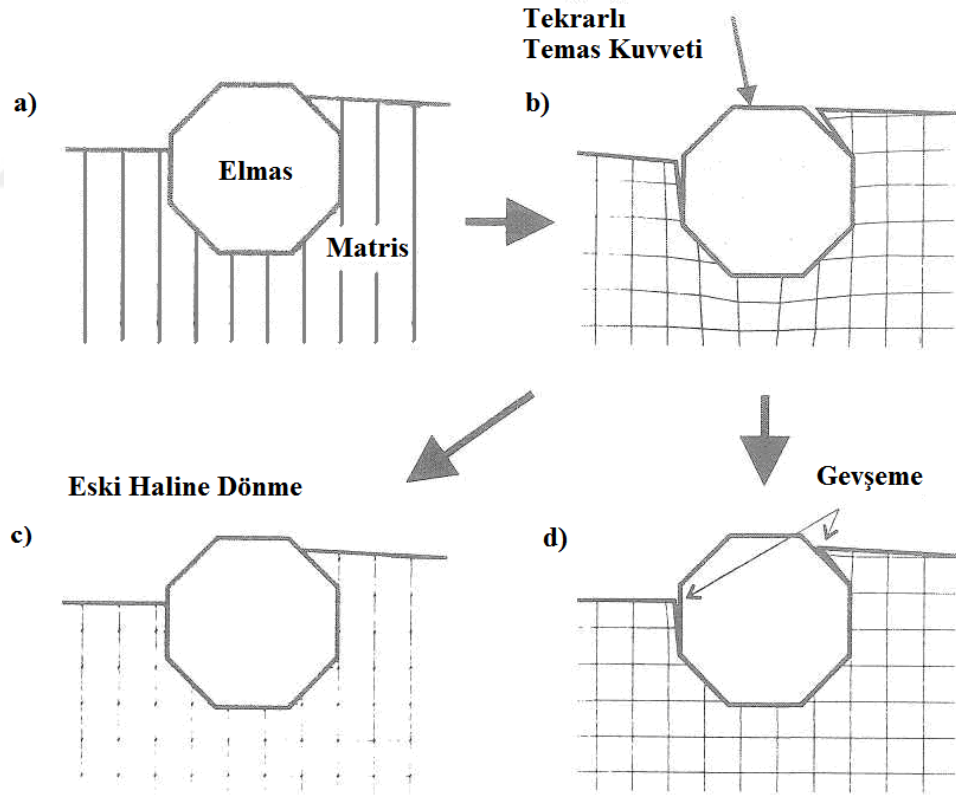
Şekil 3.5.950°C sıcaklık ve 35 MPa basınç altında 3 dak süreyle sinterleme sonucu elde edilen Co ve Co-Fe numunelerin gerilme uzama davranışlarının karşılaştırılması (Konstanty, 1991)

İkincisi ise, elmas-matris bağlantısının yüksek frekanslı dinamik kuvvetlere maruz kalmasıdır. Sert granitin 300 cm³/dak’lık kesme hızlarıyla elde edilen deneysel sonuçlar ortalama her bir elmas parçası başına 190 N değerinde bir yükün uygulandığını göstermektedir (Webb, 1999). Deney şartlarından farklı olarak, fabrikalarda yapılan kesimlerde yüklenme kuvveti zamanı çok kısadır, bu da matrisin akma davranışlarını etkileyebilmektedir.

Şekil 3.6’de gösterildiği gibi, her bir elmas tanesi çevresindeki matris testere dönüş hızına bağlı olarak 3–40 Hz aralığında belirli aralıklarla titreşimlere maruz kalır. Genellikle normal bir elmas kesim noktası yaklaşık 30.000 çarpmaya kadar kesici özelliğini devam ettirir (Webb, 1999; Wright, 1988). Bu değer matrisin yorulma

dayanımını belirler. İdeal olarak çalışan bir malzeme elastik olarak şekil değiştirir ve oluşan gerilimlerden bağımsız olarak eski haline dönmelidir. (Şekil 3.6c). Ancak gerçek çalışma şartlarında, plastik deformasyon ve soket fabrikasyonu esnasında oluşan gerilmelerin yok olması sonucunda elmasın matrise yapışmama riski vardır (Şekil 3.6d). Elmas ile matris arasındaki bu boşluklar şekil 3.6d’de gösterildiği gibi kesici takım bir süre çalıştıktan sonra meydana gelir.

Matrisin elmas tutma kuvvetindeki azalmaya ek olarak, elmasın bağlanma kuvvetindeki azalma matriste meydana gelen dinamik gerilme çelik testerenin merkezine iletilir ve elmas tam olarak kesme görevini yerine getiremeden olması gerekenden daha erken zamanda matristen koparak kesimde hatalara sebep olur (Webb, 1999). Değişken çentik geometrisinden dolayı malzeme kompleks çok eksenli kuvvetlere maruz kalır ve soket üzerinde farklı gerilmeler meydana gelir bu nedenle bu tür sorunlar matematiksel olarak hesaplanamaz.



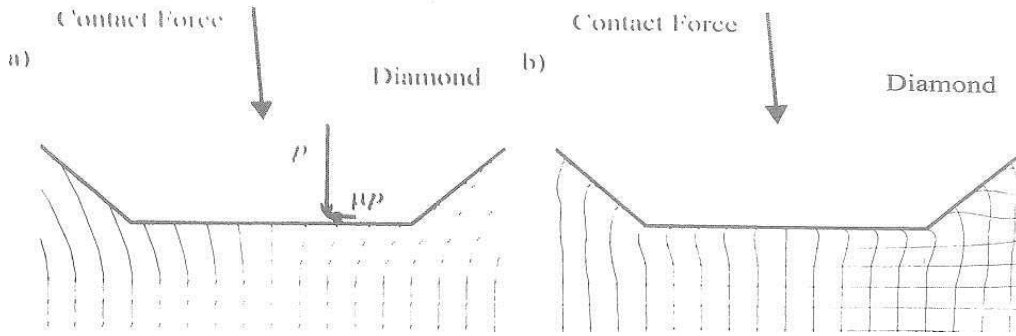
Şekil 3.6. Matriste çalışma esnasındaki elmasların maruz kaldığı mekanik zorlanmaların şematik gösterimi.

3.5.3. Elmas-Matris Sürtünmesi

Matrisin deformasyon işlemi süresince elmas taneleri üzerindeki metal kayar. Yüzeyler arasında uygun bir tutunum varsa, bu tutunum sayesinde gerekli plastik şekil değiştirme basıncı oluşur. Şekil 3.7a'da gösterildiği gibi düzgün yüzeyli matris üzerindeki elmas üzerine gelen itme kuvvetinin oluşturduğu sürtünme ihmal edilebilecek seviyededir. Matris üzerindeki elmasa etki eden statik sürtünme katsayısı oldukça düşüktür bu değer 0,1–0,15 arasındadır. Bu nedenle matris kesme işlemi süresince neredeyse serbest olarak hareket eder.

Bu durum değiştiğinde yani üretim teknikleri ya da sıvı presleme işlemleri esnasında matris ile elmas arasındaki kimyasal reaksiyondan dolayı elmas yüzeyindeki sürtünme katsayısı artar. Artan sürtünme kuvvetleri ile elmas altında kalan matris sertleşir. Şekil 3.7b'de gösterildiği gibi aşırı durumlarda elmas yüzeyine matrisin çok güçlü olarak yapışması yeni çıkacak elmas tanelerinin oluşumundan daha ziyade metal tabakanın çıkmasını sağlar.

Pratikte elmaslı takım imalatında bu durum soket üretim işleminde sürtünme kuvvetini arttırmak için elmas parçacıklarının yüzeyinin pürüzlenmesi istenir gibi görünmesine karşın, diğer taraftan bu reaksiyon köşeleri keskin elmas parçacıklarının oluşması için tam olarak uygun değildir.



Şekil 3.7. Elmas kristalinin matris deformasyonu üzerindeki aşınma etkisi. a. Normal basınç p ve sürtünme katsayısı μ yatay sürtünme kuvveti bileşeninin oluşmasına neden olur. b. Matrisle elmas arasındaki sıkı bağ ara yüzeyden belli mesafede kaymaya neden olur.

Elmas yüzeyinde doğal ve tabii olarak meydana gelen reaksiyonlar matris bileşimine ve işlem parametrelerine bağlıdır. Kobalt matris malzemesi içeren soketler üzerinde yapılan araştırmalar çok karmaşık reaksiyonların olduğunu göstermektedir. Yapılan araştırmalarda 700–800°C sıcaklık da 5–10 dakika sıcak preslenen numunelerde grafitten oluşmuş homojen olmayan, kobalt içinde karbon katı eriyiği, elmasdan uzak kobalt karbür gibi tabakalar elmas kobalt ara bölgesinde görülmüştür.

Matris boyunca meydana gelen kırılmalar, elmas-matris ara yüzeyindeki kırılmalara oranla daha fazla olduğundan dolayı kırılma ve mikro yapısal hataların meydana geldiği özel bir bölge yoktur. Matrise kalay katkısıyla elmas tanelerinin grafizasyonunun önlendiği fakat karbür oluşumunun engellenemediği bilinmektedir.

Önemli bir not olarak alaşımlandırılmamış kobaltlı soketlerin kimyasal etkenlere karşı olan davranışları tozun reaktifliğine ve toz üretim şekline bağlıdır (Konstanty, 1997; Wesaim Corporation, 1997).

Kobalt-bronz alaşımı içindeki yüksek oranlı bakır ve kalay orta seviyedeki sıcaklıklarda elmas yüzeyinde hemen hemen hiç pürüzlülük oluşmamasına neden olur. Diğer taraftan, kobalt-demir matrisin aktif olduğu sıcaklık 950°C olarak belirlenmiştir. Bu tür alaşımlarda elmas ve matris arasındaki temas yüzeyi kaba ve matris malzemesinin bazı kısımları elmas ile bağ oluşturur. Alaşım elemanlarının karbür oluşturmaya yatkınlığı ve önemli derecede karbon çözündürmesi yüksek sıcak pres sıcaklıklarında dahada yüksek seviyeye gelmektedir (Clifton ve Evans, 1995).

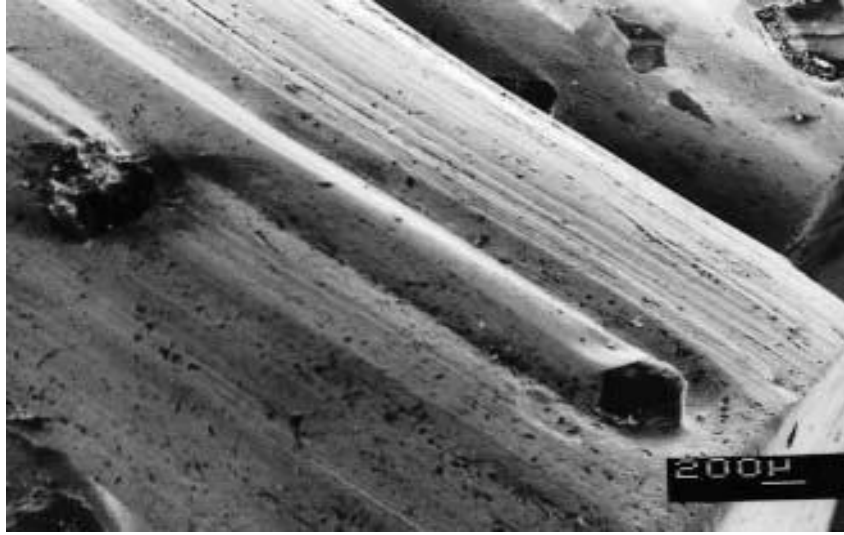
4. ELMASIN İŞLEVİ

Matris yüzeyinden dışarıya çıkan elmas parçacıkları matrisin aşınma karakteristiklerini etkiler. Bunlar;

- Kesilen malzemenin neden olduğu ovalama hareketinden matrisi korumak.
- Aşınma oluklarını bloke etmek.

Bunlardan birincisi, matris ve kesilen malzeme arasında boşluk/aralık oluşması ile ilgilidir. Elmas tanecikleri matris yüzeyinden çıkarak, kesilen malzeme ile matris arasında bir boşluk oluşturur. Bu boşluk vasıtası ile matris üzerinde direkt zorlanma olmaz. Ayrıca bu boşluk elmas için kesme boşluğudur.

Aşınma oluklarının bloke edilmesi daha çok dikkat edilmesi gereken konulardan biridir. Bu konu ayakta durma etkisi olarak adlandırılmaktadır (Stachowiak ve Batchelor, 1993). Kesme yününün sabit kalmasıyla kesme işleminde bulunan her bir elmas parçacığının arkasında elmasın aşınma direncinden dolayı uzayan kuyruklar oluşmaktadır. Oluşan bu matris kuyrukları kesme işleminde elmasa destek vererek kesme verimin artmasını sağlamakta ve matrisi hızlı aşınmadan korumaktadır. (Şekil 4.1)



Şekil. 4.1. Ayakta durma etkisi ile oluşan matris kuyruğu.

Elmasın kopması durumunda ise oluşan matris kuyruğu elmas tarafından korunamaz. Elmasın düşmesi ile kesim işleminden dolayı matris kuyruğu kısa süreli fakat çok yüksek olan sürtünme kuvvetlerine maruz kalır. Kesilen doğal taş üzerinden kopan parçacıklar matris üzerinde kesici takım etkisi yaparak matrisi hızla aşındırır. Bu durum yeni elmas parçacıkları çıkana kadar devam eder. Şekil 4.2.'de bu durum görülmektedir.



Şekil. 4.2. Kopan elmas tanesi çevresindeki aşınma bölgesi.

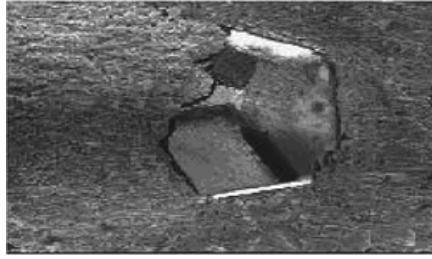
Artan aşınma miktarı ile önceden oluşan matris kuyruğu kesilen doğal taştan kopan partiküllerle aşındırılır. Aşınan matris kuyruğu ve kopan elmas parçacığı ile aşınma miktarı artar ve matris yüzeyindeki daha geniş olan aşınma yüzeyinde yeni elmas tanecikleri çıkar ve kesme işlemi devam eder. Elmas büyüklüğünün sabit kalmasıyla, artan elmas konsantrasyonu ve matrisin elmas tutuma veriminin artması ile kesici yüzeyde daha fazla elmas parçacığı bulunur. Bu nedenle ayakta durma etkisinden dolayı, takım ömrü de artan kesme noktası sayısı ile artmaktadır. Ancak pratikte yapılan uygulamalarda testere ömrü ancak belirli optimum konsantrasyonlara kadar takım ömrünün arttığını göstermektedir (Burgess, 1978).

Bazı durumlarda elmas konsantrasyonu artmasına karşın takım ömründe azalmada görülebilmektedir (Redd, 1973).

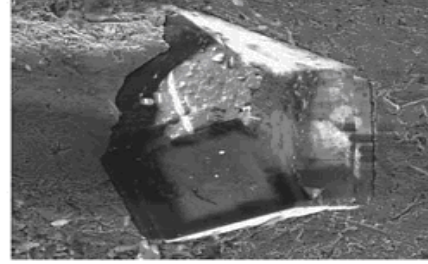
Optimum konsantrasyon, elmas tipi ve tane boyutu, kesim parametreleri, iş parçası

özellikleri, kesim makinesinin özellikleri ve gücünün karmaşık bir fonksiyonudur. Özel dikkat isteyen parametreler, elmasın matris içinde düzenli dağılması ve kesim makinesinin güç özellikleridir.

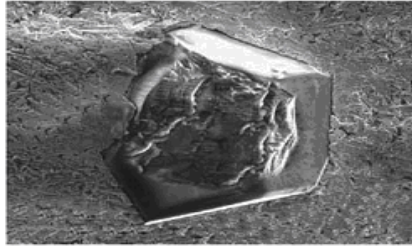
Elmas konsantrasyonunun belirli bir oranda artması ile elmas kristalleri kesim işlemi yapılan kayanın partikülleri ile örtülür ve bu suretle kesim işlemi başarısız olur (Jones, 1960). Bu nedenle elmas kristallerinin matris içerisinde homojen olarak dağılması önemlidir. Matris içerisindeki dışarıya çıkmış elmasların sadece çok küçük miktardaki elmas, yaklaşık %26, her zaman doğru çalına yüksekliğindedir (Wright ve Wapler, 1986). Koruma faktörü çok yüksek elmas konsantrasyonlarında önemli olabilmektedir. Bu nedenle, orta seviyeli elmas konsantrasyonlarında, maksimum takım ömrü temel olarak kesim makinesinin güç özelliklerine bağlıdır. Bu işlem sonucunda elmas taneleri keskinliklerini kaybettiği için kesme işlemi sonlanır. Bu işleme mikro sabanlama denir. Şekil 4.3’de bu işlem basamakları halinde gösterilmiştir.



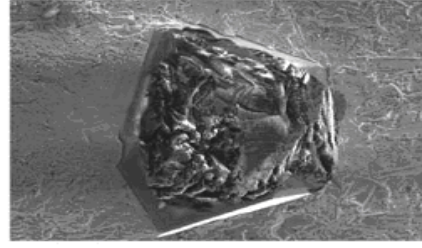
a) Yeni oluşan tane



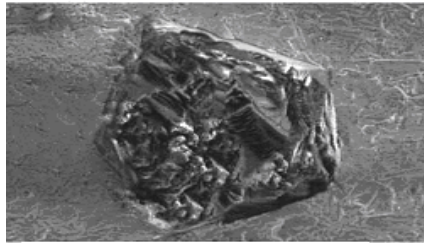
b) Büyümüş tane



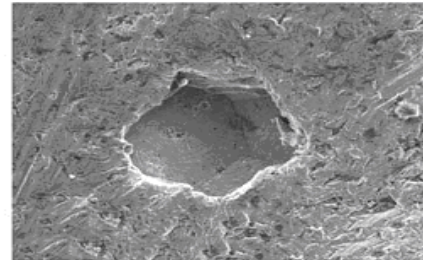
c) Kayganlaşmış tane



d) Mikro kırılmalı tane



e) Makro kırılmalı tane



f) Matristen ayrılmış tane izi

Şekil 4.3. Kesme işlemi sonrasında elmas parçacıklarının ve kesme matrisinin görünümü. a) Yeni oluşan tane, b) Büyümüş tane, c) Kayganlaşmış tane, d) Mikro kırılmalı tane, e) Makro kırılmalı tane, f) Matristen sökülerek ayrılmış tanenin bıraktığı boşluk.

Elmaslı takımların genellikle kullanıldığı yüksek kesme hızlarında ve hatta çok küçük yüklerde bile elmas yüzeyinde oluşan sıcaklık 500°C'ye kadar çıkar ve bu sıcaklıkta elmas yüzeyinde oksidasyon ve grafizasyondan dolayı elmas keskinliğini kaybeder (Jones, 1960). Artan sıcaklığı soğutma sisteminin telafi ettiğini söylemek oldukça güçtür. Bu nedenle oluşan sıcaklık kısmen matrise transfer edilir ve matrisi yumuşatır. Kesim işlemi esnasında testere üzerinde oluşan ortalama kuvvetler adım adım büyür ve kesim noktalarının körelmesine neden olur (Mamalis ve Diğ., 1979). Bu kuvvetlerin testere ömrü üzerindeki etkisi iki aşamadan oluşur. Bunlardan ilki, artan ortalama kuvvet ile her bir elmas üzerine düşen kuvvetin artması ile bu kuvvetlerle termal olarak yumuşayan matris elmas parçacıklarını tutamaz ve kesici yüzeyden elmasların kopmasına neden olur. İkinci olarak, beklenmedik şekilde artan kuvvetler çelik testere merkezinde sönümlenemez. Böylece testere balansını kaybeder ve sistemde zararlı titreşimlere neden olur.



5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Deneylerde kullanılmak üzere beş çeşit alaşım, toz metalurjisi yöntemi ile üretilmiştir. Alaşımların üretimlerinde Bronz(BR85/15), Cu, Ni, Al metal tozları kullanılmıştır. Öncelikle iki çeşit metal tozundan meydana gelen referans malzeme üretilmiştir. Daha sonra bunlara değişik oranlarda Ni ve Al ilave edilerek bunların referans malzemelere etkilerini anlamak amacıyla beş çeşit deney malzemesi üretilmiştir (Tablo 5.1).

Tablo 5.1. Deneylerde kullanılan alaşımlar

Alaşım No:	Alaşımların adı:	Alaşımların hazırlanmasında kullanılan malzemeler (%ağ.)				
		BR(85/15)	Cu	Ni	Al	
1	A1	80	20	-	-	
2	A2	80	15	5	-	
3	A3	80	10	10	-	
4	A4	80	15	-	5	
5	A5	80	10	-	10	

5.1.1. Segmentlerde Kullanılan Toz ve Sentetik Elmas Özellikleri

Segmentlerin üretiminde kullanılan tozlar ve sentetik elmas piyasadan hazır olarak temin edilmiştir. Tablo 5.2’de kullanılan tozların imalatçıları, ticari adları ve tane boyutları gösterilmektedir.

Tablo 5.2. Kullanılan tozlar ve sentetik elmas

Toz	Üretici	Ticari Adı	Tane Boyutu. μm
BR(85/15)	Eurotungsten, Fransa	FE2010	60
Cu	Merck, Almanya	1.02703.1000	<63
Ni	Eurotungsten, Fransa	Ni2800A	2.0
Sentetik elmas	Elementsix, Güney Afrika	SDA 65+	30/40 mesh

5.2. Toz Karışımlarının Hazırlanması

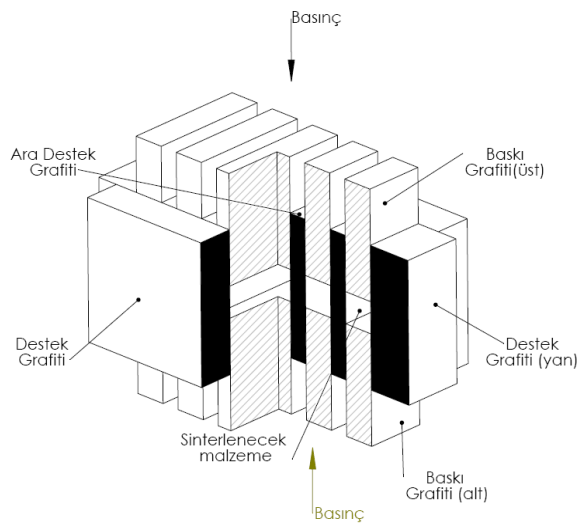
Saf haldeki metal tozlarının birbiriyle iyice karışarak homojen bir karışım elde edilmesi amacıyla turubula tipi, kapalı toz hazneli, iki kg toz kapasiteli, üç boyutlu dönebilen bir karışım mikseri kullanılmıştır. Bu mikserin toz haznesi özellikle kapalı tipte olup toz içine konulduktan sonra dış ortam ile tozların ilişkisini kesmek amacıyla kapağı sıkıca kapatılmaktadır. Mikser çalıştırıldıktan sonra tozun iyice karışabilmesi için toz haznesi 360°C'lik turlarla her yöne dönebilmekte ve böylece tozların birbiriyle iyice karışması sağlanmaktadır.

5.3. Tozların Sıcak Preslenmesi

Mikro yapı, süre ve mekanik özellikler bakımından toz metalurjisi üretim yöntemlerinde önemli bir yeri olan sıcak pres, elmaslı takım üreten tüm fabrikalarda kullanılmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında avantajlarından dolayı sıcak pres temin edilmiştir. Bunun için öncelikle bir sıcak pres makinesi ve üretilecek numunelerin boyutlarına göre yapılmış bir grafit kalıp da kullanılmıştır.

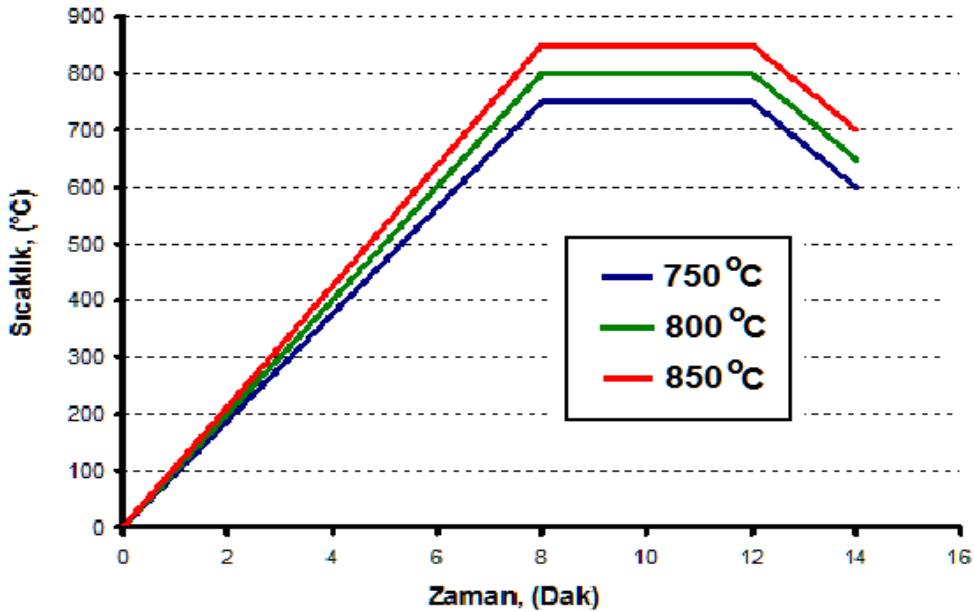
5.3.1. Sıcak Presleme Kalıbı

Sıcak pres cihazında metal toz karışımının üzerinden elektrik akımı geçirilip ısıtılarak basınç altında sinterlenmesi için grafit kalıp yapılmıştır (Şekil 5.1). Bu kalıp baskı grafiti, ara destek grafiti, yan destek grafiti parçalarından meydana gelmiştir.



Şekil 5.1. Grafit kalıbın perspektif görünümü

Karıştırılan tozlar sinterleme işlemi için her bir alaşım numunesinden 30 gr olacak şekilde hazırlanan toz karışımı hassas bir terazide 0.01 gr hassasiyetinde tartıldı. Tartılan tozlar özel olarak imal edilmiş grafit kalıba döküldü. Daha sonra toz dökülen kalıp odacıkları üst baskı grafitleriyle kapatıldı. Hazırlanan grafit kalıp çelik bir çekirdek etrafında tork anahtarı ile baskı pimlerinden 100 Newton kuvvetle sıkıştırıldı. Çelik çekirdek ile grafit kalıp arasına amyant plaka konularak kalıbın yalıtılması sağlandı. Sıcaklığın doğru olarak görülmesi için kalıp merkezindeki grafit parçaya 3,5 mm çapında delik delinerek termokopulun ucu tam merkeze yerleştirildi. Bütün bu işlemlerden sonra sinterlenmeye hazır hale getirilen toz karışımı yüklenmiş grafit kalıp bloğu sıcak pres bölmesine yerleştirildi. Bu işlemin ardından toz karışımının birim alanı üzerine yaklaşık 5 MPa basınçtan başlayıp sıcaklık 700°C ye ulaştığında basınç 35 Mpa olacak şekilde baskı yapılarak sabit sıcaklık ve basınçta dört dakika beklendi ve basınç 35 MPa değerinde gelince sırasıyla 750, 800, 850°C’de 4 dakika bekletilerek numunelerin sinterlenmesi sağlandı. Daha sonra ısıtma ünitesi devreden çıkarak numunelerin kalıp içerisinde 35 MPa basınçta oda sıcaklığına soğuyana kadar beklendi. Bu işlemler koruyucu argon atmosferi altında kapalı kalıp kullanılarak yapıldı. Kalıp soğuduktan sonra çözülerek içindeki sinterlenmiş numuneler çıkartılmıştır. Şekil 5.2’de üç farklı sıcaklıkta yapılan sinterleme işleminin zaman-sıcaklık diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.2. Sinterleme sıcaklık-zaman grafiği

5.4. Sertlik Ölçme İşlemi

Sıcak presleme yoluyla elde edilen numunelerin sertliklerinin belirlenmesi amacıyla sertlik ölçme cihazında 62,5 kg yük ve 2.5 mm çapında bilye ile numunelerin sertliği Brinell cinsinden ölçülmüştür. Sertliğin tam olarak belirlenmesi için numunelerin orta, uç, ara ve arka bölgelerinden sertlik değerleri ölçülmüş ve her bir numuneden toplam 6 adet sertlik değeri alınmıştır. Daha sonra en yüksek ve en küçük sertlik değeri çıkartıldıktan sonra kalan sertliklerin ortalaması alınarak numunelerin ortalama sertlik değerleri bulunmuştur.

5.5. Üç Noktalı Eğme Deneyi (Transverse Rupture Strength)

Numunelerin eğilme mukavemeti üç noktalı eğme deneyi ile ölçülmüştür. Bu deneyde kullanılan eğme deneyi universal deney makinesi ile ASTM B 528-83a standardına göre Şekil 5.3’de gösterilen özel aparat yapılarak numunelerin eğilme dayanımları ölçülmüştür. Kırılma tokluğu ise aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma = (3 \times P \times L) / (2 \times t^2 \times w)$$

Bu denklemde:

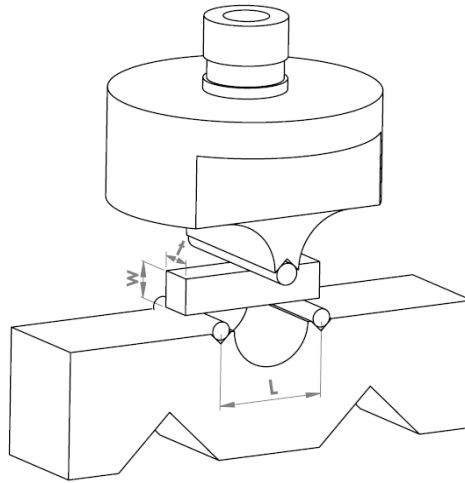
σ : Eğilme mukavemeti (N/mm²)

P: Kırılmadan önceki yük (N)

L: Destek noktaları arasındaki mesafe (mm)

w: Numune yüksekliği (mm)

t: Numune kalınlığı (mm)



Şekil 5.3. Üç noktalı eğme deneyinin şematik görünümü

5.6. Elektron Mikroskobu Çalışmaları

Hazırlanan numunelerin mikro yapılarının nasıl olduğu ve sinterleme işlemlerinin yapılmasında ne ölçüde başarılı olunduğunu anlayabilmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu ile çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca alaşımlama işlemlerinin tam olarak yapıp yapılamadığını anlayabilmek amacıyla da noktasal analiz (EDS) çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

5.7. X-Işını Kırınımı İncelemeleri

Farklı içerikli üretilen numunelerin üç farklı sıcaklıkta sinterlenmeleri sonucunda numunelerde meydana gelebilecek faz yapılarını anlamak amacıyla Bilgisayar Kontrollü X-Işınları Difraktometresi kullanılarak X-ışını kırınımı çalışmaları yapılmıştır.

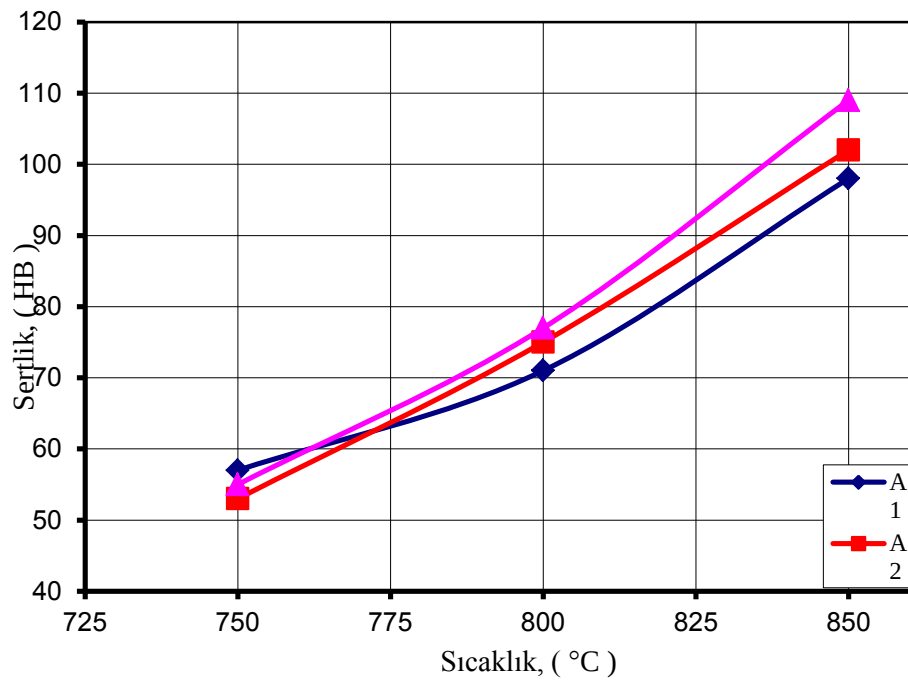


6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ele alınarak değerlendirilecek ve her ulaşılan sonuç irdelenerek nedenler ortaya konulacaktır. İlk olarak üretilen alaşımların sertlik ölçüm sonuçları değerlendirilip sırasıyla bunu diğerleri takip edecektir.

6.1. Sertlik Ölçümü Sonuçları

Sıcak presleme yoluyla elde edilen numunelerin sertlik ölçümleri yapılmıştır. Tüm numunelerin sertliği Brinell cinsinden ölçülmüştür. Sertliğin tam olarak belirlenmesi için numunelerin çeşitli bölgelerinden sertlik değerleri ölçülmüş ve her bir numuneden en az 6 adet sertlik değeri alınmıştır. Ölçülen sertlik değerlerinin daha sonra ortalaması alınarak numunelerin ortalama sertlik değerleri bulunmuştur. Şekil 6.1’de A1 (80Bronz-20Cu), A2 (80Bronz-15Cu-5Ni), A3 (80Bronz-10Cu-10Ni) numunelerine ait sinterleme sıcaklığına bağlı sertlik ölçüm sonuçları grafiği görülmektedir.

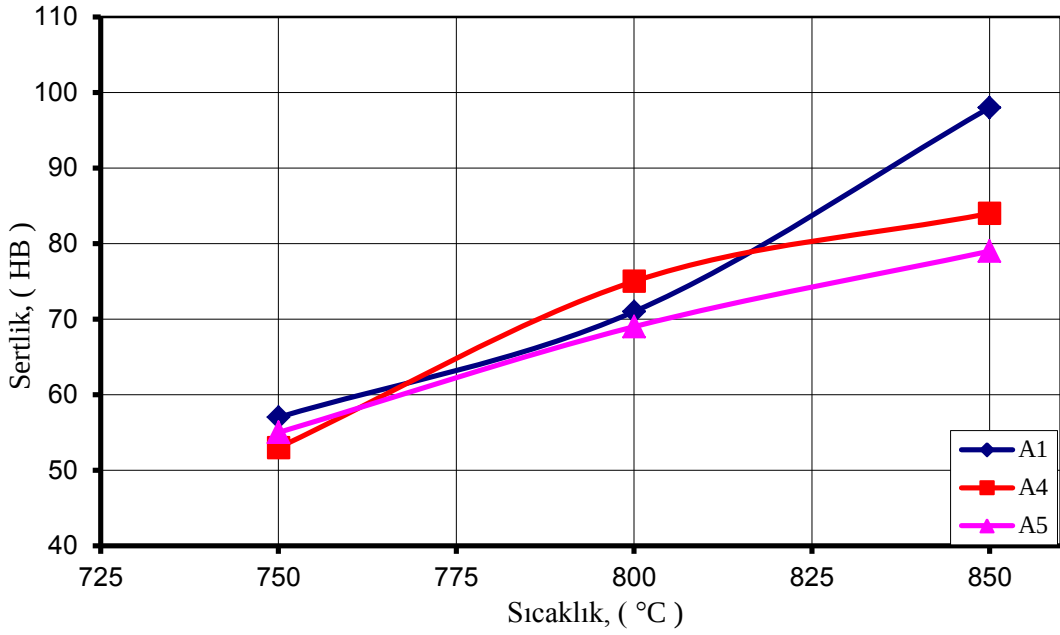


Şekil 6.1. Sinterleme sıcaklığına bağlı sertlik ölçüm sonuçları (HB)

Grafikten görüleceği gibi sinterleme sıcaklığının artışı ile referans numuneye göre %5 Ni ilaveli numunenin sertlik değerlerinde artışlar olmuştur. 750°C sinterlenmiş numunelerin sertlik değerleri birbirine çok yakın ve ortalama 55 HB değerindedir. 800°C sinterlenmiş numunelerin sertlik değerleri ise birbirine göre biraz yükselerek devam etmekte ancak % 15 Cu içerikli numunenin sertlik değeri biraz düşmektedir. 850°C sinterleme sıcaklığında sinterlenmiş numunelerin sertlikleri en yüksek değere, yani 110 HB değerine ulaşmıştır. Ancak % 15 bakır içerikli numunenin sertlik değeri diğer iki numuneye göre biraz düşük kalmıştır. Bunun sebebi alaşımdaki bakır oranının yüksek olmasına bağlı olup sonuç normal ve beklenildiği gibidir.

Şekil 6.2’de A1 (80Bronz-20Cu), A4 (80Bronz-15Cu-5Ni), A5 (80Bronz-10Cu-10Al) numunelerine ait sertlik ölçüm sonuçları görülmektedir. Bu numuneler %5-10 oranında Al ihtiva etmektedirler. Grafikten de görüleceği gibi 750°C’de sinterlenen numunelerin sertlikleri birbirine yakın olmasına karşın, sinterleme sıcaklığı yükseldikçe numunelerin sertlik değerlerinde de belirgin düşüşler görülmektedir. 750°C’de sinterlenen numunelerin sertliği ortalama 56 HB değerinde iken 800°C’de sinterlenen numunelerin sertliği ortalama 72 HB’e ulaştığı görülmektedir. Bundan sonraki sıcaklıklarda örneğin, 850°C’de sinterlenen numunelerin ortalama sertliği referans numuneye göre düşmekte ve A4 numunesinin sertliği 84 HB civarında iken A5 numunesinin sertliği 79 HB civarında kalmaktadır.

Bu numunelerden alınan sonuçlar yukarıda bahsedilen nikel ilaveli numunelerle karşılaştırıldığında, Al ilavesinin alaşımların sertliklerinde düşüşlere sebep olduğu anlaşılmaktadır. Bunun sebebinin alaşıma katılan Al elementinin sinterleme sıcaklığında alaşım içerisinde çözünerek alaşımın mukavemet değerlerine gerekli katkıyı sağlayamadığı ve bu sebepten dolayı da sertlik değerlerinin nikel ilavesiz numunelere göre daha düşük kaldığı anlaşılmıştır.



Şekil 6.2. Sinterleme sıcaklığına bağlı sertlik ölçüm sonuçları (HB)

6.2. Üç Noktalı Eğme Deneyi Sonuçları

Numunelerin enine kırılma mukavemetleri, üç noktalı eğme deneyi (three point bending) ile ölçülmüştür. Bu deneylerde ASTM B 528-83a standardına göre imal edilen özel aparat kullanılmıştır (Şekil 3.5). Eğilme mukavemeti ise aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

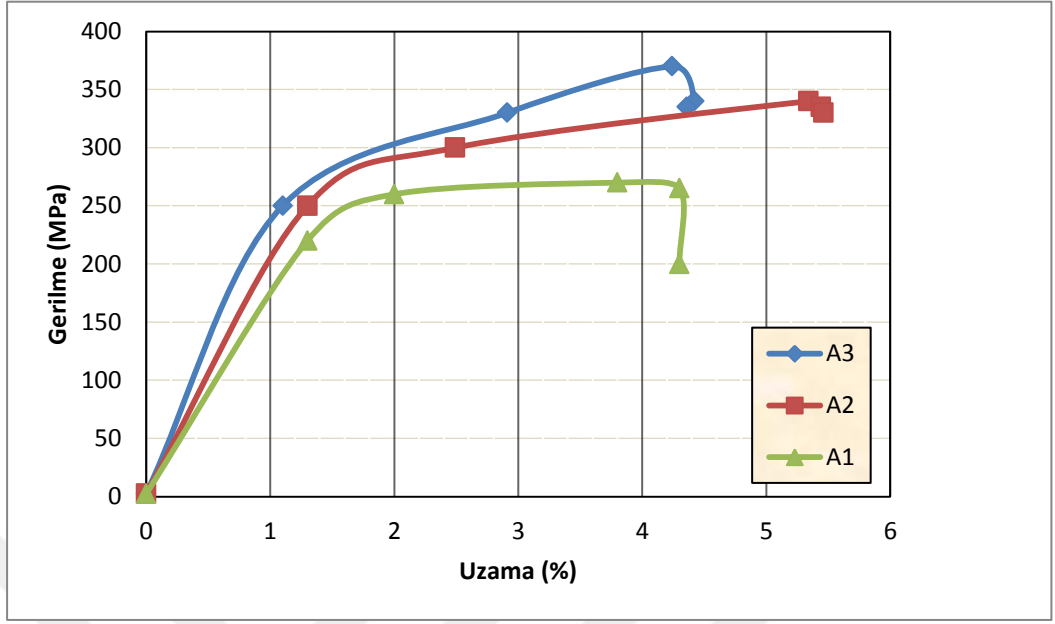
$$\sigma = (3 \times P \times L) / (2 \times t^2 \times w)$$

Bu denklemde, σ : Eğilme mukavemeti, P: Kırılmadan önceki yük, L: Destek noktaları arasındaki mesafe, w: Numune yüksekliği, t: Numune kalınlığıdır.

Bu çalışmada yapılan eğme deneylerinin tamamı 50.000 N kapasiteli ve bilgisayar kontrollü universal deney makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Deney sonuç grafikleri universal makineden alınan orijinal grafiklerdir.

6.3. A1, A2, A3 Serisi Numunelerin Eğme Deneyleri

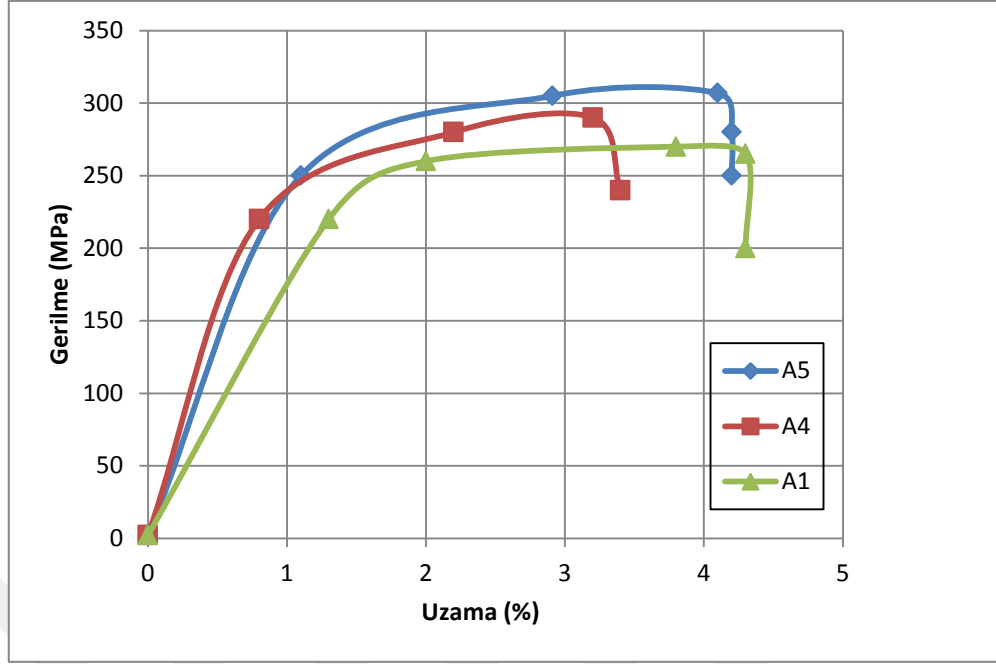
Şekil 6.3’de 750 °C’de sinterlenerek üretilmiş A1 (80BR-20Cu), A2 (80BR-15Cu-5Ni), A3 (80BR-10Cu-10Ni) numunelerine ait eğilme mukavemeti sonuçları grafiği görülmektedir. Grafiğe bakıldığında tüm numunelerin farklı yüklerde kırıldığı ancak % uzama değerlerinin numunedeki bakır ve nikel oranına göre değiştiği görülmektedir.



Şekil 6.3. A1, A2, A3 grubu numunelerin eğilme mukavemeti sonuçları (750°C)

Çünkü bakır sünek bir malzemedir ve numunenin sünekliğini de artırmıştır. Her üç numunenin de eğilme mukavemeti yaklaşık bir farkla A3 numunesi 375; A2 numunesi 340; A1 numunesi 260 MPa çıkmıştır. Uzamaları ise A1 numunesi %4,4; A2 numunesi %5,6; A3 numunesi %4,4 çıkmıştır.

Çıkan sonuçlardan anlaşılabileceği gibi A1 nolu alaşıma Ni ilavesi alaşımın mukavemetini artırmıştır. Ni katkı oranının artmasıyla mukavemetteki artış sürmüştür ancak alaşımın uzama değeri düşmüştür. Bunun sebebi mukavemetteki yükselme oranıdır.



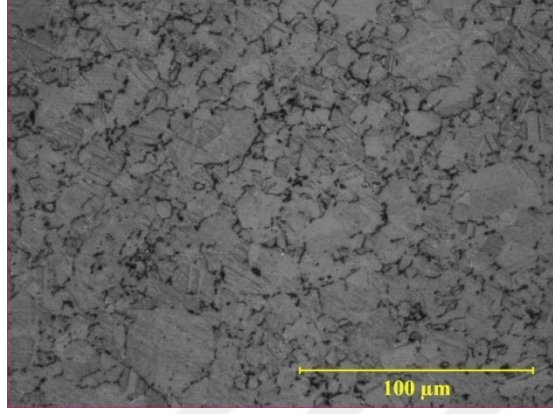
Şekil 6.4. A1, A4, A5 grubu numunelerin 750 °C’de eğilme mukavemeti sonuçları

Şekil 6.4’da 750°C’de sinterlenerek elde edilen A1 (80BR-20Cu), A4 (80BR-15Cu-5Al), A5 (80BR-10Cu-10Al) numunelerine ait eğilme mukavemeti sonuçları grafiği görülmektedir. Bu grafikten görüldüğü gibi referans alaşımın mukavemet değeri 240 MPa iken referans malzemeye % 5 Al ilavesi alaşımın mukavemetini düşürmüş uzamasını artırmıştır. Referans numunede Al oranının % 10’a çıkması alaşımın uzamasını daha çok artırmıştır. A5 numunesinin mukavemet değerlerinde A4 numunesine göre çok fazla bir değişme olmamıştır.

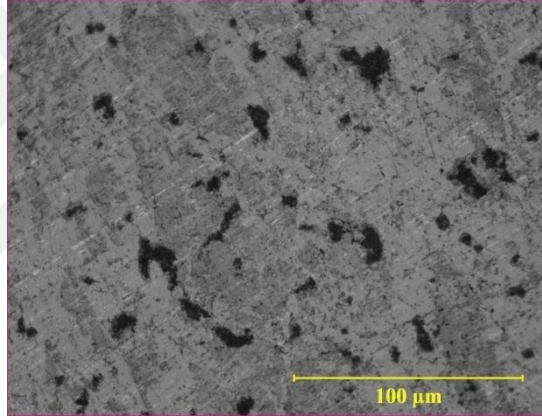
6.4. Numunelerin Mikroyapı İncelemeleri

Numunelerin mikro yapılarını incelemek amacıyla öncelikle numuneler 200, 500, 1000 ve 1200 mesh’lik aşındırıcılar ile yüzeyleri düzgün hale getirildi. Daha sonra çuha ile sırasıyla 3 ve 1 mikronluk elmas pastalarla numunelerin yüzeyi parlatıldı. Parlatılan numune yüzeyleri alkol ile kirlerden temizlendi. Daha sonra yüzey uygun dağlayıcılar ile dağlanarak mikro yapı fotoğrafları için hazır hale getirildi.

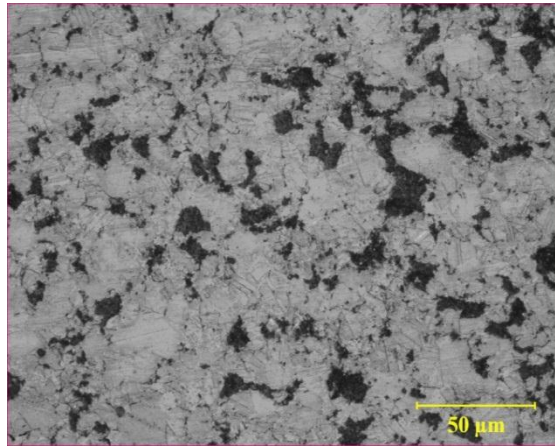
Şekil 6.5’da 750°C’de sinterlenerek elde edilen A1, A2, A3 numunelerinin resimleri görülmektedir.



A1 (80BR-20 Cu)



A2 (80BR-15 Cu-5Ni)

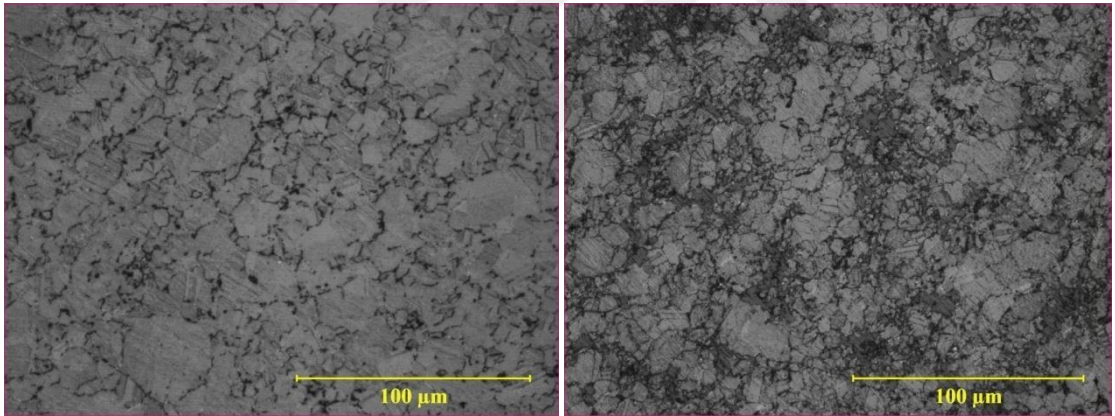


A3 (80BR-1105Cu-10Ni)

Şekil 6.5. A1, A2, A3 grubu numunelerin 750°C’de sinterlenmiş görüntüleri

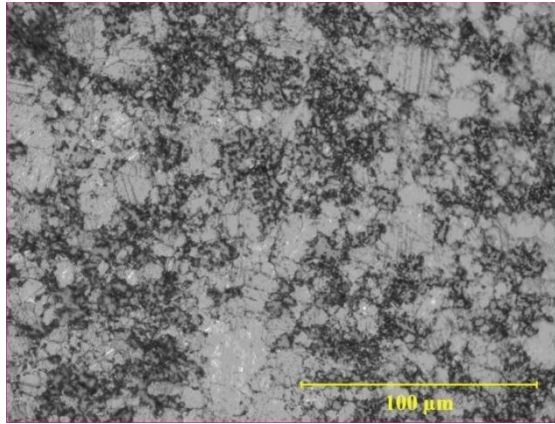
Resimlere bakıldığında A1 nolu referans numunede Cu elementinin bronz alaşımı ara yerlerinde yer aldığı ve yapıda düzgün olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. A2 numunesinin mikroyapı fotoğrafına bakıldığında referans numunenin görüntüsü yanında alaşıma ilave edilen %5 oranındaki nikelin varlığı dikkati çekmektedir. Bu mikroyapı görünümünde nikel siyah benekler şeklinde görülmektedir. A3 numunesi fotoğrafına bakıldığında alaşımdaki nikel oranının artışıyla birlikte nikel olarak kendini gösteren siyah küçük alanlardaki beneklerin büyüklüğünde de artışlar olduğu görülmektedir.

Şekil 6.6'de 750°C'de sinterlenmiş A1(referans), A4, A5 grubu numunelerin resimleri görülmektedir. Resimlerden, alüminyum katkısının yapıda homojen bir şekilde dağıldığı Ayrıca sinterleme sıcaklığının artması nedeniyle bu yapının daha mükemmel bir hal aldığı anlaşılmaktadır. A1 referans numunesine ilave edilen %5 Al' nin Ni ilaveli alaşımlara göre yapı içerisinde belirgin bir şekilde durmadığı mikroyapı resimlerinden görülmektedir.



A1 (80BR-20 Cu)

A4 (80BR-15 Cu-5Al)



A5 (80BR-10Cu-10Al)

Şekil 6.6. A1, A4, A5 grubu numunelerin 750°C'de sinterlenmiş görüntüleri

6.5. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) ve EDX Çalışmaları

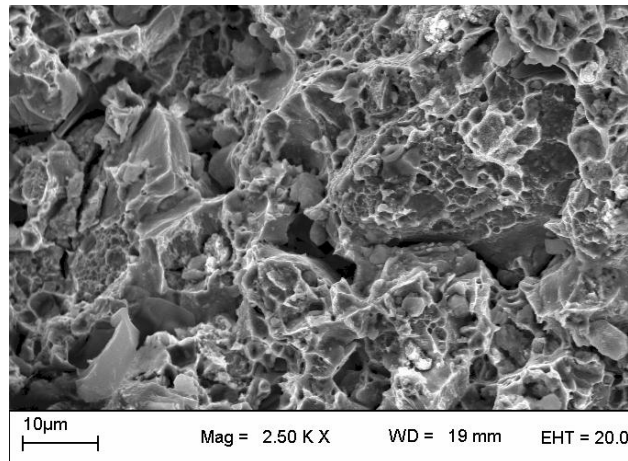
Deneylerde kullanılan tüm numuneler toz metaden sinterleme yöntemiyle üretildiği için üç noktalı eğme esnasında kırılan numunelerin kırık yüzeyleri sinterleme işleminin iyi yapıp yapılmadığı hakkında önemli fikirler verebilir. Bu nedenle her numunenin kırılan yüzeylerinin yakından incelenmesinde önemli yararlar elde edilecektir.

6.6. Kırık Yüzey İncelemeleri

Üç noktalı eğme deneyleri sonucu kırılan elmas katkılı ve elmas katkısız numunelerin kırık yüzeyleri SEM ile incelenmiştir. Elmas içermeyen numunelerin kırık yüzeyleri metal tozlarının birbirine ne derece difüze olduğunu anlamak amacıyla yapılmıştır. Elmas katkılı numunelerde ise kırık yüzeyler alaşıma katılan elmasların matrise ne şekilde tutunabildiği ve kırılma esnasında elmasların durumu hakkında bilgi edinebilmek amacıyla yapılmıştır.

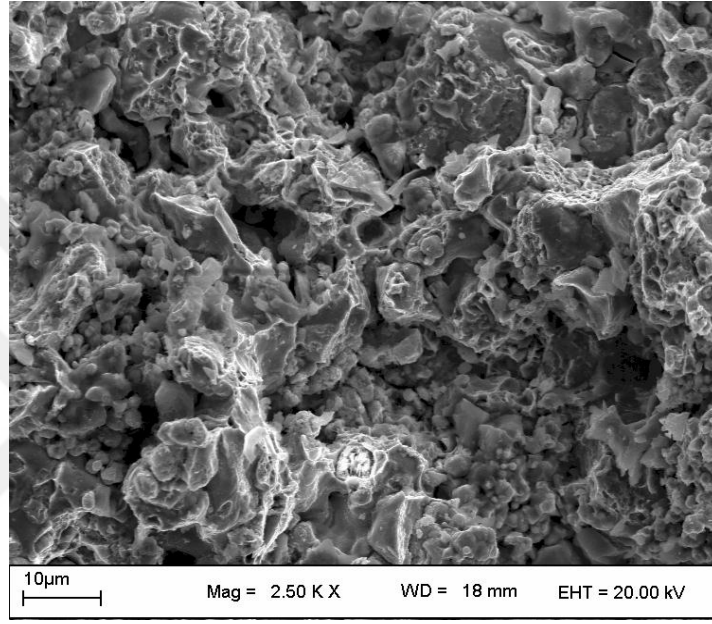
6.6.1. Elmas içermeyen numunelerin Kırık Yüzey İncelemeleri

Şekil 6.7’de 80BR-20Cu toz karışımından meydana gelen 800°C’de sinterlenen A1 referans numunesinin kırık yüzey görüntüsü yer almaktadır. Resime bakıldığında yüzeyin bazı kısımlarında süngerimsi bir yapıya benzeyen sünek kırılma olduğu anlaşılmaktadır. Ancak bazı kısımlarda da gevrek kırılmanın yer aldığı gözlenmektedir. Kırık yüzey üzerinde bazı çatlakların yer alması da gevrek kırılmanın olduğuna dair ipuçları vermektedir.



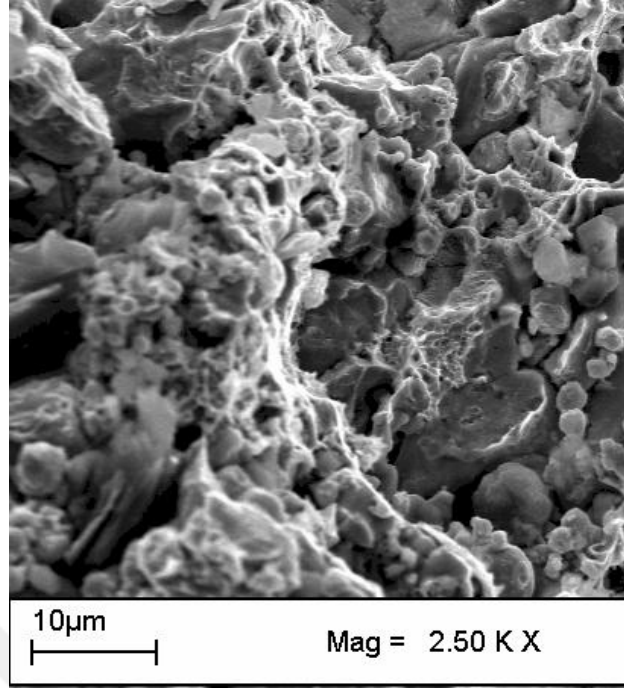
Şekil 6.7. 750°C’de sinterlenmiş A1 numunesinin kırık yüzey görüntüsü

Şekil 6.8’de 80 BR-15Cu-5Ni toz karışımından meydana gelen 800°C’de sinterlenen A2 alaşımının kırık yüzey görüntüsü yer almaktadır. Yüzeyin bazı kısımlarında sünek kırılmaya benzeyen bir görünüm hakim olurken bazı kısımlarında da taneli bir yapı gözlenmektedir. Bir önceki numunede yer alan gevrek kırılma bölgelerine bu alaşımda rastlanılmamaktadır. Ancak yüzeyin bazı kısımlarının taneli görünümü gevrek kırılmanın da olduğuna bir işarettir.



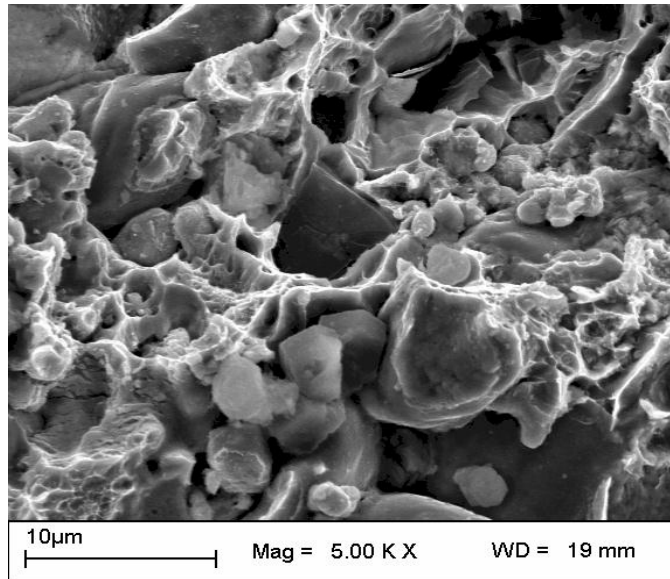
Şekil 6.8. 750°C’de sinterlenmiş A2 numunesinin kırık yüzey görüntüsü

Şekil 6.9’de 80BR-10Cu-10Ni metal tozu karışımından meydana gelen 800°C’de sinterlenen A3 alaşımının kırık yüzey görüntüsü yer almaktadır. %10 Ni ilaveli A3 numunesinin kırık yüzeyine bakıldığında bazı yerlerde sünek kırılmanın olduğu bazı yerlerde ise gevrek kırılma olduğu anlaşılmaktadır. Sünek kırılma olan yerler genelde Ni ve Cu elementinin bulunduğu yerlerdir ve dalgalı çizgisel bir görünüme sahiptir. Gevrek kırılma olan yerler ise genellikle BR(bronz 85/15) taneciklerinin bulunduğu yerlerdir ve taneli bir görünüme sahiptir. Bu görünümünden, alaşıma ilave edilen %10 Ni elementinin alaşımın sünekliğinde bir artışa sebep olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 6.9. 850°C’de sinterlenmiş A3 numunesinin kırık yüzey görüntüsü

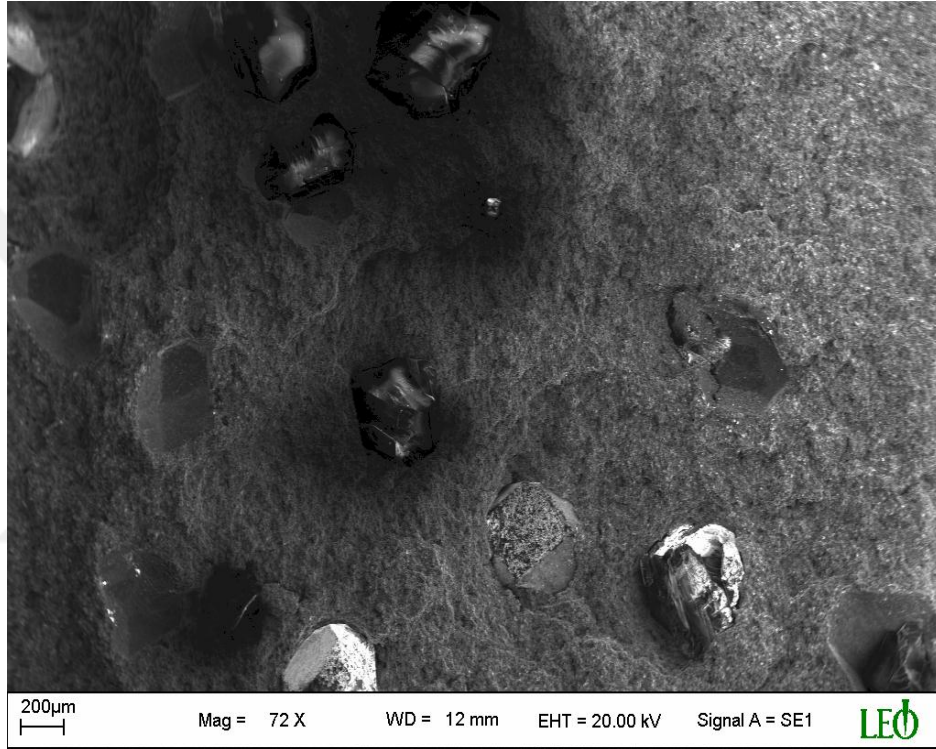
Şekil 6.10. referans numuneye belirli oranlarda ilave edilen alüminyum içerikli alaşımın kırık yüzeyini göstermektedir. Bu numune A4(80 BR-15Cu-5Al) numunesi olup % 5 oranında Al içermektedir. Alaşıma ilave edilen alüminyumun sünek kırılmayı azalttığı, Ni ilavesine göre beklendiği gibi sünek kırılmayı artırmadığı gözlenmiştir. Aksine gevrek kırılmayı daha çok artırdığı kırık yüzey görünümünden anlaşılmaktadır.



Şekil 6.10. 850°C’de sinterlenmiş A4 numunesinin kırık yüzey görüntüsü

6.6.2. Elmas Katkılı Numunelerin Kırık Yüzey İncelemeleri

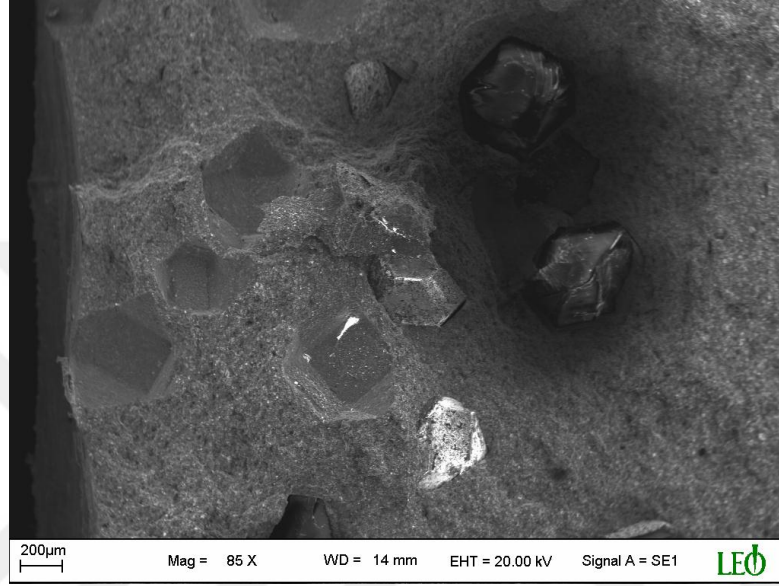
850°C’de sinterlenen A1 alaşımının elmaslı kırık yüzey görüntüleri Şekil 6.11’de yer almaktadır. Görüntülerden elmas taneciklerinin matris içerisinde yaklaşık olarak düzgün bir şekilde dağıldığı, bazılarının yerinden koparak ayrıldıkları, bazılarının da yerlerinde kaldığı anlaşılmaktadır. Bu resim elmas taneciklerinin matrise çok iyi tutunamadıklarını göstermektedir. Çünkü matris ile elmas tanecikleri ara yüzeyinde mikron düzeyinde ayrılmaların olduğu anlaşılmaktadır.



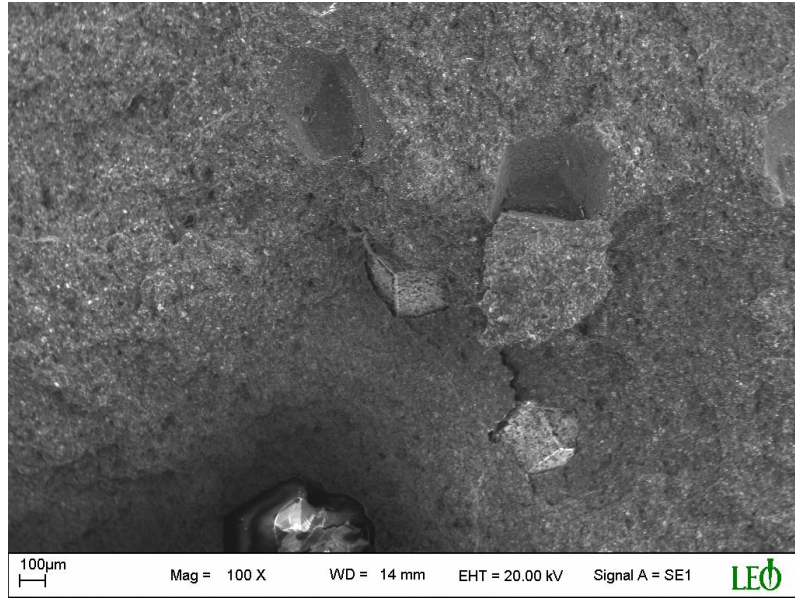
Şekil 6.11. 850°C’de sinterlenmiş A1 numunesinin elmaslı kırık yüzey görüntüsü

Şekil 6.12’de 850°C’de sinterlenen A2 alaşımının elmaslı kırık yüzey görüntüleri yer almaktadır. Görüntülerden elmas taneciklerinin matrise A1 alaşımına göre daha iyi tutundukları söylenebilir. Çünkü takımların kırılması esnasında elmas tanecikleri yerinden kolayca koparak çıkmamış aksine elmas taneciği yerinde kalırken bizzat tanecik kırılarak bir kısmı matris içerisinde kalmıştır (Şekil 6.12a). Aynı zamanda başka bir elmas taneciği matris içinde kalırken dışarıda kalan yüzeyi düzgün olmayıp pürüzlü bir görünüme sahiptir.

Bu pürüzlerin, kırılma esnasında elmasın yüzeyine yapışarak elması kolayca bırakmayan metal kalıntısı olduğu dolayesiyle matris-elmas ara yüzeyinde iyi bir bağ oluştuğu anlaşılmaktadır. Buna başka bir delil de Şekil 6.12b’de kırılan bir elmas taneciğinin küçük parçacıklarının matrise yapışık kaldığı gösterilebilir. Bu açıklamalardan gidilerek,



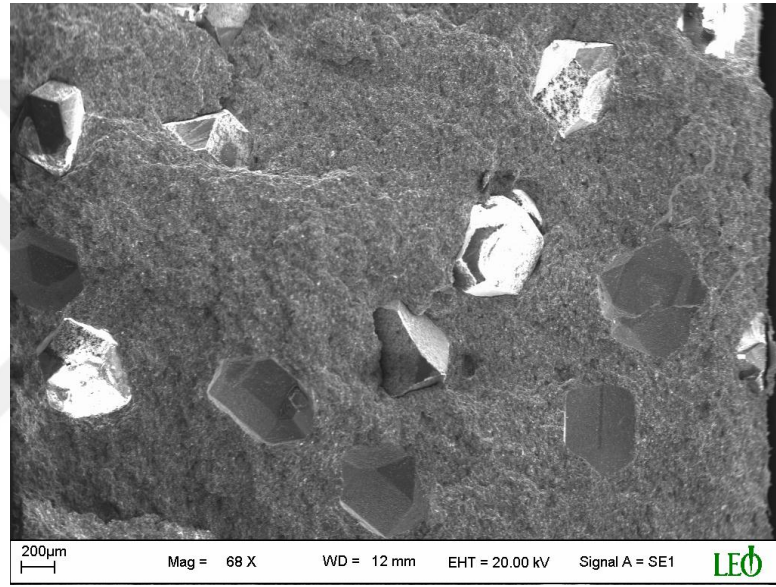
a)



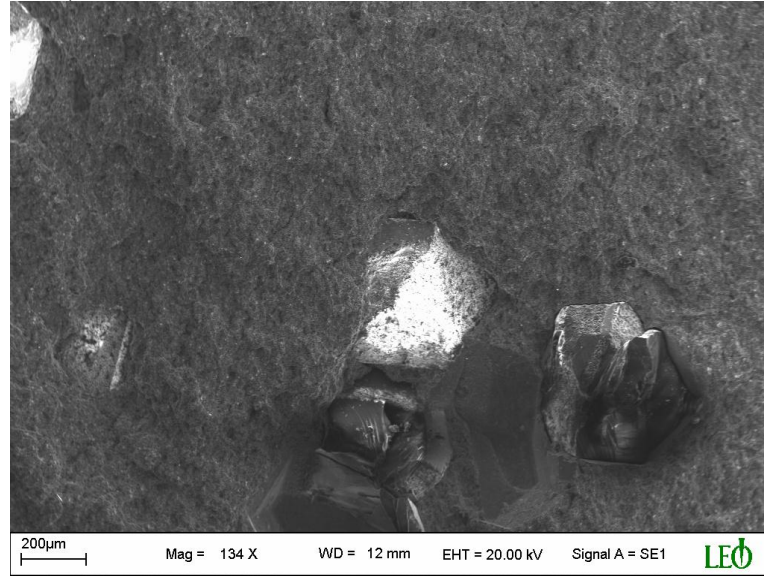
b)

Şekil 6.12. 850°C’de sinterlenmiş D3 numunesinin elmaslı kırık yüzey görüntüsü

Şekil 6.13’de 850°C’de sinterlenen A3 alaşımının elmaslı kırık yüzey görüntüleri yer almaktadır. A3 alaşımı, A3 alaşımına %10 Ni ilave edilmesiyle elde edilmiştir. Şekil 6.13a’daki görüntüde bazı elmas taneciklerinin matris içine iyice gömülmüş halde iken bazıları da en az yarısına kadar matris içerisinde yer alıp matristen kopmamıştır. Bazı elmas taneciklerinin ise matrise tutunan çok az bir kısmının kalması nedeniyle matristen koparak ayrıldıkları görülmektedir. Şekil 6.13b’de ise bazı elmas taneciklerinin kırılma esnasında yerinde kalırken bazılarının da kırılarak bir kısmının matris içerisinde kaldığı görülmektedir. Bütün bunlardan alaşıma katılan nikel elementinin, matrisin elmas tutunumuna katkı sağladığı anlaşılmaktadır.



a)



b)

Şekil 6.13. 850°C’de sinterlenmiş E3 numunesinin elmaslı kırık yüzey görüntüsü

SONUÇ ve ÖNERİLER

Elmaslı Kesici Takımlara farklı oranlarda nikel(Ni) ve alüminyum(Al) ilave edilerek elde edilen ve sıcak presleme yöntemi kullanılarak üretilen doğal taş kesici takımları üzerinde yapılan çalışmalarda aşağıdaki bilgi, bulgu ve sonuçlara ulaşılmıştır.

1. A1(80BR-20Cu), A2(80BR-15Cu-5Ni), A3(80BR-10Cu-10Ni) grubu numunelerin, 750, 800, 850°C’de sinterlenmesiyle elde edilen üç çeşit alaşımın sertliklerinin birbirlerinden farklı değerlerde çıktığı görülmüştür.
2. A1(80BR-20Cu) numunesine belirli oranlarda alüminyum ilavesiyle elde edilen A2(80BR-15Cu-5Al), A3(80BR-10Cu-10Al) grubu numunelerin, 750, 800, 850°C’de sinterlenmesiyle elde edilen üç çeşit alaşımın sertliklerinin birbirlerine yakın değerlerde olduğu anlaşılmıştır.
3. A1, numunesine belirli oranlarda Ni ilave edilerek üretilen A2, A3 grubu alaşımların sertlik ölçümleri diğer Al katkılı alaşımlardan daha yüksek çıkmıştır. Numunelere Ni katkısı alaşımın sertliğine olumlu etki yapmış, yükseltmiş ve mukavemetinin artmasını sağlamıştır.
4. Aynı basınç altında sinterlenen numunelerin yoğunluklarının ölçülmesi sonucunda, en düşük sinterleme sıcaklığında numuneler en düşük yoğunlukta, en yüksek sinterleme sıcaklığında ise en yüksek numune yoğunluğuna ulaşmıştır.
5. Numunelerin kırılma mukavemetlerinin anlaşılması amacıyla yapılan üç noktalı eğme deneylerinde (three point bending); Büyük oranda Ni ilavesinin alaşımın kırılma mukavemetini artırdığı görülmüştür.
6. Alaşıma Al ilavesinin mukavemeti düşürdüğü ve uzamayı artırdığı tespit edilmiştir.
7. Ni içerikli A2, A3 grubu numunelerin üç noktalı eğme deneylerinde diğer grup numunelere göre en yüksek enine kırılma mukavemeti değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere alaşımın sinterleme sıcaklığının yükselmesi ve alaşımdaki Ni oranının da artması sonucu ulaşılmıştır. Yani alaşıma katılan Ni elementi alaşımın mekanik özelliklerine olumlu katkı yapmıştır.

8. Numunelerin tamamının optik mikroskopla yapılan mikroyapı incelemelerinde 750°C’de sinterlenen numunelerin porozitenin yüksek olduğu anlaşılmış ve sinterleme sıcaklığının artmasıyla özellikle 850°C’de sinterlenen numunelerde porozite çok büyük oranda azalmış ve katkı elementleri taneler arasında daha mükemmel yayıldığı gözlenmiştir.
9. Alaşıma ilave edilen Ni elementinin yapı içerisinde çok mükemmel bir şekilde dağıldığı ve diğer toz taneleriyle daha iyi bir şekilde kaynaştığı anlaşılmıştır.
10. Sinterleme sıcaklığının artmasıyla tüm toz tanelerinin birbirleriyle daha iyi bir şekilde bağlandıkları tespit edilmiştir.
11. Elmas taneciği katılmamış numunelerin kırılma yüzeylerinin incelenmesinden numunelerde gevrek ama daha çok sünek kırılmaların meydana geldiği, alaşım katkı elemanlarının artmasıyla gevrek kırılmanın da arttığı anlaşılmıştır.
12. Sinterleme sıcaklığının yükselmesiyle gevrek kırılma da artmıştır.
13. Elmas Katkılı Numunelerin Kırık Yüzey İncelemelerinden, elmas taneciklerinin kırılma esnasında bir kısmının kırık yüzeyde kalması nedeniyle Ni katkılı alaşımlarda matrise güçlü ve iyi bir şekilde tutunduğu anlaşılmıştır. En zayıf tutunmanın ise, kırık yüzeyde elmas taneciklerinin kırılmadan kalması ve yerlerinden bütün olarak çıkmaları nedeniyle katkısız alaşımlarda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1]**Akyüz D.A.**, 1996, Metal/diamond interaction in diamond tools with cobalt-based binder, a literature overview. An introduction to powder metallurgy for diamond-tool manufacturers. IST Ltd. & ASM Int., Lecture 3, Lausanne, Switzerland, 25-27
- [2]**Akyüz, D.A.**, Hofmann H., 1998, Interface aspects in cobalt-based diamond cutting tool segments, Proc. 1998 PM World Congress & Exhibition, vol. 4, Granada, Spain, October 18-22, 158-163.
- [3]**Akyüz D.A., Streit P., Hofmann H., Peersman J.**, 1997, Microstructural development in fine cobalt powders during hot pressing. Proc. International Conference on Powder Metallurgy & Particulate Materials, Chicago, Illinois, USA, 3-51
- [4]**Bailey M.W., Collin W.D.**, 1977, Investigations into diamond sawing using Titanized grits. Stone Industries, 18-21
- [5]**Berghezan A., Beukenliout L.**,1981, A critical review of the ductility of polycrystalline cobalt and its experimental approach via powder metallurgy. Proceedings of the International Conference on Cobalt, Brussels, Belgium, vol 2, Metallurgy and Uses (ATB Metallurgie), 295-307
- [6]**Betteridge W.**, 1982, Cobalt and its alloys. Chichester, Ellis Horwood Limited Publishers, 14-15
- [7]**Blicharski M., Gorczyca S.**, 1980, Rehystalizacja z udziałem drugiej fazy. Katowice, Wydawnictwo Slask 136-150
- [8] **Belling N.G., Dyer HEL**,1964, Impact strength determination of diamond abrasive grit, London, The Industrial Diamond Information Bureau (booklet)
- [9] **Belling N.G.**, 1992, Friatesting and diamond strength: A review. Industrial Diamond Review, No. 3, 133-137

- [10] **Bonneau M.**, 1995, Tensile rupture on sintered cobalt specimens. Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland
- [11] **Bonneau M.**, 1997, Mechanical properties of special ternary alloy bonds compared with cobalt bonds. Proc. Second International Conference PM Diamond Tools, Montreux, Switzerland, 120-125
- [12] **Borse D.**, 1991, Process for treating diamond grains. US Patent No. 5, 035,771
Brauninger G., Hayden S.C., 1995, MBS-960Cr₂ and MBS-960Ti₂ chromium and titanium coated manufactured diamonds for sawing and drilling applications. General Electric Company
- [13] **Buekenhout L., Berghezan A.**, 1981, A new approach to the problem of room temperature ductility of polycrystalline cobalt. 10th Plansee Seminar, Reutte, Austria,, 1-5 June vol. 25 Trends in refractory metals. Hard metals and special materials and their technology, 899-916
- [14] **Bullen, G.J.**, 1975, The effect of temperature and matrix on the strength of synthetic diamond, Industrial Diamond Review, 363-365.
- [15] **Bullen G.J., Bailey M.W.**, 1979, The selection of De Beers SDA diamond abrasives for the stone industry, Proc. IDA Conference, India
- [16] **Bullen G.J., Wright D.N.**, Aspects governing diamond grit selection for stone and concrete applications. De Beers Industrial Diamond Division
- [17] **Burckhardt S.**, 1997, New technique for granulating diamond and metal powders. Industrial Diamond Review, No. 45, 121-122
- [18] **Burgess R.R.**, 1978, Man-made diamond for stone processing, Proc. 1st Technical Symposium, Bucharest, Romania, October 5–6.
- [19] **Büttner A.**, 1974, Diamond tools and stone. Industrial Diamond Review, 89-93
- [20] **Chalkley, J.R. and Thomas, D.M.**, 1969, The tribological aspects of metal-bonded diamond grinding wheels, Powder Metallurgy, vol. 12, No. 24, 582-597.
- [21] **Chen S.H., Sung C.M.**, 1991, Multiple metal coated superabrasives grit and methods for their manufacture. US Patent No. 5, 024,680

- [22] **Clark, B.**, 1996, Cobalt and hard metal, *Advances in Powder Metallurgy & Particulate Materials*, vol. 5, Part 18, 3–7.
- [23] **Clifton P.H., Evans S.**, 1995, XPS studies of diamond/transition-metal interfaces. *Industrial Diamond Review*, No. 1, 26-31
- [24] **Cobalite**, 1997, New times, new solutions, Union Miniere (technical brochure).
- [25] **Cram, A.S.D.**, 1995, Hot isostatic pressing, *Proc. Seminar on PM Diamond Tools*, Lausanne, Switzerland, November 2–3.
- [26] **De Châlus, P.A.**, 1994, Metal powders for optimum grain retention, *Industrial Diamond Review*, No. 4, 170-172.
- [27] **Davis, P.R., Fish, M.L., Peacock, S. and Wright D.N.**, 1996, An indicator system for saw grit, *Industrial Diamond Review*, No. 3, 78-87.
- [28] **De Beers Industrial Diamond Division**, 1989, Properties of diamond.
- [29] **De Beers Industrial Diamond Division**, Machining Stone with diamond tools, *Diamond Information L15*
- [30] **Diamante Applicazioni & Tecnologia**, 1997, Old or new diamonds? No, 9, 63-68.
- [31] **Diamant Boart, S.A.**, 1995, Diamond tools for the stone industry.
- [32] **Diamond tools**, Bodycote Metal Technology (brochure).
- [33] **Diamond tools for the new millennium**, 1995, Marmo Macchine International, No. 9, 376–391.
- [34] **Diamond Tool Production**, Turin, Italy, November, 8–10.
- [35] **Diderrich B., Drapier J.M., Coutsoradis D., Habraken L.**, 1975, Low-alloy ductile cobalt for hardfacing electrodes. *Cobalt*, No. 1, 7-16
- [36] **Dwan J.D.**, 1998, Production of diamond impregnated cutting tools. *Powder Metallurgy*, vol. 41, No. 2, 84-86.
- [37] **Dwan, J.D.**, 1998, HP/HT manufacturing of diamond, www.nantech.ie.
- [38] **Dyer, H.B. and Conradi V.R.**, 1972, Properties of natural Debdust and its use in diamond sawblades, *Industrial Diamond Review*, August, 335-343.

- [39] **EPMA presents 1997 awards**, 1997, Powder Metallurgy, vol. 40, No. 4, 240–241.
- [40] **Fiechter, A.**, 1995, Schneiden und Schweißen mit gepulsten Nd:YAG Laser, Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland,, November, 2-39.
- [41] **Gasik, M.M., Kervinen, Po., Kaskiala, M. and Graf, P.**,1999, In situ sintering studies of cobalt powders for diamond tools, Proc, International Workshop on Diamond Tool Production, Turin, Italy, November 8-10, 107-112.
- [42] **General Electric Company**, 1991, MBS diamond products for sawing and drilling applications
- [43] **General Electric Company**, 1993, The future of diamond characterisation
- [44] **General Electric Company**, 1995, MBS-960 diamond titanium and chromium coated products. (product sheet)
- [45] **German R.M.**, 1985, Liquid phase sintering. New York, Plenum Pres, 114-116
- [46] **Grüneis, H.&T.**, 1998, Sintering and brazing all in one, Industrial Diamond Review, No. 25, 45-47.
- [47] **Hamar-Thibault S., Allibert C.H. and Tillman W.**, 1999, Phase constitution of $\text{Cu}_{77}\text{Sn}_8\text{Ti}_{14}\text{Zr}_1$ as a binder for diamond tools, Proc. International Workshop on Diamond Tool Production, Turin, Italy, November 8-10, 57-64.
- [48] **Hohne, M.**, 1995, Cobalt in diamond tools. Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland, November 2–3.
- [49] **Houska C.R., Averbach B.L., Cohen M.**, 1960, The cobalt transformation. Acta Metallurgies vol. 8, 81-87
- [50] **Hughes, F.H.**, 1980, The early history of diamond tools. Industrial Diamond Review, November, 405–407.
- [51] **J. Chaland & Fils**, Tensioning of a diamond blade, France
- [52] **Jennings M., Wright D.**, 1991, Guidelines for sawing stone. Diamonds in Industry -Stone, De Beers Industrial Diamond Division,, 25-30

- [53] **Ji-Cheng Zhao.** 1999, The fcc/hcp phase equilibria and phase transformation in cobalt based binary system. *Zeitschrift für Metallkunde*, vol. 90, No. 39, 223-232
- [54] **Jones W.D.,** 1960, *Fundamental principles of powder metallurgy.* Edward Arnold Publishers Ltd, London, 806-819
- [55] **Konstanty J.,** 1991, The materials science of stone sawing. *Industrial Diamond Review*, No. 1, 27-31
- [56] **Konstanty J.,** 1993, Hard Tooling. Cobalt is a diamond's best friend. *Cobalt News*, No. 2, 3-5
- [57] **Konstanty J.,** 1996, Diamond Tooling. Stone Cutting. *Cobalt News*, No. 4, 12-17
- [58] **Konstanty J.,** 1996, Hot compacting of extrafine cobalt. *Advances in Powder Metallurgy & Particulate Materials*, MPIF, Princeton, NJ, vol. 2, Part 5, 3-7
- [59] **Konstanty J.,** 1997, Cobalt and diamond tooling. *Proc. The Cobalt Conference*, Hong Kong, Presentation No. 5, 1-10
- [60] **Konstanty, J.,** 1999, Developing a better understanding of the bonding and wear mechanisms involved in using diamond impregnated tools, *Proc. International Workshop on Diamond Tool Production*, Turin, Italy, November 8-10, 97-106.
- [61] **Konstanty J., Bunsch A.,** 1991, Hot pressing of cobalt powders. *Powder Metallurgy*, vol. 34, No. 39 195-198
- [62] **Konstanty J., Bunsch A., Cias A.,** 1991, Factors affecting hardness and ductility of hot-pressed cobalt powders. *Powder Metallurgy International*, vol. 233 No. 65 354-356
- [63] **Levin, E. and Gutmanas E.Y.,** 1990, Solid-state bonding of diamond to Nichrome and Co-20 wt % W alloys, *Journal of Materials Science Letters*, vol. 9, No. 6, 726-730.

- [64] **Lundblad, H.**, 1990, Swedish synthetic diamond scooped the world 37 years ago. Indiaqua, No. 55 /1 17–23.
- Kennametal Inc., 1989, Matrix powders for diamond tools, Latrobe, PA, USA
- [65] **Mamalis A.G., Schuize R., Tonshoff A.K.**, 1979, The slotting of blocks of hard rock with a diamond segmented circular sawblade. Industrial Diamond Review, 356-365
- [66] **Massalski T.B. (Ed.)**, 1990, Binary alloy phase diagrams. 2nd Edition, vol. 2. ASM International 1181-1183, 1233
- [67] **Mo Baert.**, 1995, Coating of diamonds and granulation of metal powders. Proc. Seminar on PM Diamond Toolss Lausanne, Switzerland
- [68] **Musu-Coman M, Fecoru M., Baluta G., Amid N.**, 1998, Surface processing of ultrahard materials used for embedding in resin or metallic matrices. Proc. 1998 PM World Congress & Exhibition, Granada, Spain, vol. 4, 234-239
- [69] **Ojeda, R.G., del Villar, M., Muro, P., Iturriza, L. and Castro, F.**, 1998, Densification of diamond tools with Co, Ni and Fe based metallic binders, Proc. PM World Congress & Exhibition, Granada, Spain, vol. 49, 481–486.
- [70] **Oishi, M.**, 1979, Prospects for cobalt demand. Cobalt News 5 January 11–14.
- [71] **Pratt W.R.**, 1973, Tension of diamond sawblades. Proc. 2nd DWMIT Technical Symposium Sawing and Grinding with Diamond Wheels, Chicago, USA, S9/1-4
- [72] **Reed J.R.**, 1973, Applying metal bond diamond blades - art or science. Industrial Diamond Review, 291-296
- [73] **Rigby P., Peersman J., Kamphuis B.J., Huh S., Mishra P.**, 2000, Recent developments in bond powders for diamond tools. Union Miniere
- [74] **Rimlieger, S.**, 1999, Cobalt and cobalt-containing binders for the diamond tools industry, Proc. The Cobalt Conference, London, England, May 26–27, 1/6–6/6.

- [75] **Salak A.**, 1980, Manganese sublimation and carbon ferromanganese liquid phase formation during sintering of premixed manganese steels. The International Journal of Powder Metallurgy & Powder Technology, vol. 16, No. 45 369-378
- [76] **Samvelion, R.V. and Manoukion, N.V.**, 1995, Extrusion for diamond tool production, Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland, November 2–3.
- [77] **Schmid, H.G.**, 1995, Diamond tool production using the DIAPLATE process. Proc. Seminar on PM Diamond Tools, Lausanne, Switzerland, November, 2-3.
- [78] **Scott, P.M., Nicholas, M. and Dewar, B.**, 1975, The wetting and bonding of diamonds by copper-base binary alloys, Journal of Material Science, No. 10, 1833-1840.
- [79] **Stachowiak G.W., Batchelor A.W.**, 1993, Engineering tribology. Tribology series 24, Elsevier Amsterdam - London - New York - Tokyo, 557-60
- [80] **Swalin R.A.**, 1962, Thermodynamics of solids. New York - London, John Wiley & Sons Inc., 72-90
- [81] **Thakur UN.**, 1985, The role of metal powders in manufacturing diamond tools. Proc. Superabrasives'85, Chicago, Illinois, USAS April 22-25, MR85-307.
- [82] **The metallurgy of diamond tools**, 1985, Industrial Diamond Review, No. 5, 248-250.
- [83] **Tillmann, W.**, 1999, Trends and market perspectives for diamond tools in the construction industry. Proc European Conference on Advances in Hard Materials Production, Turin, Italy, November 8-10, 3-14.
- [84] **Tokura H., Yoshikawa M.**, 1989, Heat treatment of diamond grains for bonding strength improvement. Journal of Materials Science, No. 24, 2231-2238
- [85] **Tuzzeo, J.J., Bovenkerk, H.P. and Ratterman E.**, 1999, Effective utilization of synthetic diamond in high temperature metal bonds, General Electric Company.

- [86] **Union Miniere**, 2008, Metal matrix powders for diamond tools. Diamond Tool Brochure - DT/All Products
- [87] **Van Doorslaer T.**, 1999, Coating of abrasive grains and the granulation of metal powders. Proc. International Workshop on Diamond Tool Production, Turin, Italy, 83-88
- [88] **Walker R.D., Wood M.G.**, 1973, Granite sawing techniques. Diamonds In Industry -Stone, De Beers Industrial Diamond Division, 43-46
- [89] **Webb S. W.**, 1999, Diamond retention in sintered cobalt bonds for stone cutting and drilling. Diamond and Related Materials, No. 8, 2043-2052
- [90] **Weber G.**, 1991, Laser welding of diamond tools. Industrial Diamond Review, No. 3, 126-128
- [91] **Weber G.**, 1999, A new process for diamond tool producers. Proc. international Workshop on Diamond Tool Production, Turin, Italy, 73-82
- [92] **Weber, G. and Burckhardt, S.**, 1999, New laser welding machine for diamond sawblade manufacture, Industrial Diamond Review, No. 2, 88-89.
- [93] **The Westaim Corporation**, 1996, Hot press properties. Fine cobalt powders
- [94] **Wright D.N.**, 1988, The prediction of diamond wear in the sawing of stone. Advances in Ultrahard Materials Application Technology, (Ed.) P. Daniels De Beers Industrial Diamond division, vol. 4, ,47-60
- [95] **Wright D.N., Ford G.**, 1982, The truing and dressing of diamond sawblades Chemistry and Materials Science, Vol 2, No 2 , 126-155
- [96] **Wright D.N., Wapler H.**, 1986, Investigations and prediction of diamond wear when sawing. Annals of the CIRP, vol. 35, No. 1, 239-244
- [97] **Young, B.**, 1999, The graphitisation of diamond during the manufacture of diamond tools, Diamond Information L2, De Beers Industrial Diamond Division.
- [98] **Zsolnay, L.M.**, 1977, Selection of diamonds for segmental saws, Industrial Diamond Review, November, 382-384.

ÖZ GEÇMİŞ

1985 yılında Hatay’ da doğdu. İlk ve orta öğrenimimi Hatay’ da, lise öğrenimini 2003 yılında aynı şehirde tamamladı 2005 yılında Elazığ Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi bölümünde lisans eğitime başladı. 2010 yılında bu bölümden mezun oldu. 2010 yılı güz döneminde aynı bölümde yüksek lisans eğitime başladı. Ali DEMİR evli vebir çocuk sahibidir.

