

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELMASLI KESİCİLERDE KULLANILAN MATRİKS MALZEMELERİNİN
SERBEST SİNERLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf KAHRAMAN

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Malzeme Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELMASLI KESİCİLERDE KULLANILAN MATRİKS MALZEMELERİNİN
SERBEST SİNERLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf KAHRAMAN

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Malzeme Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Eyüp Sabri KAYALI

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506121425 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Yusuf KAHRAMAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ELMASLI KESİCİLERDE KULLANILAN MATRİKS MALZEMELERİNİN SERBEST SİNERLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Eyüp Sabri KAYALI**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Hüseyin ÇİMENÖĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Erdem ATAR
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **29 Mayıs 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışma süresince bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, yardımını ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli tez danışmanım Prof. Dr. Eyüp Sabri KAYALI' ya teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalar sırasında her türlü cihazın kullanımı konusunda bana yardımcı olan Arş. Gör. Faiz MUHAFFEL'e, Arş. Gör. Onur TAZEGÜL'e ve de değerli meslektaşım Berrak BULUT'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma süresince numunelerimin hazırlanmasını sağlayan HARTEK Ltd. Şti. yetkililerine de teşekkür borçluyum.

Beni yetiştiren, maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, beni ben yapan sevgili aileme en büyük teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Mayıs 2014

Yusuf KAHRAMAN
Metalurji ve Malzeme Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2.ELMAS TELLİ BLOK KESME TEKNOLOJİSİ.....	3
2.1 Mikroskobik Sorgulama	7
2.1.1 Kesim işleminden sonra matriksin ve elmasın aşınma davranışı.....	7
2.1.2 Oyuk ve iz oluşumu	8
2.1.3 Elmasın sivrileşmesi	10
2.1.4 Elmasın çatlaması ve yapıdan ayrılması	10
2.1.5 Matriks yapısında çukur oluşumu	11
2.2 Elmas Boncuklu Teli Oluşturan Parçalar	11
2.2.1 Göbek burcu	12
2.2.2 Sıkma	13
2.2.3 Pullar	14
2.2.4 Yaylar	14
2.2.5 Ekler	15
2.3 Soğuk Presleme ve Sinterleme için Gerekli Ekipmanlar	16
2.3.1 Soğuk preslemede kullanılan kalıplar	16
2.3.2 Elmas boncuklarının sinterlenmesinde kullanılan kalıplar	16
2.3.3 Plastik ve kauçuk enjeksiyonunda kullanılan kalıplar	17
2.3.4 Oto volumetrik preslerde elmas boncukların soğuk preslenmesi	18
2.3.5 Tünel fırınlar	19
2.4 Malzemeler	19
2.4.1 Tozlar ile ilgili bilgiler	20
2.4.2 Elmas parçacıklar	23
2.4.3 Kılavuz	23
2.4.4 Lehimleme alaşımı	24
2.5 Boncuk Üretim Aşamaları.....	24
2.5.1 Karışım hazırlanması	25
2.5.2 Soğuk presleme	25
2.5.3 Halat montajı.....	27
2.5.4 Kauçuk kaplama.....	27

3. ELMAS SEÇİMİ	29
3.1 Tek Kristalli Elmaslı Kesiciler	29
3.2 Çok Kristalli Elmaslar	30
3.3 Seramik Kesim Araçları	30
3.4 CVD'nin Avantajları	30
3.5 Elmasların Kullanım Alanları.....	31
3.6 Elmas Konsantrasyonu	31
3.7 Tane Boyutu	32
4. METAL MATRİKS SEÇİMİ	35
4.1 Kobalt Tozları.....	39
5. ELMAS TAKIM ÜRETİM YÖNTEMLERİ	45
5.1 Toz Metalurjisiyle Parça Üretimi	45
5.1.1 Metal tozlarının hazırlanması.....	45
5.1.2 Matriks elmas karışımının hazırlanması	47
5.1.3 Soğuk presleme	48
5.1.4 Sıcak presleme.....	52
5.1.5 Sinterleme.....	54
5.1.5.1 Spark plazma sinterleme	55
5.1.5.2 Sıcak izostatik presleme	59
5.1.6 İnfiltrasyon	60
5.1.7 Diğer birleştirme işlemleri	61
5.1.8 Sert lehimleme.....	61
5.1.8.1 Tüm yöntemlerin kıyaslanması	64
5.1.9 Lazerle Sinterleme.....	66
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	67
6.1 Yoğunluk Ölçümü	68
6.2 Sertlik ölçümü	68
6.3 Yoğunluk Ölçümü	69
6.3.1 Basma deneyi	69
6.4 Karakterizasyon Çalışmaları	69
6.4.1 Yüzey hazırlama işlemi	69
6.4.2 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri.....	69
6.4.3 X-ışınları difraktometresi (XRD) analizleri	70
6.4.4 Optik mikroskop incelemeleri	70
7. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR	71
7.1 SEM Görüntüleri	71
7.2 Yoğunluk Ölçümü Sonuçları.....	72
7.3 Boyutsal Değişimler	73
7.4 Sertlik Ölçümü Sonuçları	74
7.5 Basma Testi Sonuçları	75
7.6 XRD Analizi Sonuçları.....	76
7.7 Optik Mikroskop Görüntüleri.....	79
8. GENEL DEĞERLENDİRMELER	81
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

EDX	: Enerji Dağılımlı X-ışınları
SEM	: Enerji Dispersif Spektrometresi
TM	: Toz Metalurjisi
XRD	: X-ışınları Difraktometresi
SPS	: Spark Plazma Sinterleme
CS	: Geleneksel Sinterleme
HRB	: Rockwell Sertliği B
HIP	: Hot Isostatic Pressing
GPS	: Gazlı Basınçlı Sinterleme
CVD	: Kimyasal Buhar Biriktirme
PCD	: Çok Kristalli Elmas
Ct	: Karat
KYM	: Kübik Yüzey Merkezli

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Boncuk incelerken izlenecek adımlar.....	5
Çizelge 2.2 : Üzerinde çalışılan kayaçlar.....	7
Çizelge 2.3 : Göbek burçlarına ait teknik özellikler	13
Çizelge 2.4 : Sıkma malzemelerine ait teknik özellikler	13
Çizelge 2.5 : Pul malzemelerine ait teknik özellikler	14
Çizelge 2.6 : Yay malzemelerine ait teknik özellikler.....	15
Çizelge 2.7 : Ek malzemelerine ait teknik özellikler	15
Çizelge 2.8 : Soğuk pres kalıp malzemelerine ait teknik özellikler	16
Çizelge 2.9 : Grafit kalıp malzemelerine ait teknik özellikler.....	17
Çizelge 2.10 : Plastik enjeksiyon kalıp malzemelerine ait teknik özellikler	18
Çizelge 3.1 : Elmas çeşitlerine ait mekanik özellikler.....	29
Çizelge 3.2 : Elmas kristal sayısı ve aşınan yüzey başına dökülme miktarları	32
Çizelge 4.1 : Sıcaklığa bağlı olarak sarf malzemelerinin durumu.....	39
Çizelge 4.2 : Elmaslı kesicilerde kullanılan kobalt Tozları.....	40
Çizelge 4.3 : Aşınma testinden sonra numunelerde meydana gelen ağırlıkça azalmalar	43
Çizelge 5.1 : Elmaslı kesicilerde sert lehimlemede kullanılan lehim alaşımları	62
Çizelge 5.2 : Lehimleme prosesine göre tutunma dayanımları	63
Çizelge 5.3 : Tüm fırınların verimliliklerinin karşılaştırılması	65
Çizelge 6.1 : Deneysel çalışmalarda kullanılan soketlerin kimyasal bileşimi.....	67

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Elmaslı kesici halat çalışma prensibi.....	4
Şekil 2.2 : Elmaslı kesici halatın gösterimi ve boncuk kesiti	4
Şekil 2.3 : Mikroskopik olarak incelenen halat numuneleri	7
Şekil 2.4 : Boncuk numunelerine ait mikroskop resimler	9
Şekil 2.5 : Sivrileşmeye başlayan elmaslar	10
Şekil 2.6 : Aşınmaya başlayan elmaslar	11
Şekil 2.7 : Piyasada kullanılan göbek burçları	12
Şekil 2.8 : Piyasada kullanılan sıkma malzemeleri	13
Şekil 2.9 : Piyasada kullanılan pul malzemeleri.....	14
Şekil 2.10 : Piyasada kullanılan yay malzemeleri	15
Şekil 2.11 : Piyasada kullanılan ek malzemeleri	15
Şekil 2.12 : Piyasada kullanılan soğuk pres kalıp malzemeleri.....	16
Şekil 2.13 : Piyasada kullanılan grafit kalıp malzemeleri	17
Şekil 2.14 : Piyasada kullanılan plastik injeksiyon kalıp malzemeleri.....	18
Şekil 2.15 : Piyasada kullanılan otovolumetrik bir pres	18
Şekil 2.16 : Piyasada kullanılan tünel fırını.....	19
Şekil 2.17 : Boncuk kesit görünümü	20
Şekil 2.18 : 5000 büyütmede kobalt tozuna ait SEM görüntüsü	21
Şekil 2.19 : 5000 büyütmede tungsten karbür tozuna ait SEM görüntüsü	21
Şekil 2.20 : 5000 büyütmede FeP takviyeli NEXT400 tozuna ait SEM görüntüsü .	22
Şekil 2.21 : 40 büyütmede 35/45 meş ebatındaki endüstriyel elmasa ait görüntü.....	23
Şekil 2.22 : Soğuk pres kalıbı(solda) ve ona(sağda) ait teknik çizim.....	25
Şekil 2.23 : Elektroliz ile kaplanmış boncuklar.....	26
Şekil 4.1 : Demir matriksteki elmas.	37
Şekil 4.2 : Matriksteki titanyum kaplı elmas.	37
Şekil 4.3 : 4D metal elmas arayüzeyi	38
Şekil 4.4 : EDX ile C taraması.....	38
Şekil 4.5 : 4D numunesinden alınan elmasa ait XRD difraktometreleri.	38
Şekil 4.6 : 6D elmas numunesi.	38
Şekil 4.7 : 6DTi elmas numunesi.....	38
Şekil 4.8 : Kobalt tozlarına ait mekanik testlerin sonuçları	40
Şekil 4.9 : Kobalt tozlarına ait SEM görüntüleri.	41

Şekil 4.10 : Fe-Co-Cu'a ait 3 lü faz diyagramı.....	42
Şekil 4.11 : Sinterlenen numuneler a) Fe-%15Cu b) Fe-%15 Cu c) Fe-%15Cu-%20Co d) Fe-%15 Cu-%30 Co	43
Şekil 4.12 : Numunelere ait sertlik ölçüm sonuçları.....	44
Şekil 5.1 : Elmaslı kesicilerin üretim basamakları.	45
Şekil 5.2 : Spartan tipi karıştırıcı.	46
Şekil 5.3 : 3 Boyutlu dönebilen karıştırma mikseri.	46
Şekil 5.4 : Kaplı elmasın matriks içerisindeki durumu.....	48
Şekil 5.5 : Yaş malzeme veya tozlar için dizayn edilen grafit kalıplar.....	49
Şekil 5.6 : Soğuk preslemede düşük yoğunluğa sahip bölgeler.....	49
Şekil 5.7 : Yoğunluğa soğuk pres basıncının etkisi	50
Şekil 5.8 : Sıcak presleme serbest sinterleme arasında büzülme farkları	51
Şekil 5.9 : Soğuk pres sonrası yoğunluk farkına bağlı boyutsal büzülme	52
Şekil 5.10 : a) Isıtıcı boru/tel ile indirekt ısıtma b) Zımba üzerinden akım vererek direkt ısıtma c) Matris veya parçanın indüktif ısıtılması d) Direkt matris ısıtılması.....	54
Şekil 5.11 : Sıcak presleme prosesinin şematik olarak gösterilişi	54
Şekil 5.12 : Spark Plazma Sinterleme sırasında yapıda aktif hale gelen difüzyon mekanizmaları	55
Şekil 5.13 : Spark Plasma Sinterleme sırasında yapıda ısınma mekanizması	55
Şekil 5.14 : Rezistanslı sistem ile SPS.....	56
Şekil 5.15 : Spark Plasma Sinterleme'de puls akımının yapıda yayılımı	56
Şekil 5.16 : Spark Plazma Sinterleme Sistemi.....	57
Şekil 5.17 : Spark plazma sinterleme işlemi sırasında partiküller arası mekanizma	58
Şekil 5.18 : SPS sonrası boyun oluşum aşamaları	58
Şekil 5.19 : İnfiltrasyon işlemi.....	60
Şekil 5.20 : Yüksek vakumlu bir fırına ait kesit resmi	64
Şekil 6.1 : Precisa TM arşimet terazisi	67
Şekil 6.2 : Precisa TM arşimet terazisi	68
Şekil 6.3 : ZHRTM sertlik ölçüm cihazı.....	68
Şekil 6.4 : Dartec TM universal test cihazı.....	69
Şekil 6.5 : Leica TM DM 750M optik mikroskop.....	70
Şekil 7.1 : 900 derecede 60 dakika boyunca serbest sinterlenmiş deney numuneleri	71
Şekil 7.2 : Numunelere ait sinterleme öncesi ve sinterleme sonrası yoğunluklar	72
Şekil 7.3: Numunelerin sinterleme işlemi sonrası yükseklik olarak yüzdece değişimleri.....	73
Şekil 7.4: Numunelerin sinterleme işlemi sonrası ölçülen HRB sertlik değerleri.	74
Şekil 7.5 :Numunelere ait akma ve basma dayanımları.....	75
Şekil 7.6 : Basma deneyi sonrası numunelerin makroskobik görüntüsü a) COBALITE b) MX4885 c) NEXT 400 d) 61390.	76
Şekil 7.7: 61390 no'lu numuneye ait XRD spektrumu.....	76
Şekil 7.8 : COBALITE numunesine ait XRD spektrumu.....	77
Şekil 7.9 : MX4885 numunesine ait XRD spektrumu	77
Şekil 7.10 : NEXT 400 numunesine ait XRD spektrumu.....	78
Şekil 7.11 : 61390 (solda) ve NEXT 400 (sağda) numunelerine ait optik mikroskop görüntüleri.	79

ELMASLI KESİCİLERDE KULLANILAN MATRİKS MALZEMELERİNİN SERBEST SİNERLENMESİ

ÖZET

Doğal taşların kesiminde çeşitli kesici takımlar kullanılmaktadır. Bunlardan biri de doğada bilinen en sert bilinen element olan elmadır. Yapay olarak üretilen elmaslar matris malzemesi içerisine gömülerek karot, halat, testere, kesme teli vb. teknolojilerle doğal taş kesim sektöründe kullanılmaktadırlar.

Genelde bu kesici takımların üretimi toz metalurjisi yöntemiyle olur. Soğuk presleme işlemini takiben yapılan sinterleme işlemleriyle matrisin mukavemetinin artırılması amaçlanır. Üretilen kompozit malzeme amaca uygun olarak testereye, karot ucuna lehimlenir veya halat üzerine monte edilir. Elmaslı kesicinin performansını etkileyen birçok faktör vardır. Burada ana unsur matris dayanımını elmasla optimum çalışacak şekilde ayarlamaktır. Çünkü eğer matris malzemesi yeterince dayanıklı olmazsa elmas ömrünü tüketmeden yapıdan uzaklaşır, aksi bir durumda ise elmaslar körelir ve de takım kesme işlevini yerine getiremez. Bunun dışında kesim parametreleri, çalışma koşulları vb. birçok faktör de kesim performansını etkilemektedir.

Kesilen taş cinsine göre matrisin kompozisyonunda ve elmas konsantrasyonunda değişimler yapılmaktadır. Bununla birlikte kesilecek taşın cinsine göre plastik ya da kauçuk kaplama yapılabilmektedir. Kobalt mekanik özelliklerinden ötürü çok sık kullanılan bir matris malzemesidir. Bununla birlikte fiyatındaki senelere bağlı dalgalanmalardan ötürü ve de stratejik bir metal olmasından sektör kobaltın özelliklerini ikame edecek değişik alaşım türleri üzerine de arayışa girmiştir.

Tel ile kesim teknolojisinin doğal taş kesim işlemlerinde bir çok avantajı vardır. Zaman ve verimlilik bu avantajların en önemlileridir. Elmaslı tel ile kesim sırasında kesme işlemini yapan boncuk diye isimlendirilen yapay elmas parçacıkları içeren metal matrisli kompozit farklı üretim yöntemleriyle üretilebilmektedir. SPS ve de HIP bu yöntemlerden bazılarıdır. SPS ve HIP yönteminin performans olarak Serbest Sinterleme'den üstün olduğu yapılan çalışmalarla sabittir ancak Serbest Sinterleme yöntemi üreticileri üretim kapasitesi, ekonomik olması ve de bir takım dizayn kolaylıkları açısından cazip olmaktadır. Bu çalışmada serbest sinterleme için hazırlanmış 4 farklı kompozisyondaki hazır alaşımlar toz metalurjisi ve de serbest sinterleme fırını ile üretilmiş farklı bileşenlere sahip matris malzemelerin karakterizasyonu yapılmıştır. Piyasada MX4885, COBALITE, NEXT 400 ve de 61390 olarak isimlendirilen alaşımlar soğuk preslenip ardından serbest sinterleme yöntemiyle sinterlenerek mekanik deneylere tabi tutulmuş ardından da karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışmada 4 farklı kompozisyona sahip serbest sinterlemede kullanılan hazır alaşım toz metalurjisi ile üretilmiştir. Üretilen silindirik matris malzemeleri arasında sertlik, yoğunluk, basma dayanımı, XRD, SEM ve optik mikroskop verileri arasında kıyaslama yapılmıştır.

Yapılan alışmalar sonucunda Fe-Co-Cu içeriğine sahip MX 4885 numunesinin elmaslı kesici boncuklarda arzulanan temel nitelikler olan basma dayanımı ve sertlik özellikleri açısından en uygun malzeme olduğuna karar verilmiştir.

FREE SINTERING OF MATRIX MATERIALS WHICH ARE USED FOR DIAMOND CUTTING TOOLS

SUMMARY

A diamond tool is a cutting tool with diamond particles distributed on the functional parts of the tool via a bonding material, electrolysis etc. Since diamond is very hard material, diamond tools have many advantages as compared with other kind of cutting tools such as borides and carbides. Diamond dressers consist of single-point or multipoint tools brazed to a steel body, and used for dressing process. There are different kind of tools including: chemically bonded types, electroplated types, disc type.

Polycrystalline diamond (PCD) has a common usage in diamond cutting tools industry. Polycrystalline diamond (PCD) is produced at High Temperature-High Pressure (HT-HP) press conditions.

Most wafers are polished to a mirror finish, then cut with an electrical discharge machining (EDM) tool into smaller, workable segments that are then brazed onto the sawblade, reamer, drill, or other tool. Often they are EDM machined and/or ground an additional time to expose the vein of diamond along the cutting edge. These tools are mostly used for the machining of nonmetallic and nonferrous materials.

The grinding operation is combined with EDM for several reasons. For example, according to Modern Machine Shop, the combination allows a higher material removal rate and is therefore more cost effective. Also, the EDM process slightly affects the surface finish. Grinding is used on the affected area to provide a finer final surface. The Beijing Institute of Electro-Machining attributes a finer shaping and surface geometry to the combination of the two processes into one.

The process itself is accomplished by combining the two elements from each individual process into one grinding wheel. The diamond graphite wheel accomplishes the task of grinding, while the graphite ring around the existing wheel serves as the EDM portion. However, since diamond is not a conductive material, the bonding in the PCD work piece must be ample enough to provide the conductivity necessary for the EDG process to work.

Polycrystalline diamond tools are used extensively in automotive and aerospace industries. They are ideal for speed machining (9000 surface feet per minute or higher) in tough and abrasive aluminum alloys, and high-abrasion processes such as carbon-fiber drilling and ceramics.

The diamond cutting edges make them last for extended periods before replacement is needed. High volume processes, tight tolerances, and highly abrasive processes are ideal for diamond tooling.

In recent years it is accepted that diamond tools are the most effective way to process natural stones. Increasing production rates and good surface finish characteristics of diamond tools make them indispensable in cutting tool industry. Since diamond has a great hardness value it can be used for different purposes such as sawing, drilling

,cutting,polishing and grinding. As expected diamond tools such as wire saws have a common usage in cutting tool industry. Diamond is used as a reinforcing material in metal matrix.

Composition and the type of diamond can be altered due to the characteristics of natural stone. These diamond tools can be used to cut ceramics, granites,marbles,concrete etc. There are three ways to cut natural stones which are circular sawing, frame sawing and wire sawing. Sawing with circular saw consists in wearing away stone's constituents by diamond grits in metal matrix.

The diamond crystals in the metal matrix should stay for enough time so that until new diamond crystals appear diamond bead can work effectively. Aim of the manufacturer is to obtain simultaneous wear characteristics of diamond particles and metal matrix.

As it is mentioned composition, diamond type and characteristics of metal matrix should take into consideration for excellent cutting performance. Furthermore there are the other factors such as cooling efficiency, operator skills , manufacturing methods etc. which effect cutting performance directly.

Diamond bead dimensions can be changed due to the stone's characteristics but generally beads with small dimensions are desired for cutting efficiency. At present diamond beads which have diameter less than 6,3 mm are in service. There are also diamond beads with the diameter of 6.3, 7.3 , 8.5 and 11 mm.

Wire sawing has 4 major advantages over conventional solutions; flexibility, cutting speed , reduction of material waste and less polute wastes. In recent years there is an aim to work with multiwire cutting machines in cutting tools efficiency. During multiwire cutting process multiple wire ropes are set on the system that manufacturer increase cutting efficiency.

In wire sawing process, after machine is prepared for the production, vertical, horizontal and perpendicular holes are drilled on block surface. After preparation diamond wire saw passes through this holes and it is connected to the wire saw machine as a loop.

Wire is rotated with the wheel movement of the machine. Required tension, force and the other values can also be set on this machine. During cutting process water is used as a coolant at the same direction with the wire for removing particles.

During the cutting process metal matrix should be abraded in a such a way that diamonds that are in the matrix shouldn't pull out from their place before service life ends.

Matrix material and diamond should wear simultaneously. Co is commonly used for the matrix material for that purpose. Because Co has a high yield strength and good wear rate. Since cobalt is a strategic material and it's price is changable there is an aim to use some other materials in diamond tools cutting industry for that reason manufacturers are currently working on the other components which can be beneficial for natural stone cutting process.

There are also the other ways to improve cutting performance of diamond beads. Coating the diamond grits in metal matrix increases the tool life. Ti or other kind of proper coating materials can be used to improve servise life of diamond beads. Ti works for providing a good interface layer between diamond grits and matrix material. Thanks to good surface adherence tool life increases. By the way diamond size,

concentration and type is another thing that must be taken into consideration during the manufacturing process.

Aim of this study is to compare mechanical and microstructural properties of diamond tool materials which are prepared for free sintering process and currently in use. Most of these free sintering powders include Co as a main matrix material but in the deficiency of Co, W can be used to compensate these deficiency. Nickel is another constituent which increases mechanical properties of diamond tool.

There are 4 kinds of free sintering powders used in this study. These are named COBALITE, NEXT 400, 61390 and MX 4885. First of all 10 samples were prepared from each of these powders.

Totally 40 samples are cold pressed under the pressure of 50 kN. Samples were cylindrical and dimensions were about 7,5 mm diameter and 15 mm height.

Samples were produced in this way just for simulating diamond bead shape which are mounted on steel wire ropes.

Before the cold pressing process granulation was an important process to implement. Granulation is not a must but it has some vital effects on material's properties and for that reason powders were mixed with a wax like material.

MX 4885's height was a little bit higher than the other materials (one or two millimeters) it was most probably by the result of particle shape. Because powders with the flake shape are generally harder to consolidate. After the cold pressing process samples were sintered in a tunnel furnace under an inert gas atmosphere.

Sintered samples' dimensional and weight changes were noted. Hardness, SEM, Metallographic preparations, XRD and Optical Microscopy results were gathered to compare these 4 different free sintering alloys' characteristics.

As a result of all these characterisation tests it can be said that if a liquid phase sintering mechanism is active in a process, mixing, materials characteristics and processing parameters are important steps to follow. After the sintering process liquid phase sintering was appeared in NEXT 400's structure.

Biggest change in material dimensions are gathered by the NEXT 400 sample. It was expected before the sintering process just because of Cu and Sn rates in the structures. By the result of these changes in dimensions highest rate of densification is gathered by the NEXT 400.

There were some local Cu island which can be clearly seen in the matrix. By the result of this effect barreling occurred after compression tests. On the contrary 61390 was a successful liquid phase sintering process which can be seen by the result of XRD, SEM, density measurements.

Samples prepared with MX 4885 powder gave best results for compressive strength and hardness. Fe-Co solid solution was the main purpose of these results.

When we take into consideration all of the material properties included compressive strength, shrinkages, strength tests, SEM and XRD analysis it can be seen that MX 4885 and 61390 gave competitive results.

Increasing Ni and Co rate in the structure has increased the mechanical properties of 61390 thanks to intermetallic phases formed during the sintering process.

1. GİRİŞ

Elmaslar kesme, yüzey bitirme işlemleri ve parlatma işlemleri gibi birçok işlemde kullanılabilirler. Elmas yeryüzünde bilinen en sert element olduğundan yapay olarak üretilip metal matriks içerisine toz metalurjisi yöntemiyle gömülme ve kompozit olarak üretilmektedir. Amaca yönelik olarak bu kesiciler testere, karot, lama, kalibre vb. şekillerde üretilmekte ve de tüketiciye sunulmaktadır. Elmaslı kesici halatlar ise doğal taş kesiminde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. İçi boş silindirik parça olarak üretilen elmas boncuklar sinterleme işlemi sonrası son yoğunluklarına ve mekanik özelliklerine yaklaşmaktadırlar. Ardından elmas boncuklar çelik halatlar üzerine belirli aralıklarla monte edilmekte makine üzerindeki kasnağa takılarak kesme işlemini gerçekleştirmektedirler.

Boncukların üretimi esnasında çeşitli sinterleme yöntemleri kullanılır. Bunların başlıcaları serbest sinterleme , sıcak izostatik presleme ve de spark plazma sinterleme yöntemi olarak sayılabilir. Serbest sinterleme yöntemi diğerlerine nazaran daha ucuz ve üretim kapasitesi daha yüksek bir yöntemdir. Bununla birlikte son ürün kalitesinde diğer yöntemlere göre düşüş görülmektedir. Ancak serbest sinterleme üzerine çalışmalar devam etmekte ve de özelliklerin diğer yöntemlerle üretilen malzemeler seviyesine olabildiğince yaklaşılmasına çalışılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı piyasada endüstriyel olarak kullanılmakta olan serbest sinterleme tozlarını aynı koşullar altında toz metalurjisi yöntemiyle üretmek ve de elde edilen deneysel sonuçları kullanarak bir performans karşılaştırması yapmaktır.

2. ELMAS TELLİ BLOK KESME TEKNOLOJİSİ

Elmaslı kesici halat ile kesim ekonomik ve teknolojik problemlere rağmen büyük öneme sahiptir. Çalışma masrafını etkileyen esas parametre boncuğun aşınma davranışdır. Bu diğer teknolojik çalışmalar ve de teknolojik çalışmalar açısından önemlidir. Kullanılan elmaslı boncuk ve kaya tipi aşınma açısından son derece etkilidir. Boncukların aşınması optik ve de binoküler mikroskoplarda incelenebilmektedir. Yapıda elmasların dağılımı ve aşınma tipi de yine aynı şekilde yapı incelenmesi sonrası yorumlanabilmektedir. Buradan yola çıkılarak boncukların kesilen kayaca olan uyumluluğu belirlenebilmekte ve de üretim basamaklarında değişiklikler yapılabilir [1,2,3,4,5].

Elmaslı kesiciler maden ocakların da ve inşaatçılıkta yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu elmaslı kesici halatlar üretim miktarını arttırmakla kalmaz aynı zamanda bir kere kesime başladığı zaman süpervizör olmadan kesime devam eder. Bir çok halat yanyana aynı zamanda çalışabilirler. Maliyeti etkileyen en önemli faktör boncuk performansdır [1,2,3,4,5].

Elmaslı halat ile kesimde üretim için hazırlık tamamlandıktan sonra , yatay ve birbirine dik olan delikler blok üzerinden açılır. Ardından halat bu boşluklardan geçirilir ve makinanın kasnağından dolanarak tur sağlanır [1,2,3,4,5].

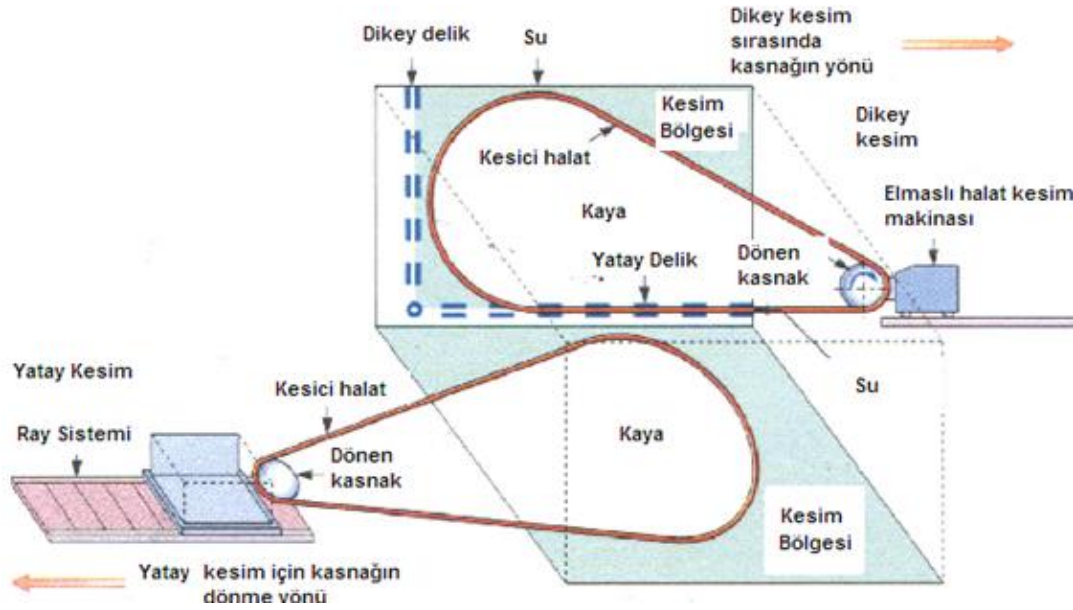
Halat kasnağın hareketiyle ilerler. Gerilim ve dönme makine sayesinde sağlanır. Kesilen parçacıkları almak için ve soğutucu olarak su kullanılır. Elmaslı kesici tele ait şema şekil 1’de görülmektedir [1,2,3,4,5].

Elmaslı kesici halat basit tabiriyle çelik halat üzerine geçirilen aşındırıcı elmaslı boncukların belirli aralıklarda dizilmesiyle oluşan bir halattır [1,2,3,4,5].

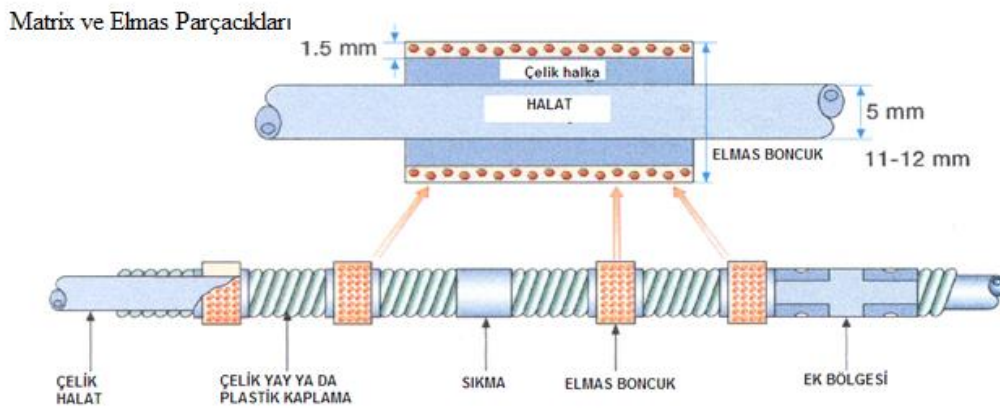
Asıl kesim işlemini sağlayan unsurlar bu boncuklardır. Bu boncuklar ya elektroliz kaplamayla ya da toz metalurjisi prosesleri sonucu üretilirler. Halat değişimi sert taşların kesiminde en önemli masraf iken elmaslı boncukların optimizasyonu önem arz etmektedir [1,2,3,4,5].

Matriks ve elmasın aşınma davranışının belirlenmesi en önemli proses parametreleridir. Elmas boncuğun aşınma karakteristiği önemlidir , stabil kesim için elmas keskinliği de önemlidir [1,2,3,4,5].

Boncuğu oluşturan 2 parametre ; elmas ve matrikstir. Kesme işini elmas yapar ve de matriks malzemesi ise elması yapıda tutmada görevlidir. Elmaslar matriks malzemesine göre daha kırılabilir malzemelerdir ve matriksin desteği olmadan kesme işlemini gerçekleştiremezler. Çünkü kesme işlemi sırasında kesici uçlara gerilme ve kayma gerilmeleri etki eder [1,2,3,4,5].



Şekil 2.1 : Elmaslı kesici halat çalışma prensibi [1].

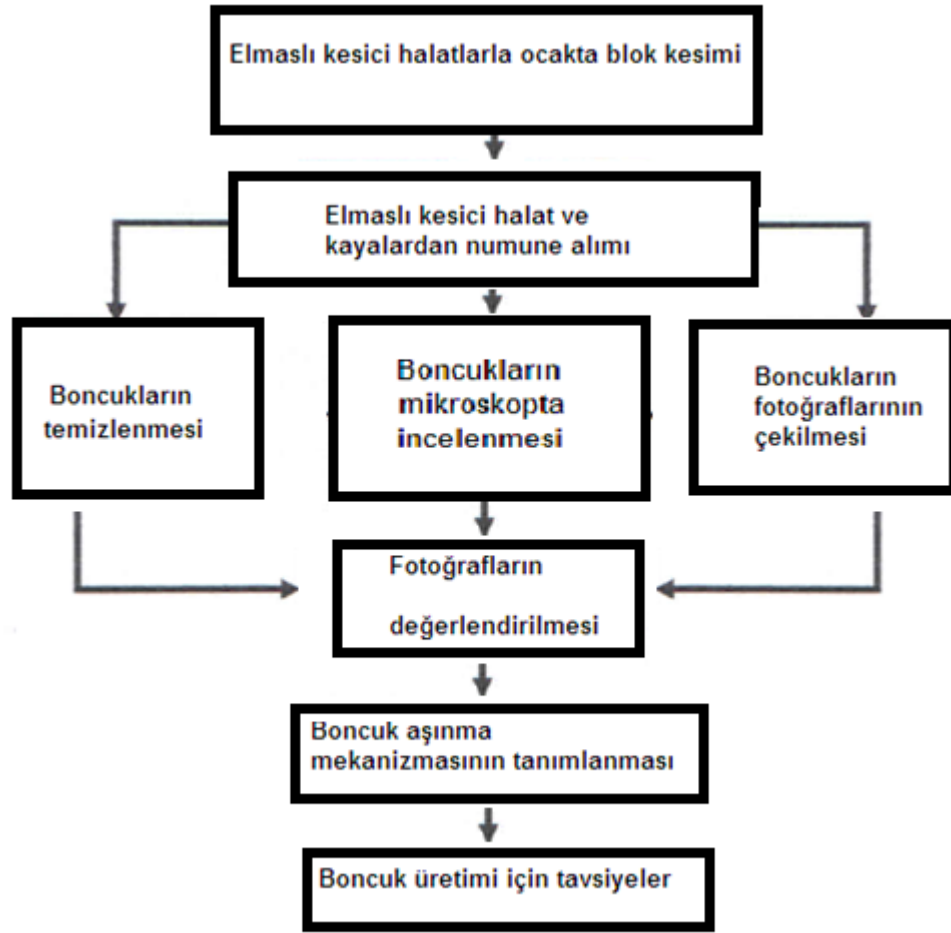


Şekil 2.2 : Elmaslı kesici halatın gösterimi ve boncuk kesiti [1].

Boncuğun aşınması boncuk kompozisyonuna ve makine parametrelerine bağlıdır .

Yüksek kesim hızlarına erişmek için elmas tipi, şekli ve dağılımı yüksek kesim hızlarına erişmek için önemlidir. Diğer bir önemli parametre de matrix aşınma davranışdır. İki tip matrix aşınması mevcuttur: [1,2,3,4,5]

Çizelge 2.1 : Boncuk incelerken izlenecek adımlar [1].



- Matriks çok hızlı aşınıyorsa , böyle bir durumda elmas yapıdan kopmadan önce tam olarak yararlanılamaz [1].
- Eğer elmastan daha yavaş aşınma gerçekleşiyorsa , kesici elmas ucu ve matriks arasındaki mesafe gittikçe azalır. Talaş uygun olarak uzaklaştırılmaz ve elmas gitgide kesim özelliğini kaybeder [1].

Tönshoff ve Hillmann-Apmann (2002) kesim kapasitesinin yanında, aşınma mekanizmasının kesici takımların karşılaştırılması ve proses parametreleri açısından önemli olduğunu vurgulamıştır. Takım aşınma davranışı boncukların mikroskobik ve makroskobik aşınması olarak 2 gruba ayrılabilir [1,2].

Makroskobik olarak boncuk çapındaki azalma görülebilmektedir. Mikroskobik aşınma, elmas ve de matrix aşınır ve aşınma karakteristiği aşağıdaki gibi belirlenir: [1]

Yeni taneler: Yeni elmas taneleri hala iyi kesme özelliğine sahiptir. Elmas da hasar yoktur, bu da kesme işlemi için istenen bir özelliktir [1].

Kırılmış taneler: Isıl gerilmeler ve ardından soğutma işlemi mekanik yüklemeye birlikte yapıdan ayrılmalara neden olur ve akabinde yeni kesme uçları belirir. Bu yeni kesici uçların belirmesi için istenen bir şeydir [1].

Aşınma: Kesilen malzeme ve matriks arasındaki sürtünmeden ötürü mekanik aşınma meydana gelir. Elmaslar kesim sırasında yapıdan uzaklaşır yuvarlanır veya yataylaşır, yani yüksek sürtünme kesme işlemini engelleyebilir [1].

Yapıdan kopma: Bu da elmasın tamamen yapıdan kopup uzaklaşmasıyla mümkündür [1].

Yapılan bir takım araştırmalarda taş cinsi ve de boncuğun aşınma davranışı üzerine bir takım araştırmalar yapılmış ve de boncuğun aşınma davranışı optik olarak gözlemlenmiştir.

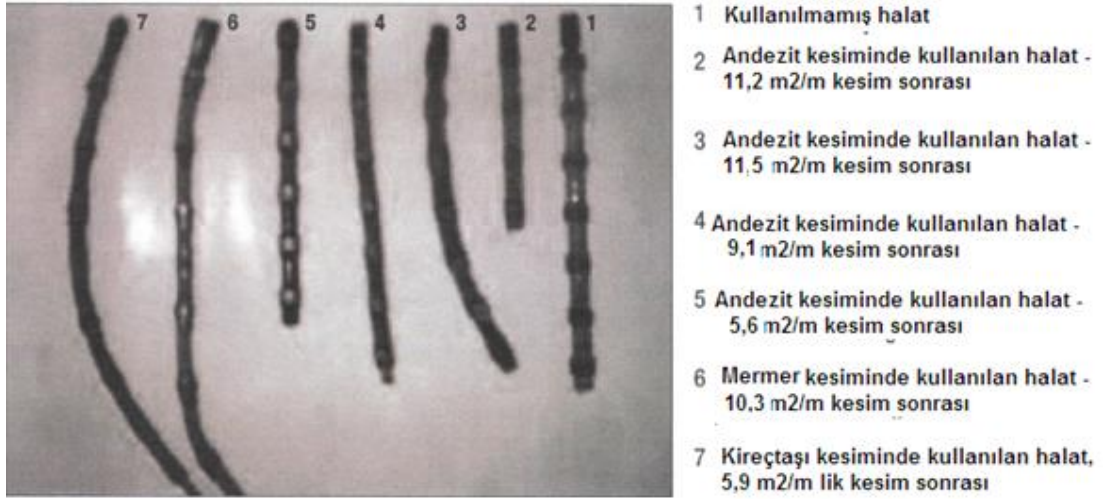
Optik olarak elmas aşınma davranışlarının gözlenmesi sık kullanılan bir yöntemdir. Elmaslarda matriksin gerekenden sert olmasından ötürü elmaslarda yassılaşıma görülebilir. Bu yassılaşıma davranışı mikroskop altında gözlenebilir.

Optik olarak çalışma koşullarına bağlı olarak yüksek sıcaklık etkisiyle elmas partiküllerinin grafitte dönüşmesi de olası bir davranıştır. Kararan elmas partikülleri susuz çalışma gibi nedenlerle grafitleşme eğilimi gösterebilirler.

Matriks yapısının akma dayancının istenenden düşük olması da elmasın yapıdan gerekenden önce ayrılmasına neden olur.

Kesme parametreleri de sivrileşmeye neden olan bir diğer faktördür.

Değişik tipte taşlar kullanılarak aşınmaya olan etkileri yapılan çeşitli çalışmalarla incelenmiştir. Değişken taşlar için boncukların aşınma davranışı incelenmiştir. Üzerinde çalışılan taşların özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir [1].



Şekil 2.3 : Mikroskopik olarak incelenen halat numuneleri [1].

Çizelge 2.2 Üzerinde çalışılan kayaçlar [1].

Numune	Kaya Tipi	Ortalama Tane boyutu	Ortalama Basma Dayanımı(Mpa)	Shore Sertlik değeri
1	Andesit	0.102-0.067 mm arası	7.15	53.23
2	Karbonat taşı	0.043 mm	5.25	47
3	Kireçtaşı	0.050 mm	6.97	60

2.1 Mikroskopik Sorgulama

Aşınma davranışını incelemek adına boncuğun ilk yapısını da incelemek önemlidir. Şekil 2.3'teki 1. halatta kullanıma başlamadan önce elmas parçacıkları görülmektedir. Kesim sırasında, ilk önce matriks aşınır ardından elmas parçacıkları görünmeye başlar. Elmaslar belirene kadar verimli bir kesim beklenmemelidir. Kesimin devam etmesi için yeni elmaslar alt kısımlardan çıkmaya devam etmelidir [1].

2.1.1 Kesim işleminden sonra matrixin ve elmasın aşınma davranışı

Yeni elmas kristallerinin belirlenmesinden sonra bu yeni kristallerin boyutu da zamanla küçülür. Yeni çıkan elmaslar da yenilen elmasların yerine kesme işlemini sürdürürler. Yeni ve eski elmaslar da kesme işlemine devam ederler. Eski ve yeni elmas parçalarının dengeli bir şekilde çalışmaları gerekmektedir [1].

2.1.2 Oyuk ve iz oluşumu

Elmas boncuk kesme işlemi sırasında aşınmaya maruz kalır. Aşınmanın sonucu olarak boncuk üzerinde yeni elmas parçacıkları belirir. Elmasın arkasında kalan aşınma izleri kuyruklu yıldız olarak adlandırılır [1].

Bu tip aşınmanın oluşma sebebi de kesim sırasında biriken parçaların yüzeyi aşındırması ancak elmasın koruyucu etkisinden dolayı elmasın tam arkasına etkisinin olmamasındandır. Bu aşınma yüzeyinin büyüklüğü elmas yüksekliği ile doğru orantılıdır. Aşınma yönü kesim yönünün aksi yönde azalarak kaybolur [1].

Elmasların belirli bölgelerde yoğunlaşması boncuk dizaynının kötü olduğunu gösterir. İyi bir granülasyon işlemiyle elmas parçacıklarının yapıda homojen olarak dağılması sağlanabilir. Tozların karıştırılması işlemi esnasında önce elmassız karıştırma gerçekleşir yaklaşık 1 saat kadar karıştırma elmassız bir şekilde gerçekleşir. Bundan sonra yapıya elmaslar ilave edilir. Elmaslar ilave edildikten sonra da yaklaşık 1 saat kadar elmaslarla karıştırma işlemi yapılır. Yapıda iyi bir dağılım sağlamak amacıyla 360 derece dönebilen silindirik haznenin içine metal bilyalar ya da zincir atılır.

Elmasların birbirine yakın dağılımda olması durumunda da elmaslar birbirini destekleyecek ve elmasın dayanımı artacaktır. Bu tip aşınma kesim kalitesi açısından bilgi verir. Aslında kuyruklu yıldız tipi aşınma istenen bir şeydir ve elmasların çalıştığını gösterir , aksi takdirde ise elmaslar kesme işlemini tam olarak yerine getirememektedir.

Bazen operatörün kullanımına bağlı olarak çalışma yönüne ters yönde çalışma gerçekleşebilir. Bu nedenle halat çalışma ömrü beklenenden önce bitebilir.

Şekil 2.4 c’de 3 nolu halat için andezit kesimi sırasında kuyruklu yıldız oluşumu görülmüştür. Kuyruklu yıldızla bağlı olarak elmasın iyi bir kesim gösterdiği söylenebilir [1].

Diğer yandan, istenmeyen aşınma davranışı Şekil 2.4 d’de (Halat 6’da) beyaz mermerde görülmüştür. Elmasların konumuna bağlı olarak değişik tipte oyuklar gözlemlenmektedir [1]. Oyukların oluşumu elmas boncuğun bileşimine ve mekanik özelliklerine bağlı olabildiği gibi çalışma koşullarına da bağlı olabilir.



Şekil 2.4 : Boncuk numunelerine ait mikroskop resimleri [1].

Oyuk oluşumu kesim sırasında çok önemlidir. Elmasın ardında oluşan oyuklardan dolayı aşınan elmas yerinden çıkar. Boncukta meydana gelen aşırı aşınma Şekil 2.4 e'deki yapıya benzerdir. Kireçtaşı kesiminde kullanılan bu boncukta oyuk oluşmamıştır çünkü matriksin sertliği kayanın sertliğinden daha fazladır. Aşınan parçacıklar su ile ortamdan ayrılmadığı zaman kesim ile birlikte elmas aşınır ve boncuk ömrü düşer [1].

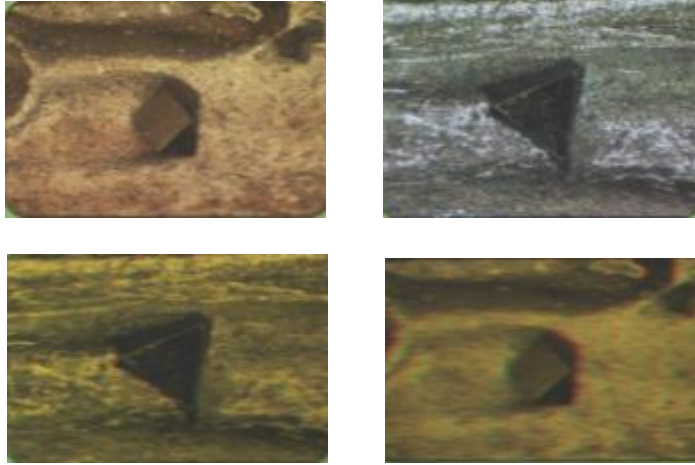
Özçelik (1999) çalışmalarında bu durumlarla karşılaşmıştır. Sivrihisar maden ocağında bu kesim işlemleri gerçekleştirilmiştir. İlk kesim işleminde 15 m² lik kısım sırasında 0,147 mm aşınma meydana gelmiştir ve oyuk oluşmamıştır.

Diğer kesim sırasında 39m² kesim sonrası 0,144 mm aşınma meydana gelmiştir ve de yüzeyde oyuk oluşumu görülmektedir. Bu durum oyuk oluşumunun boncuk performansına etkisinin önemini göstermektedir[1].

Daha verimli bir kullanım için; kesilecek taş tipine uygun bir malzeme kullanılmalıdır. Elmas boyutları da taş tipine uygun olarak seçilmelidir. Sert kayalarda ince elmaslar tercih edilirken daha yumuşak tanelerde kaba elmaslar tercih edilmelidir. İyi bir ganül işlemi yapılmalıdır.

2.1.3 Elmasın sivrileşmesi

Verimli bir kesme işlemi için, elmas optimum ölçüde matrix yüzeyine çıkmalı ve uygun yapıda elmas kullanılmalıdır. Elmasın kesim sırasında minimum yüzey alanıyla temas etmesi gerekmektedir. Elmasın temas yüzeyi arttıkça elmasın dayanımı azalır. Yapıda elmas gelişigüzel dağıldıkça elmasın dayanımı ve de kesim verimi artar. Matrikste yer keskin elmas parça Şekil 2.4 b’de görülmektedir (Halat 3). Şekil 2.5’de sivrileşmeye başlayan elmaslardan alınan mikroskop görüntüleri yer almaktadır [1,6].



Şekil 2.5 : Sivrileşmeye başlayan elmaslar [6].

2.1.4 Elmasın çatlaması ve yapıdan ayrılması

Elmas boncukların kesim mekanizması ufalanma karakteristiğine bağlıdır. Karakteristiğe bağlı olarak elmas taş ile temas ettiğinde darbe yükleri meydana gelebilir. Elmasta parçalanma aşağıdaki nedenlerden dolayı meydana gelebilir[1] ;

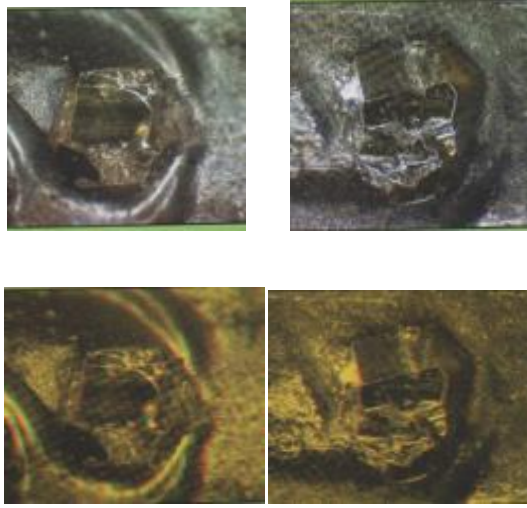
- Kesim ortamı (çarpma yükleri, yetersiz soğutma) [1].
- Üretim basamağı (Uygun olmayan malzeme seçimi) [1].

Matriks elmas parçacıklarını sıkıca tutmalıdır. Elmas matriks bağlantısı yeterince kuvvetli olmadığı zaman kesim etkisiyle bağ kuvveti yetersiz olduğundan kolaylıkla yapıdan ayrılabilir. Matriksin yumuşak olması elmasın kolaylıkla yapıdan ayrılmasına neden olabilir. Bu nedenle uygun matriks malzemesiyle çalışmak gerekmektedir. Matriks çok sert olduğunda ise elmaslar yapıdan ayrıldığında alt kısımlardan yeni elmas parçacıkları çıkamaz ve yüzeyde elmas parçacıkları kesme işlevini yerine getiremez duruma gelirler. Bununla birlikte operatör de kesim işlemini uygun çalışma parametrelerini uygulayarak yerine getirmelidir. Sulu kesim uygulanmadığı takdirde elmaslarda grafitleşme durumu görülebilir.

Yumuşak matriks kolaylıkla yapıdan ayrılır ve de elması tutacak malzeme yapıda kalmaz. Yapıdan ayrılan elmaslara ait resimler Şekil 2.4 f'te görülmüştür (Halat 4) [1].

2.1.5 Matriks yapısında çukur oluşumu

Elmas parçacığın hemen önünde oyuk oluşması bilinen bir durumdur Kesim sırasında elmas hem taşa hem de kesim sırasında oluşan parçacıklara karşı direnir. Şekil 2.4 c'de çukur oluşumu gözükmemektedir. Bu yapı elmas-matrix arasındaki zayıf bağdan ötürüdür ve de zamanla elmasın yuvasından çıkmasına sebep olur. Şekil 2.6'da aşınmaya bağlı matriks yapısında çukur oluşumunu gösteren resimler yer almaktadır [1,6].



Şekil 2.6 : Aşınmaya başlayan elmaslar [6].

2.2 Elmas Boncuklu Teli Oluşturan Parçalar

Elmaslı kesicilerden bahsedecek olursak, Elmaslı kesici halatların geleneksel kesiciler üzerinde önem kazandığı - taş ve blok işleme endüstrisinde- söylenebilir. Tek ve çok telli makinalar geleneksel makinaların yerini bu teknolojilerde almaktadır. Elmaslı kesici halatın geleneksel kesicilere göre 4 temel avantajı vardır [2];

Esneklik (Kurulum kolaylığı)[7],

Yüksek kesim hızları [7],

Daha az malzeme sarfı [7],

Daha az artık malzeme [7].

Sektördeki önemli İtalyan firmaları günden güne çok telli kesme makinalarına yatırımlarını arttırmaktadırlar, şekilli kesimler dışında diğer elmaslı kesicilerin yerini elmaslı kesici halatlar hızlıca almaktadırlar [7].

Sinterlenmiş boncuk üretimi 3 ana üretim kademesi içerir, bunlar en basitinden en kompleksine sırayla [7];

Sıcak Presleme [7],

Serbest Sinterleme [7],

Serbest Sinterleme+HIP [7].

Elmas boncuklar halat üzerine yerleştirildikten sonra 3 farklı kaplama yöntemi vardır [7]:

Yaylar [7],

Plastik kaplama [7],

Kauçuk kaplama [7].

2.2.1 Göbek burcu

Göbek burcu elmas boncuk ile halat arasındaki bölgede yer alan lehim ya da sıcak pres yöntemi ile boncuğun içine yerleştirilen yardımcı elemandır. İyi bir kesim performansı için göbek burcu ile elmas boncuk arasında dayanıklı bir bağın oluşması gerekmektedir [7].

Piyasada yer alan bazı göbek burçlarına ait resimler Şekil 2.7’de görüldüğü gibidir [7].



Şekil 2.7 : Piyasada kullanılan göbek burçları [7].

Serbest Sinterleme yöntemi uygulanırken ise göbek burcu ile boncuk arasına Ag vb. gibi sinterleme işlemi sırasında ergiyecek ve göbek burcu ile boncuğun yapışmasını sağlayacak bir halka yerleştirilir.

Çizelge 2.3 Göbek burçlarına ait teknik özellikler [2].

- **Malzeme:**ETG100
- **Yüzey işlemi:** Nikel Kaplama, Bakır Kaplama.
- **Dış Çap:** 5.4,5.5,6,6.2,6.5,6.6,7,8,9 mm
- **İç Çap:** 3.8,3.9,4.5,4.9,5.0,5.2,5.4,5.5 mm
- **Diş:** M4,M5,M6.
- **Yükseklik:**6,7,8,9,10,11,12,13,14 mm

Çizelge 2.3’deki değerlerde görüldüğü gibi değişen halat ve boncuk çapına göre göbek burcunun boyutları değişebilmektedir[7].

2.2.2 Sıkma

Halat üzerine dizilen boncukların sabitlenmesi amacıyla boncuklar iki ucundan sıkma adı verilen disklerle sıkıştırılır. Piyasadaki bir sıkma malzemesine ait ürünler Şekil 2.8’deki gibidir [7].



Şekil 2.8 Piyasada kullanılan sıkma malzemeleri [7].

Çizelge 2.4 Sıkma malzemelerine ait teknik özellikler [7].

- **Malzeme:** C45 Çelik
- **Yüzey İşlemi:** Çinko Kaplama
- **Dış Çap:** 8,9 mm
- **İç Çap:** 5, 5.15 mm
- **Yükseklik:** 5,6,8 mm

2.2.3 Pullar

Boncuğa destek olan bir diğer yardımcı eleman da sıkmadır. Pullar da sıkımlar gibi boncuğun konumunu korumasını sağlar. Şekil 2.9’da pul malzemelerine ait resimler ter almaktadır [7].



Şekil 2.9 : Piyasada kullanılan pul malzemeleri [7].

Çizelge 2.5 Pul malzemelerine ait teknik özellikler [7].

- Malzeme: C45 Çeliği
- Yüzey İşlemi: Çinko Kaplama
- Dış Çap: 8,9 mm
- İç Çap: 5, 5.15 mm
- Yükseklik: 3,4,5 mm

2.2.4 Yaylar

Boncuklar arası mesafeyi muhafaza etmek adına her iki boncuk arasına yaylar yerleştirilir [7]. Yay dizaynı kauçuk ve de plastik kaplamayla birlikte kullanılabilir. Kauçuğun yapıya nüfuzu açısından yay dizaynı önem arz etmektedir. Kauçuğun yapıya nüfuziyeti ve yayınımını yay dizaynı etkiler. Kauçuğun olabildiğince iyi yayınması dayanımı ve sıyrılmaya olan direnci arttıracaktır. Şekil 2.10’da halatlarda kullanılan yaylara ait resimler yer almaktadır. Genelde çelik halatlarda kullanılacak yayların kaplamalı olmaları dikkat edilir.



Şekil 2.10 : Piyasada kullanılan yay malzemeleri [7].

Çizelge 2.6 Yay malzemelerine ait teknik özellikler[7].

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Malzeme: Yay Çeliği • Yüzey İşlemi: Siyah oksit, Çinko kaplama • Uzunluk: 12, 15 , 20 ,25 , 27,28, 30 mm |
|--|

2.2.5 Ekler

Ek malzeme halatların birleşme noktasına bağlantıyı sağlamak için preslenen halatlar arası bir bağlantı elemanıdır [7]. Şekil 2.11’de ek malzemelere ait resim yer almaktadır.



Şekil 2.11 : Piyasada kullanılan ek malzemeleri [7].

Çizelge 2.7 Ek malzemelerine ait teknik özellikler [7].

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Malzeme: C45, Bakır. • Yüzey İşlemi: Çinko Kaplama, Bakır Kaplama. • Dış Çap: 8 , 9 mm. • İç Çap: 5, 5.15 mm • Yükseklik: 20,22,25,30 mm |
|--|

2.3 Elmas Boncuklarının Soğuk Preslenmesi ve Sinterlenmesi için Gerekli Ekipmanlar

2.3.1. Soğuk preslemede kullanılan çelik kalıplar

Soğuk pres kalıp malzemeleri üretimde verimlilik açısından önem arz etmektedir. Üretilen malzemenin cinsine göre kalıbın sertliği değişiklik gösterir. Kalıp ömrünün olabildiğince uzun olması istenir. Şekil 2.12’de soğuk presleme işleminde kullanılan kalıp bileşenlerine ait elemanlar görülmektedir. Çizelge 2.8’de ise sertlik ve pürüzlülük değerleri yer almaktadır.



Şekil 2.12 : Piyasada kullanılan soğuk pres kalıp malzemeleri [7].

Çizelge 2.8 Soğuk pres kalıp malzemelerine ait teknik özellikler [7].

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Elmas boncukların soğuk preslenmesi için yüksek kalitede kalıp çelikleri üretilmiştir.• K100 ve SKD11 kodlarıyla üretilen bu çelikler $HRC=60\pm 2$ $Ra=0,4-0,8$ değerlerine sahiptirler. |
|--|

2.3.2 Elmas boncuklarının sinterlenmesinde kullanılan grafit kalıplar

Grafit kalıp dizaynı da sinterleme işlemi için önemli bir faktördür. Malzemenin sinterleme sonrası istenen boyutlara gelmesini sağlamak için uygun bir tasarım yapılmalı yeterli paylar bırakılmalıdır. Aksi takdirde kalıpta dağılmalar ve çatlamlar meydana gelebilecektir. Bunun için grafit kalıpların hassasiyetle işlenmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte Şekil 2.13’de yer alan silindirik tapalar ısı homojenliği sağlamak adına boncukların üst kısımlarına yerleştirilirler. Grafit kalıplar sinterleme sırasında kullanılan sarf malzemeleridir ve de kullanım ömrünü doldurduktan sonra yenileriyle değiştirilmelidirler.



Şekil 2.13 : Piyasada kullanılan grafit kalıp malzemeleri [7].

Çizelge 2.9 Grafit kalıp malzemelerine ait teknik özellikler [7].

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ekstra ince grafitten üretilmişlerdir. • Vakum,serbestsinterleme ve HIP prosesleri için uygundur. • CNC makinalarında işlenir. • Toleransları=+-0,02 mm arasındadır • Ra=0.8-3.2 |
|--|

2.3.3 Plastik ve kauçuk kullanılan kalıplar

Plastik kaplama için injeksiyon işlemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaliteli bir kaplama için plastik kaplamada çapaklanma, hava karbarcığı vb. problemler görülmemelidir. Şekil 2.14’de plastik injeksiyon kalıbına ait tasarım görülmektedir. Ayrıca Çizelge 2.10’da görüldüğü gibi üretimde hassasiyet gerekmektedir.

Bununla birlikte uygun kalıp tasarımı, malzemenin kalıba giriş sıcaklığı, kalıptan çıkış sıcaklığı gibi parametreler de önem arz etmektedir. Kauçuk kalıbı sıcaklık etkisiyle çarpılmalara uğramayacak uygun çelikten tasarlanmalıdırlar. Kalıba yapışma,çeper oluşumu gibi sorunlar sıcaklıklarda ve de kapama basıncında oynamalar yapılarak giderilebilirler.

Kauçuk kaplama sırasında iletim yöntemiyle kalıplamayla birlikte plastik enjeksiyon yöntemi de yaygın olarak kullanılmaktadır. İletim yöntemiyle kalıplama sırasında erkek bölge kauçuğa temas etmeden önce ısıtılmalıdır ki kalıp içi ve dışı bölgeler arasında ani ısıl değişimler meydana gelmesin. Bununla birlikte presleme sırasında çarpılmalar olmaması için uygun kalıp çeliği seçilmelidir.



Şekil 2.14 Piyasada kullanılan plastik enjeksiyon kalıp malzemeleri [7].

Çizelge 2.10 Plastik enjeksiyon kalıp malzemelerine ait teknik özellikler [7].

- C45 Çeliğinden üretilmiştir.
- HRC=37+-3
- Yüksek hassasiyetle üretilirler.

2.3.4 Oto volumetrik preslerde elmas boncukların soğuk preslenmesi

Oto volumetrik preslerde programlamaya bağlı olarak belirtilen hacimlerde elmas tozu ve metal tozu kalıp boşluğuna doldurulur. İsteğe bağlı olarak sandviç veya normal soket basımı gerçekleştirilir [7]. Şekil 2.15’de otovolumetrik bir prese ait resim yer almaktadır.



Şekil 2.15 Piyasada kullanılan otovolumetrik bir pres [7].

2.3.5 Tünel fırın

Tünel tipi fırınlarda koruyucu atmosferde N_2+H_2 gazı sinterlemede kullanılır, bu tip fırınlar toz metalurjisiyle üretilen malzemelerin sinterlenmesinde kullanılır, bununla birlikte elmas soketleri, elmas boncukları , sert alaşımlar, seramikler ve diğer malzemeler de bu koşullar altında sinterlenebilir.Şekil 2.16’da gösterilen tipte bir tünel fırını yüksek üretim kapasitesine ve de diğer sinterleme yöntemiyle üretilemeyen birtakım üretimleri yapma özelliğine sahiptir [7].

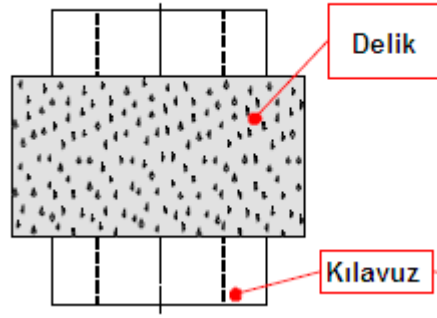


Şekil 2.16 Piyasada kullanılan tünel fırını [7].

2.4 Malzemeler

Mermer ve granit kesimlerinde boncuklar çok sarımlı kasnağa bağlı halat üzerine dizilirler. Boncuklar arası mesafe sabittir ve aradaki mesafe yay ya da plastikle sağlanır. Bununla birlikte sıkma, pul, ek gibi bileşenler de boncukların yapıda sabit olarak durmalarını sağlamaktadırlar.

Yay ve plastik halatı dış etkilerden korur ve de korozyana karşı korur.Kesim koşullarına bağlı olarak poliüretan veya kauçuk kaplamalar tercih edilebilir. Kauçuk kesim sırasında zorlamadan dolayı eğer yüksek sıcaklıklar meydana gelecekse kullanılmaktadır. Her boncuk kılavuz ile delinir ve de dış açılır. Genellikle gümüş gibi bir dairesel elemanla göbek burcu boncuk arasında lehimleme işlemi sağlanır [7].Eğer SPS’de tutunma mekanik olarak gerçekleşir ve de lehimlemeye gerek yoktur.



Şekil 2.17 Boncuk kesit görünümü [2].

Boncuk yapısını 2 eleman oluşturur, bunlar endüstriyel elmas ve de matrikstir, matriksisinterlenmiş metal veya seramikler oluşturur. Kılavuz göbek burcunun içine açılır [7].

Boncuklar kesilecek malzemeye göre hazırlanır; mermer,granit ve de beton için farklı kompozisyonlar mevcuttur. Ardından her grup içerisinde boncuk çapına göre alt gruplara ayrılır. Mermer boncuklarında genel kullanım: 10,5 mm dir.Granit boncuklar genelde 5 farklı çapta üretilirler: 11 mm, 10 mm,8.8 mm , 8 mm ve de 7.2 mm. Betonlar için ise 2 farklı çapta üretim vardır genelde; 11.5 ve 11 mm [7].

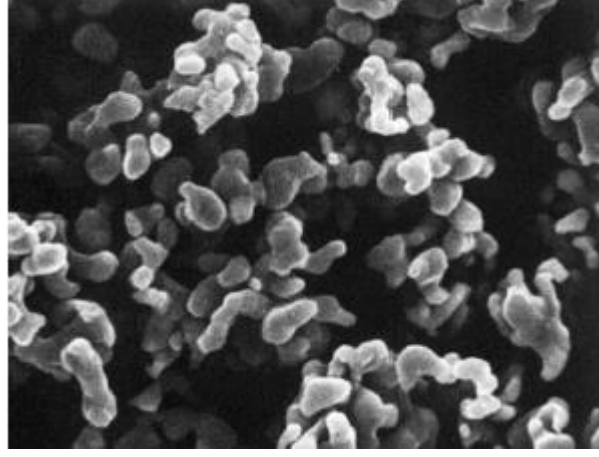
Matriksin genel bileşenleri kobalt,bakır,bronz,kalay,nikel,önalaşımlandırılmış tozlar ve tungsten karbürdür; Kobaltın fonksiyonu elmas parçacığını tutmaktır; Tungstenkarbür; tungsten sert ve abrasif bir malzeme olduğundan ve de elması tutma görevi üstlendiğinden istenir [7].

2.4.1 Tozlar ile ilgili bilgiler

Kobalt açık gümüş rengi bir malzemedir, 1495 °C’de erir , teorik yoğunluğu 8,9 g/cm³ tür. Ferromanyetiktir, nem olsa bile oda sıcaklığında oksitlenmez, yüksek sıcaklıklarda az da olsa oksitlenir [7].

En uygun kobaltın seçimi ardından uygulanacak sinterleme işlemine bağlıdır; genel bağlamda konuşacak olursak, tane boyutu küçüldükçe spesifik yüzey alanı artar ve malzemenin reaksiyon verimi artar , bu da sinterleme sıcaklığını düşürür; eğer serbest sinterleme işlemi uygulanacaksa çok ince kobalt tercih edilmelidir, eğer HIP işlemi uygulanacaksa daha kaba kobalt kullanılabilir [7].

Önemli kobalt üreticileri bu konuda geniş bir yelpaze sunarlar. (Ultraince, ekstra ince ve diğerleri). Şekil 2.18’de matriks malzemesi olarak kullanılan kobalta ait 5000 büyütmede elde edilen SEM fotoğrafı yer almaktadır [7].

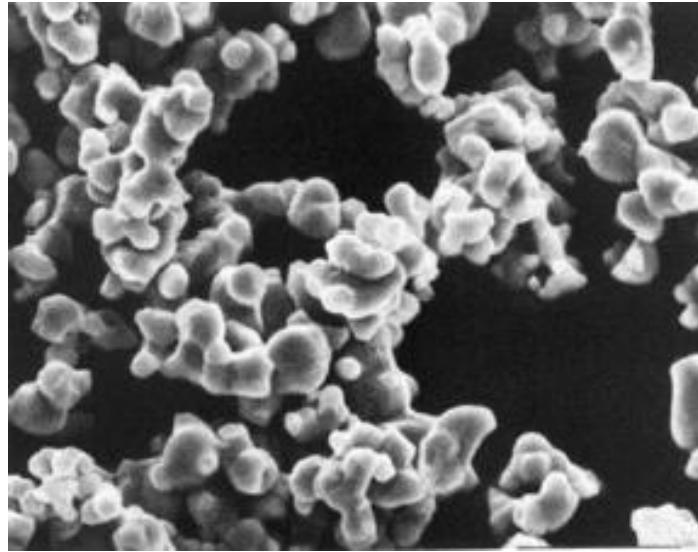


Şekil 2.18 :5000 büyütmede kobalt tozuna ait SEM görüntüsü [7].

Tungsten ve karbon birçok bileşen oluştururlar, en çok kullanılanı tungsten karbürdür, (WC) ; kristal yapısı hegzagonaldır ve de teorik yoğunluğu 15,8 g/cm³’tür [2].

Karbürler genelde boncuk üretiminde kullanılırlar aynı elmaslarda olduğu gibi gruplanırlar [7].

Hem tozlar hem de eriyik karbürler %5-%10 oranlarında kobalta katılırlar [7]. Şekil 2.19’da elmaslı kesicilerin metal matriksinde kullanılan tungsten karbüre ait SEM resmi yer almaktadır.



Şekil 2.19: 5000 büyütmede tungsten karbür tozuna ait SEM görüntüsü [7].

NEXT ismi hazırlanışılara Eurotungsten tarafından verilen bir isimdir , mikronaltı ön alaşımlandırılmış tozları içerir, 3 metalden oluşur (kobalt,demir,bakır) [7].

Ana malzemeler:

NEXT 100 (%25 Co, %25 Cu , %50 Fe) 8,62 g/cm³ [7],

NEXT 200 (%25 Co, %65Cu , %10 Fe) 8,75 g/cm³ [7],

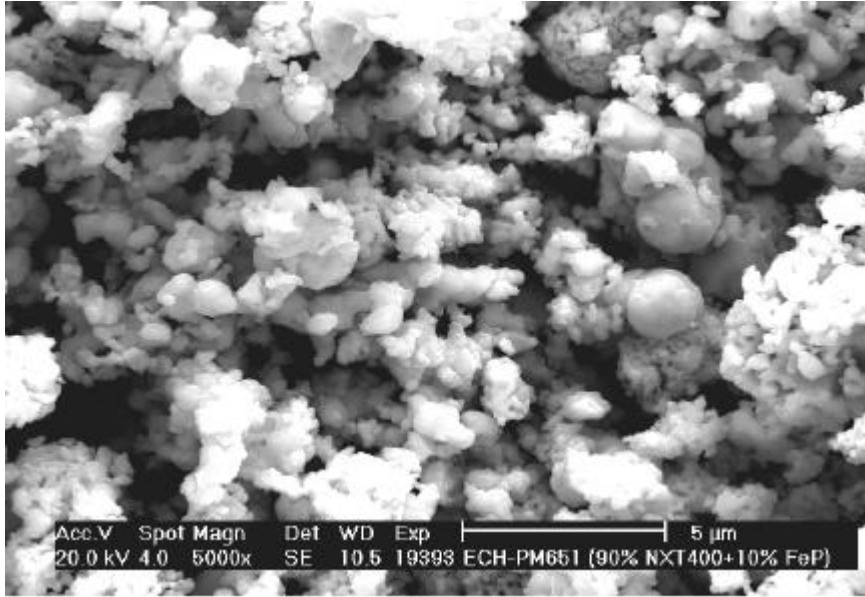
NEXT 300 (%25 Co, %3 Cu, %72 Fe) 8,12 g/cm³ [7],

NEXT 400(%15 Co,%35 Cu, %50 Fe) 8,35 g/cm³ [7],

NEXT 900(<%4 Co, %20 Cu, %80 Fe) 8,08 g/cm³ [7].

Eğer bu hazır alaşımlara bronz,tungsten karbür ve bunun gibi metal tozları eklenmek istenirse ; tüm tozların boyutları 1 ve 2 mikrometre arasında olmalıdır [7].

NEXT 400'e %13 fosforik demir (10%P, 90% Fe) eklendiğinde teorik yoğunluk 8,23 g/cm³'e iner. %1 Olycox ve %1 PVA ile direkt olarak granül haline getirilebilir. [7]. FeP takviyesi ile birlikte yapıdaki değişim Şekil 2.20'de görülmektedir.

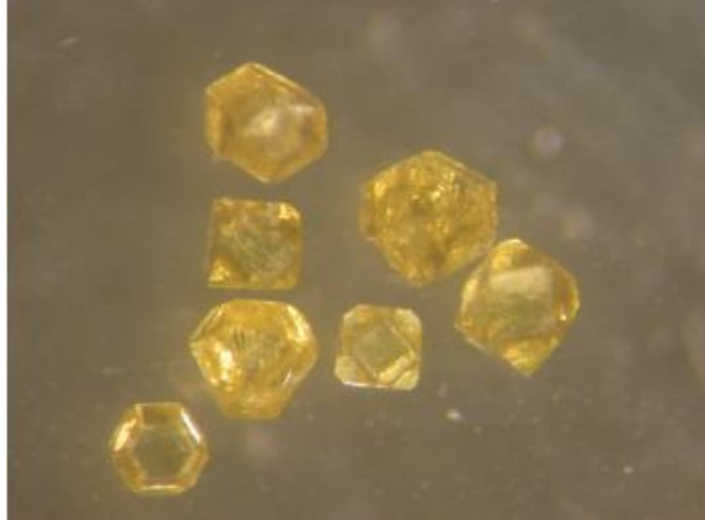


Şekil 2.20: 5000 büyütmede FeP takviyeli NEXT400 tozuna ait SEM görüntüsü [7].

2.4.2 Elmas parçacıklar

Elmas 3,51 g/cm³ yoğunluğa sahiptir.

Elmas bilinen en sert malzemedir, ısıyı iyi elektriği ise kötü iletir, kimyasal olarak inerttir; asit ve alkaliler tarafından zarar görmez ve sadece ergimiş sodyum yada potasyum karbonat karbon monoksit oluşturarak ufak hasar verebilir. Şekil 2.21 ‘de endüstriyel amaçlarla kullanılan yapay elmas parçacıkları yer almaktadır [7].



Şekil 2.21: 40 büyütmede 35/45 meş ebatındaki endüstriyel elmasa ait görüntü [7].

Endüstriyel elmas tane büyümesi ile basınç ve sıcaklıkla katalizör olarak kobalt-molibden ya da demir nikel kullanımıyla elde edilir [7].

Önemli elmas üreticileri Element Six, DiamondInnovation ve Iljindir ancak Çinli rakipleri her geçen gün artmaktadır [7].

2.4.3 Kılavuz

Kılavuzlar 2 şekilde üretilirler; dış açılmış veya açılmamış [7].

Dişsiz olanlar mermer kesiminde kullanılırlar, 8 mm dış çapa sahiptirler, yükseklik üreticinin ihtiyaçlarına göre değişir [7].

Kılavuz ve diş açma işlemleri elik halatla temas etme ve boncuğun elik halata sıkıca tutunması açısından önem arz etmektedir.

Dışliler granit ve beton kesiminde kullanılır ; yükseklik 11-11,5 mm ve dış çap 8 , 7.3 , 6.5 , 6 , 5 mm olarak kullanılırlar [7].

İç çap dış çapın fonksiyonu olarak değişir; 8 mm dış çapa sahip bir boncuk 5,2 mm iç çapa sahiptir , dış çekilmişler M6 – M4 tipidir [7].

Kılavuz iyi bir bağlanma yüzeyi sağlanması amacıyla bakır ile kaplanabilir, mermer tipinde yaygın olarak kullanılır , granitte daha çok nikel kullanılır [7].

HIP teknolojisinde , kılavuz sinterlemeden sonra açılır , çünkü basınç sırasında delikte büzölmeler meydana gelebilir. Bu da halatın delikten geçmesini engeller [7].

2.4.4 Sert lehimleme alaşımı

Boncuk göbek burcu arasında tutunmayı sağlamak için lehimleme alaşımı kullanılır, genelde bu alaşımlar gümüş bazlıdır, çünkü serbest sinterleme sırasında boncuk göbek burcu arasındaki bağ dayanımı sağlayacak kadar kuvvetli değildir [7].

HIP sırasında lehimlemeden kaçınılmalıdır, çünkü yüksek basınçlarla birlikte oluşan mekanik kuvvet ayrılmayı engeller; bu nedenle göbek burcunun boncuğa tutunmasını kuvvetlendirmek için matrikse bronz-gümüş eklenir [7].

Göbek burcu boncuk arasındaki bağ gümüş esaslı alaşımlarla sağlanır, normalde tekli , üçlü veya dörtlü alaşımlar oluşabilir, göbek burcu boncuk arasına bağı sağlamak için yüzük formundaki malzeme araya yerleştirilir, yüzüğün çapı göbek burcunun iç çapından 0,2 daha fazla olmalıdır, yüzük boncuk göbek burcu arasındaki boşluğu doldurmalıdır [7].

2.5 Boncuk Üretim Aşamaları

Üretim çok aşamalıdır; [7].

Karışım hazırlanması [7],

Soğuk presleme [7],

Sinterleme [7],

Sert Lehimleme [7].

2.5.1 Karışım hazırlanması

Metal tozları , bağlayıcı ve elmas tozları tartılır ve karıştırılır; bu tüm üretimin en önemli kısmıdır [7].

Granülasyon zorunlu değildir; özel teknikleri ve de makinaları gerektirir , üretim süresini uzatır, ve bağlayıcıların uçması için uzun süreleri gerektirir; fakat kesin olarak boncuğun performansını artırır: elmas dağılımı daha homojen olur, daha iyi boncuk performansı elde edilir, yüksek üretim hacmine sahip volumetrik presler gerektirir [7].

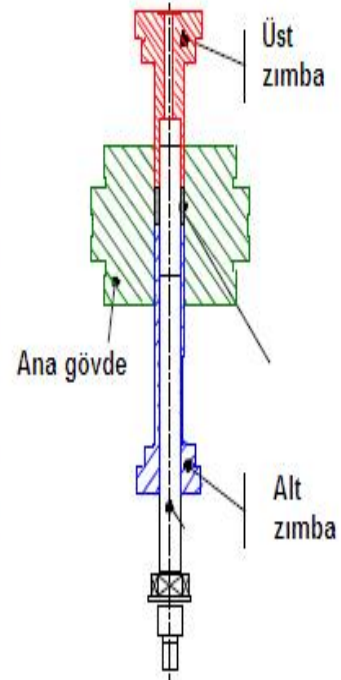
2.5.2 Soğuk presleme

Gerekli karışım hazırlandıktan sonra sonraki adım yaş malzemeyi elde etmektir, son üründen beklenen boyutlardan daha büyük boyutlarda üretilir, böylece sinterleme sonrası büzölmeler kompanse edilir, basınç miktarı sinterleme yönteminin fonksiyonudur. Genel olarak yaş malzeme teorik yoğunluğun %55'i ve %70'i arasında olduğu söylenebilir [7].

Bu işlem soğuk presleme için dizayn edilmiş preslerde yapılır ve genelde granöl hale getirilmiş karışımlar kullanılır [7].



Granöl Yükleme Sistemi



Soğuk Presleme Sistemi

Şekil 2.22: Soğuk pres kalıbı (solda) ve ona (sağda) ait teknik çizim [7].

Yaş malzeme sinterlenir ve ardından sıcaklık ve basınca maruz kalır, böylece malzemeler yakınlaşarak istenen yoğunluk değerine ulaşırlar, böylece malzemeler arasındaki minimum uzaklık azalır [7].

4 temel sinterleme yöntemi vardır [7];

-Sadece ısı etkisiyle sinterleme= Serbest sinterleme [7].

-Sıcaklık ve mekanik basınç ile sinterleme, Grafitte standart sinterleme olarak adlandırılabilir [7].

- Sıcaklık ve yüksek basınç etkisiyle sinterleme = HIP [7].

-Sıcaklık ve düşük basınçla sinterleme; GPS [7].

Serbest sinterlemede gerekli olan fırınlar aşağıdaki gibidir; [7].

Batch tipi fırın (Tamamıyla redükleyici atmosferde) [7].

Tünel fırını (Tamamıyla redükleyici atmosferde) [7].

Teknolojilerin avantajları ve dezavantajları halen tartışılmaktadır [7].

Tünel fırınıyla üretilen boncuklar daha az pahalıdır fakat , HIP en pahalıdır ve de en son teknolojidir ve de üst düzey boncuk performansı sunar [7].

Tünel tipi fırını en yaygın olarak kullanılır çünkü ürün kapasitesi çok geniştir [7].

Bununla birlikte tüm bu sistemlerin dışında elektroliz yöntemiyle de üretim yapılabilmektedir.

Elektrolizle boncuk yüzeyinde elmas tanecikleri bir tabaka oluştururlar [7].

Katman kalınlığı kullanılan elmasın boyutuna göre değişir [7].

Elmasın yüzeye tutunması galvanik prosedürlerle yüzeyi tutunmayı sağlayacak bir yardımcı malzemeyi gerektirir [7].

Tutunmayı gerçekleştirecek malzeme anot yüzey üzerine yerleştirilir, boncuk gövdesi ise katot olarak davranır. Genelde anot olarak nikel kullanılır nadir olarak da krom kullanılır [7].



Şekil 2.23: Elektroliz kaplı boncuklar [7].

2.5.3 Halat montajı

En yaygın olarak kullanılan halat kaplama teknikleri [7];

Yaylar – Mermer kesiminde [7],

Kauçuk – Granit kesiminde [7],

Hem yay-hem kauçuk, sert ve aşındırıcı taş ocaklarında [7],

Plastik kaplama granit makinalar için [7],

Yay ve plastik kaplama beton ve diğerlerine göre daha sert taşlarda kullanılır [7].

2.5.4 Kauçuk kaplama

İlk kaplama kauçukla yapılmıştır. Kauçuk transfer yöntemiyle kalıpların ısıtılarak basınç etkisiyle kauçuğun halat etrafını kaplamasından ibarettir [7].

Dayanıklı bir kauçuk kaplama için vulkanizasyon parametreleri iyi belirlenmelidir. Kauçuğun raf ömrü bellidir, raf ömrünü dolduran kauçukta kristallenme meydana gelebilir bu da kauçuğun halat etrafında kalıplanabilirliğini sağlayan önemli bir parametredir.

Bunun dışında kauçuğun saklama koşulları da önem arz etmektedir. Saklama koşullarından ötürü kauçuk akıcılığını yitirebilir ve kaplamada eksiklikler meydana gelebilir.

Kauçuk transfer yöntemiyle üretilbildiği gibi injeksiyon yöntemiyle de üretilbilmektedirler.

Kauçuğun kaplanması işlemi sırasında kullanılacak halat tipi de önemlidir Halata yapılacak uygun bir kaplama kauçuğun yüzeye tutunma kalitesini arttırabilecektir.

Bunların dışında kauçuğun vulkanizasyon işlemi sonrasında ilave bir işlem gerekmez.

3.ELMAS SEÇİMİ

Elmaslı kesiciler üzerine büyük çalışmalar yapılmakta, bu alanda elmas üreticileri ve üniversitelerin çalışmaları sürmektedir. [9] Kullanılacak elmasın üretim yöntemi performans açısından önem arz etmektedir. Üretim yöntemine göre elmasların mekanik özellikleri büyük farklılıklar göstermektedirler. Çizelge 3.1’de farklı elmas tiplerine ait mekanik özellikler yer almaktadır.

Çizelge 3.1 Elmas çeşitlerine ait mekanik özellikler [8].

Özellik	Tek Kristalli Elmas	CVD Elmas	Çok Kristalli Elmas
Yoğunluk (g/cc)	3.52	3.51	4.10
Young Modülü (GPa)	1050	1180	800
Basma Dayanımı (GPa)	9.0	16.0	7.4
Eğme Dayanımı (GPa)	2.9	1.3	1.2
Kırılma Tokluğu ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)	3.4	5.5	9.0
Knoop Sertliği (GPa)	50-100	85-100	50-75
Termal İletkenlik (W/mK)	1000-2000	750-1500	500
Termal Genleşme ($10^{-6}/\text{K}$)	2.0-5.0	3.7	4.0

3.1 Tek Kristalli Elmaslar

Tek kristalli elmaslar oldukça keskin uçlara ve düşük sürtünme yüzeylerine sahiptir bu da daha hassas yüzey kesim özellikleri sağlar. Bu karakteristik özellikler kristal yapısına ve de elmasın saflığına bağlıdır [8].

Ancak bu özellikler elmasın kırılma dayanımının düşmesine neden olur. Elmas üzerindeki kristal düzlemler farklı aşınma karakteristiği gösterir, bu yüzden takımdan takıma kesim performansı farklılık gösterebilir. Belli düzlemlerden elmas kolayca kırılabilir bu yüzden üzerine etki eden kuvvetlerin yönü performans açısından önem arz etmektedir.

3.2 Çok Kristalli Elmas

Tek kristalin özelliği yüksek hassasiyetle yüzey bitirme işlemlerinin yapılmasına olanak tanır. Çok kristalli elmas çabuk aşınan kaba kesme yüzeyleri için idealdir [8].

Çizelge 3.1’de yer alan üç farklı elmas türü karşılaştırıldığında çok kristalli elmas daha yüksek tokluk gösterir. (Kırılma ve talaş kaldırma durumlarında) . Elmas içerisinde tüm yönlerde benzer özellikler barındırmaktadır. Çatlak ilerlemesi daha zordur [8].

Çok kristalli elmaslar kırılma dayancının yanında daha iyi çekme ve basma dayancına da sahiptir. Bu özellikler kristal boyutuna, bağlara ve kobalt fazına bağlı olarak değişebilir [8].

3.3 Seramik Kesim Araçları

Kobalt fazına bağlı olarak çok kristalli elmasın sertliği düşebilir, yapıyı korozyona açık bir hale getirebilir ve de yüksek sıcaklıklarda elmasın grafit dönüşmesini tetikleyebilir [8].

Tane boyutu çok kristalli ve CVD aşınma dayanımını belirleyen farklıdır. Çok kristalli elmasta daha büyük tane boyutları kaba işleme için idealdir çünkü aşınma dayanımları daha yüksektir. İnce taneler hassas yüzey işlemlerinde önem arz etmektedir. Küçük elmas taneleri büyüklere göre daha hızlı aşınır. CVD kaplı elmasta küçük elmas taneleri de büyük elmaslar kadar dayanıklıdır [8].

3.4 CVD’nin Avantajları

CVD elmas sadece çok kristalli elmasa alternatif olarak değil çok kristalli ve tek kristalli elmasın kullanılmadığı yerlerde de kullanılabilir [8].

Çok kristalli elmasla kıyaslandığında CVD elmas daha serttir ve daha düşük bir sürtünme katsayısına sahiptir , 2 ila 10 kat aşınma dayanımı daha fazladır, ısı iletkenliği daha yüksektir, daha iyi kimyasal ve ısıl stabiliteye sahiptir [8].

CVD elmas kesiciler çok kristalli elmastan daha yüksek hızlarda kesim yapabilir : CVD elmasın düşük sürtünme katsayısı ve yüksek ısı iletkenliği daha yüksek hızlarda zararlı etkiler doğurmadan kesim yapmayı sağlar. Bu da üretimi arttırırken kesim parçalarının kesim yüzeyinde birikmesini engeller. Bu da CVD elmasın düşük darbe direncini dengeleyici bir unsurdur. [8]

Bununla birlikte CVD tipi elmas çok kristalli elmasın aksine plastik bazlı malzemelerin kesiminde korozyona daha dayanımlıdır [8].

3.5 Elmasların Kullanım Alanları

3 elmas tipinin de belli karakteristiği vardır [8].

Saha uygulamalarında tek kristalli elmas yüksek hassasiyetli yüzey bitirme işlemlerinde kullanılır , yüzeye yakın bölgelerin kesiminde maksimum boyutsal kesimi mümkün kılar [8].

PCD ve CVD elmas birçok benzer uygulamada kullanılabilir. Çok kristalli elmas kaba kesim ve yüksek kırılma tokluğu gerektiren durumlarda tercih edilir. CVD elmas yüzey bitirme işlemlerinde daha iyi aşınma dayanımına sahiptir bu da daha hassas üretim sağlar. CVD kompleks geometriye sahip malzemelerin işlenmesinde de en iyi seçenektir. Çoklu kristale sahip elmas daha sade parçaların işlenmesinde kullanılır [8].

3.6 Elmas Konsantrasyonu

Bir soket veya boncuktaki elmas konsantrasyonunun %100'e eşit olması için cm^3 'e 4,4 karat elmas yer almalıdır bu da toplam hacmin %25'inde karşılık gelir. Diğer tüm elmas konsantrasyonu buradan yola çıkılarak oranlanır [7,10].

1 Karat elmas yaklaşık 0,2 gram ağırlığındadır. 1 karat elmasın hacmi elmas yoğunluğu $3,52 \text{ g/cm}^3$ alınarak hesaplanır [7,10].

Bu eşitlikten yola çıkılarak diğer karat değerleri de hesaplanır [7,10]:

$$C25= 1,10 \text{ ct/cm}^3$$

$$C40=1,76 \text{ ct/cm}^3$$

$$C50=2,20 \text{ ct/cm}^3$$

$$C75=3,30 \text{ ct/cm}^3$$

$$C90=3,96 \text{ ct/cm}^3$$

$$C135=5,94 \text{ ct/cm}^3 [7,10]$$

Çizelge 3.2 Elmas kristal sayısı ve aşınan yüzey başına dökülme miktarları [11].

US meş boyutu	Elmas konsantrasyonu					
	15	20	25	30	35	40
25/35	14	19	24	29	34	38
30/40	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

Etkin bir kesim işlemi için elmas konsantrasyonu önemlidir (istenen keskinlik parametrelerini yakalayabilmek için). Genelde düşük konsantrasyondaki elmas düşük temas yüzeyi, yüksek konsantrasyon ise yüksek konsantrasyon teması sağlar. Çizelge 3.2’de elmas konsantrasyonu ve boyutuna bağlı elmasların dökülme miktarları listelenmiştir. [12].

Eğer istenen (elmas boyutu+bağ+konsantrasyon) çalışma parametreleri sağlanabilirse elmas takım verimli olarak çalışır bu da elmas tanelerinin istenen keskinliği kazanmasıyla olur. Bu optik ekonomik ve de teknik performansı verir, yani istenen düşük fiyat, yüzey biritme yüzeyi vs. Eğer elmas parçacıklar keskinleşmiyorsa istenen değişiklikler yapılır.

Doğru yapı en az aşınan yapı değildir , uyumlu aşınan yapıdır. Kısaca yüksek elmas konsantrasyonu optimal kesme işlemi için garanti değildir. Doğru işlem elmas partiküllerinin kesimini sağlayan işlemdir [10].

3.7 Tane Boyutu

Ticari elmaslar, sentetik ve de doğal olmak üzere iki kısma ayrılır. Bunlar testere ya da kalibre için kullanılmak üzere farklı kategorilere ayrılırlar. Elmas boyutu elek altı ve üstü değerler baz alınarak belirlenir.

Bazı testerelede kullanılan elmaslar genelde partikül ağırlığı baz alınarak sınıflandırılır. Bu sayede malzeme uygun elek aralığından geçmiş ve de uygun ağırlıkta kullanılır, bu da ürün standardını yakalamamızı sağlar [12].

80 US meşin üzerindeki elmaslar testerelerde, oyuk açma vb. işlerde kullanılırlar ve de hızlı bir kesme işlemi gerçekleştirirler. Bir çok işlemde kullanılan elmas boyutu seçim rehberi aşağıdaki gibidir [12].

20/30 meş- tel ile kesim, beton ve asfalt oyu açma işlem,kum taşının lama ile kesimi [12],

30/40 meş- taşın tel ile kesimi ve taşın,betonun,asfaltın oyuk açma işlemi[12],

40/50 meş- taşın tel ile kesimi, betonun ve refrakterlerin oyuk açılma işlemi, taşın ve de yapı malzemelerinin tel ile kesilmesi [12],

50/60 meş çok ince taneli volkanik kayaçların tel ile kesilmesi ve de oyulması işlemleri. Tortusal yapıların tel ile kesim, lama ile kesim işlerinde, kesilmiş taş parçalarının kalibresi işleminde kullanılır [12].

60/80 meş – tel ile kesim, cam oyuk açma işlemi, seramik tuğlaların kalibrasyonu işlemlerinde kullanılır [12].

Genelde yavaş, ikinci mükemmel yüzey bitirme işlemleri için ince taneler kullanılır bu sayede de kenarlar daha uygun kesilir. Daha da ince taneler daha güçlü ve de kesimi güç malzemelerde kullanılırlar [12].

Daha kalın tane kullanmanın avantajı daha hızlı kesim yapabilmektir. Bu sayede kalın taneler yüzeyden daha çok çıkarlar ve de daha çok temas ederler bu sayede yüzeyden kesilen tozların uzaklaştırılması daha kolay olur. Çok sert malzemelerde çok kaba taneler kullanılırlarsa, her tanenin yüzeye teması farklı olur ve de çok sayıda dökülme meydana gelir ya da elmaslar yassılaşır [12].

80 meşten ince elmaslar genelde kalibrelerde kullanılır ve de yüzeyden talaş kaldırma işlemlerinde kullanılırlar. Ticari olarak 9 farklı elek aralığı kullanılır. 80/100 den 325/400 US meşe kadar farklı elek çeşidi mevcuttur. Bu sayede yüzeyden talaş kaldırmaya uygun elmas seçilir, böylece olabildiğince temiz bir kesme yüzeyi elde edilmeye çalışılır [12].

Elmas konsantrasyonu, tane boyutu ile birlikte takımın kesim performansını etkileyen önemli parametrelerdendir. Çizelge 3.2’den görüldüğü gibi elmas sayıları ve elmasların dökülme bölgelerinin çokluğu konsantrasyonla doğru orantılıdır ancak tane boyutuyla ters orantılıdır. Ancak bu değerler tane boyutu ile ters orantılıdır [12].

Kullanılacak konsantrasyon bir çok faktöre bağılıdır. Bir takımın kompozisyonunu ayarlarken , işlenecek malzemenin özellikleri öncelikli olarak düşünölmelidir. Genelde kesimi yapılacak malzeme sertleştikçe kesim işlemleri kolaylaşır ve de daha yüksek elmas konsantrasyonu gerekir [12].

Takım ömrünü arttırmak adına yüksek konsantrasyon seçildiğinde makinanın kesim gücünün de artırılması gerekmektedir. Aksi takdirde elmas parçacıklarına düşen yük azalacak , elmas kesim yüzeyine daha az nüfuz edecek bu da elmas yüzeyinde parlatmaya yol açacaktır. Bu durumda ya çok az ya da hiç kesme işlemleri gerçekleşmeyecektir [12].

Elmas konsantrasyonunun azalmasıyla birlikte elmas üzerine düşen yük artacaktır, belirli bir yük değerine kadar elmas parçacığının kestiği parçalar artacak ardından bir maksimuma ulaşacaktır. Bu değer aşıldığında dayanım değeri aşılmış olur ve de elmas kesme işlevi görebilecek durumdayken kırılır ya da yapıdan uzaklaşır [12].

Aynı anda elmas partiküllerinin %24-26 arası kısmı aktif olarak çalışır bunun nedeni aralarındaki yükselti farkından kaynaklanmaktadır [12].

4.METAL MATRIKS SEÇİMİ

Metal Matriksin 2 fonksiyonu vardır;

1-Elması sıkıca yapıda tutmak [12],

2-Elmas kaybını önlemek için eşit düzeyde aşınma meydana gelmesini sağlamak [12].

2. maddede belirtildiği gibi eş zamanlı bir aşınma elmasların yerinden çıkmasını ve de vaktinden önce yuvadan çıkmalarını engeller. Çok yumuşak matrix elmas görevini yerine getirmeden yerinden çıkmasına neden olur. Diğer yandan matrixin aşırı direngen olması da elmas kesme işlemini bitirse bile aşınmayarak kesme yüzeyinin parlamasına neden olur. Bu “camlaşma” olarak bilinir. Her matriks malzemesi elmasın maksimum performansla kesim yapmasına yetmez bunu sağlayabilen birkaç metal malzeme mevcuttur.1000 °C’nin altındaki sinterlemelerde elmasın en iyi performansı sergilediği yapılan çalışmalarla saptanmıştır[12,14].

Sert ve yoğun bir malzeme kesilirken kesim sonrası az döküntü oluşur ve ince tozlar olarak dökülürler. Bu koşullar altında matrixin aşınması çok zordur. Diğer yandan pütürlü ve daha yumuşak bir yapı kesilirken kesim sonrası çok fazla döküntü ortaya çıkar bu da matrix aşınımını arttıran bir etkidir [12].

Kesim koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır. Testere ile kesim esnasında kesim sonrası oluşan malzemenin uzaklaştırılması kesici soketlerin karşılıklı konumlanması nedeniyle engellenir [12].

Matrixin ikinci bir rolü de elması yapıda olabildiğince uzun süre tutmasıdır. Matriks yapısı, kullanım koşulları gibi birçok faktörden etkilenir [12].

Elmas matriks içerisinde mekanik bir şekilde ya da hem mekanik hem de kimyasal yardımıyla olabilir. Genelde matriksin elması tutma kapasitesi akma dayancına bakılarak değerlendirilir. Bununla birlikte elması yapıdan ayıran yegane şey sadece şey sadece elmas etrafında stres yoğunlaşmasına neden olan elastik deformasyon değildir. Çentik hassaslığı ve sünekliği de son derece etkilidir. [12] Eğer akma dayancı düşük olan matriks malzemesi kullanılırsa elmas yapıdan kolayca uzaklaşacaktır.

Eğer akma dayancı yüksek olan matriks malzemesi kullanılırsa da elmaslar kesme işlemini yerine getirdikten sonra alttan yerine yeni elmaslar çıkamayacak ve de kesme işlemi olumsuz olarak etkilenecektir.

Genel olarak mekanik kuvvetler etkisiyle malzeme tutulsa da kimyasal bağın etkisiyle de bu kuvvetin arttırılmasına uğraşmaktadır. Genelde elmas ve etrafını saran metal matriks arasında bir reaksiyon meydana gelir. Mekanik bağın yanında kimyasal bir bağ da oluşabilir. Bu bağların oluşup oluşmaması oksijen içeriğine partikül boyutuna ve de dağılımına, reaksiyon sıcaklığına ve süresine bağlıdır. Bunun yanında bu bağlar genelde karbür oluşturu elementlerin kullanımıyla sağlanır. Bu alaşımlardan bazıları sinterlenme veya sıcak presleme sırasında çıkılan yüksek sıcaklıklarla erir ve elmas partiküllerini örterler. Sonuç arayüzeyde kümelenen ve büyüyen karbür tabakası meydana gelir. Bu noktaya ulaştıktan sonra arayüzeyin dayanımındaki artış bir notadan sonra durmaya başlar belki de sonrasında içerisinde oluşacak porozitelerden ötürü dayanımı bile düşürebilir. Ayrıca yüzeyde oluşan kalın karbür tabakası elmas yüzeyinde bozulmalara neden olabilir [12,14].

Bu problemlerin önüne geçmek adına katı durumda karbür oluşumunu gerçekleştirecek krom ve tungsten gibi bileşenler ile denemeler yapılmıştır. Endüstriyel uygulama olarak bu teknik pek uygulanabilir değildir. Çünkü endüstriyel uygulamalar sırasında kullanılan grafit kalıplar da bu metal tozlarıyla reaksiyona girecek bunun sonunda da kalıp ayrılırken sıkıntılar doğuracaktır. Bunun yanında karbür oluşturu elementler matriksinsünekliğini kısıtlar. Örnek olarak kobalt bazlı alaşımlarda aşırı krom poroziteyi arttırır. Bunun nedeni Kirkendall etkisi ve de istenmeyen kırılma σ fazının oluşmasıdır [12].

Üretim basamakları elmasın bozunumunu belirler. Elmasın bozunumunumatriksin bileşimi ve de proses sıcaklığı etkiler. Yapay elmaslar 800 °C'den sonra dayanımlarını yitirmeye başlarlar. Metalik inklüzyonlardan dolayı bu bozulma 1000 °C'nin üzerinde aşırı bir şekilde artmaya başlar. Eğer sıcak presleme sırasında 1100 °C'nin üzerine çıkılıyorsa elmasın bozunma durumu göz önünde bulundurulmalıdır [12].

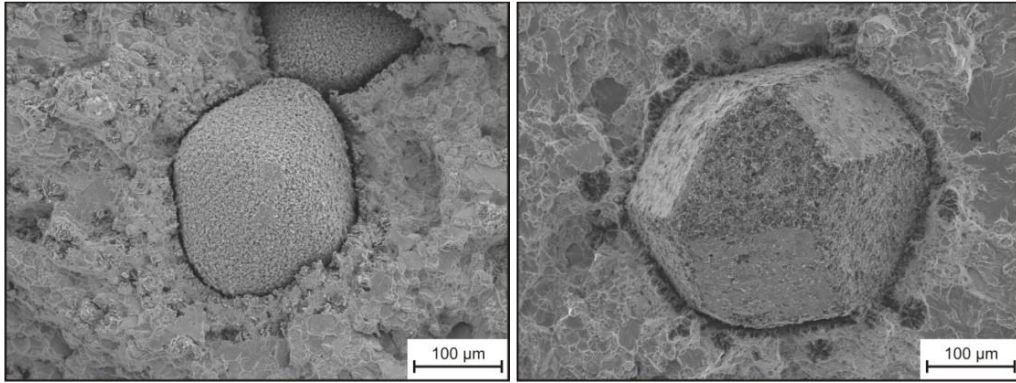
Dayanımdaki düşmeye ek olarak hem yapay hem gerçek elmasta yüzey grafitleşmesi meydana gelebilir. Bu işlem 700 °C'de başlar ancak grafit dönüşen elmas edilmelidir. Genelde tane küçüldükçe grafitleşmeyi başlatmak için daha uzun süreler ve de daha yüksek sıcaklıklara çıkılması gerekmektedir[12].

Aşağıda metal matriksinde yüksek oranda demir içeren metal matriksli bileşime ait SEM fotoğrafları yer almaktadır, fotoğrafta elmaslara ait yüksek düzeyde bozunma meydana gelmiştir. Buradan elmasın yüzeyine temas eden demirin elmas yapısındaki karbona katalitik bir etkide bulunduğu söylenebilir. Bu da metal matrikste yer alan elmasta gözle görülür bir bozunuma yol açmıştır.

Bununla birlikte Titanyum kaplı elmasta kaplı olmayana nazaran daha az zarar görülmüştür. Muhtemelen Titanyum kaplama karbür oluşturmuş ve de bu da elması korumuş olabilir. Şekil 4.2’de Şekil 4.1’dekine nazaran daha kuvvetli bir arayüzey oluştuğu görülmektedir [15].

Titanyum kaplama dışında Nikel kaplama ile yapılan çalışmalarda da iyi bir ara yüzey oluştuğu ve de elmasın yapıda tutunma performansının arttığı bilinmektedir.

Elmasın grafitte dönüşmüş olma olasılığı da göz önünde bulundurulmuştur [15].



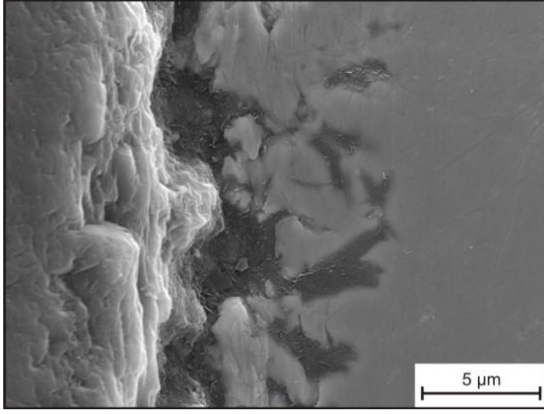
Şekil 4.1 Demir matriksteki elmas

Şekil 4.2 Matriksteki titanyum kaplı elmas

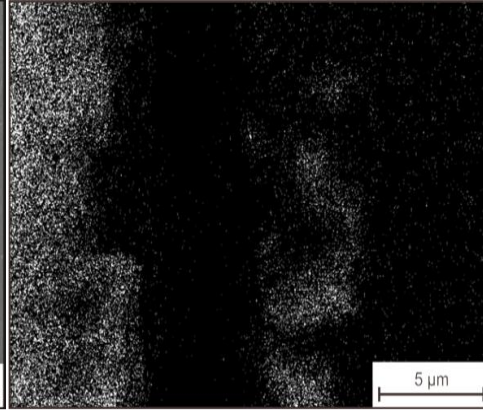
Genel olarak elmasın metallerin bulunduğu ortamda grafitte dönüşmesi katalitik bir prosestir. Bu nedenle elmas içerisindeki karbon yüksek sıcaklıklardaki vakumlu sinterleme sırasında az da olsa demir matriks içerisinde çözünür.

Soğuma sırasında grafit demir içerisinde ya da karbür olarak elmas yüzeyinden uzak bir bölgede bulunabilir. Dönüşen karbonun bir kısmı elmasın üzerinde grafit olarak da kalabilir [15].

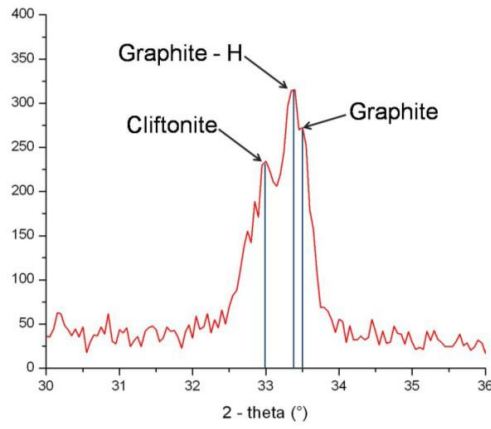
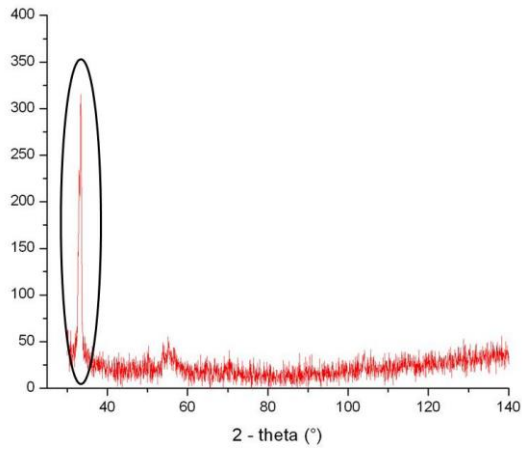
Bu nedenle X-Ray analizi yapılmıştır. Analiz sonunda elmas yüzeyinde grafitte rastlanmıştır. Şekil 4.3’de SEM ile elde edilen arayüzey görüntüsü ve de Şekil 4.4’de elmastan uzakta karbon içeriği gözükmemektedir [15].



Şekil 4.3 4D metalelmasarayüzeyi [15].

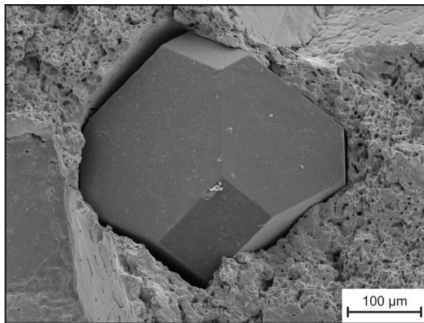


Şekil 4.4 EDX ile C taraması [15].

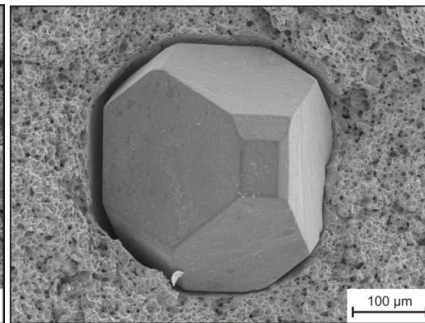


Şekil 4.5: 4D numunesinden alınan elmasa ait XRD difraktometreleri [15].

Yukarıda gösterilen demir içeren metal matriksli yapıların tersine 6D ve 6DTi içeren yapılar matriksinde bronz içerir ve tamamiyle farklı bir davranış gösterir. Karbon bronz ve kalay içerisinde çözünürlük göstermemiştir. Bu malzemeler karbona karşı inert olduğundan elmas içerisinde de herhangi bir bozunma görülmemiştir. Kaplı elmasın metal elmas arayüzeyine bakıldığında arayüzeyin demir içeren numunelerdeki gibi kuvvetli olmadığı Şekil 4.6’da görülmektedir [15].



Şekil 4.6 6D elmas numunesi [15].



Şekil 4.7 6DTi elmas numunesi [15].

Yüksek sıcaklıklarda işleme tabi tutulan malzemeler ekonomik olarak daha fazla masrafa neden olacaktır. Bu nedenle malzemeler sıcak preslenme sıcaklıklarına göre sınıflandırılabilirler. Sıcak presleme sayesinde malzemelerin son yoğunluklarına yaklaşırlar [12].

4.1 Kobalt Tozları

Kobalt ve kobalt esaslı alaşımlar elmaslı kesicilerde ana matrix malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Diğer metal matrislerin aksine [12];

- Partikül boyutu, partikül dağılımı, şekli ve saflığı açısından geniş bir dağılıma sahiptirler [12].
- Diğer tozlara göre daha düşük sıcaklık ve basınçlarda sıcak preslemeyle teorik yoğunluğa yakın yoğunluklar elde edilebilir [12].

Çizelge 4.1 Sıcaklığa bağlı olarak sarf malzemelerinin durumu [12].

Üretim kısıtlamaları			
Sıcak presleme sıcaklığı (°C)	Elmas bozunum derecesi		Sıcak pres sarflarının tüketimi (Grafit kalıpları ve elektrodlar vb.)
	Elmas tipi: Düşük kalitede yapay elmas (yüksek kalitede metal inklüzyonlar)	Elmas tipi: Yüksek kalitede yapay elmas ya da doğal elmas (kristalin ve ısı olarak stabil)	
<900	Düşük	Düşük	Az
900–1000	Orta	Düşük	Orta ¹
1000–1100	Yüksek	Düşük-Orta	Yüksek ¹

¹ Vakum ya da inert gaz kullanımı grafit tüketimini azaltır.

Sıcak preslenen kobalt [12];

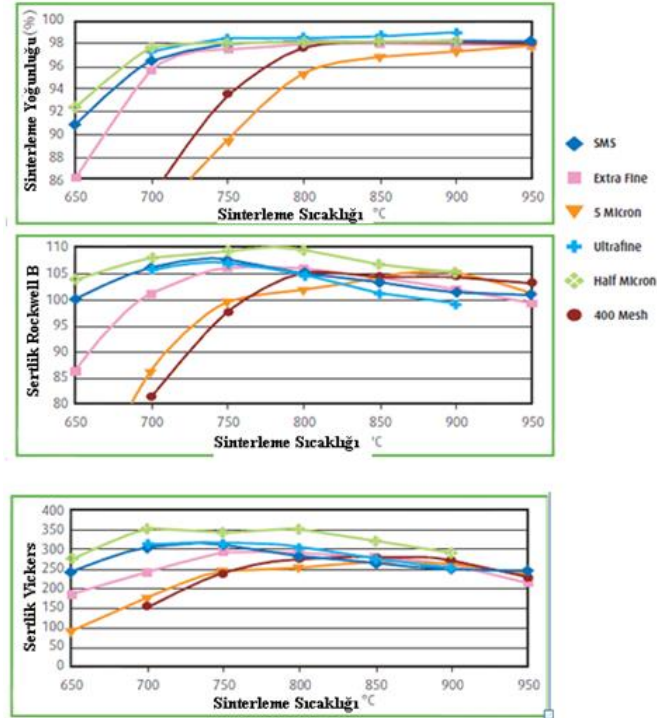
Yüksek akma dayanımı ve de tokluğundan ötürü elması mükemmel şekilde yapıda tutmaya yarar [12].

Abrasif aşınma direnci yüksektir, bu özelliği katılan diğer tozlarla modifiye edilebilir. Sıcak presleneme koşullarında sarf malzemeleri de etkilenmektedir. Çizelge 4.1’de sıcaklığa bağlı malzemeleri durumu gösterilmektedir [12].

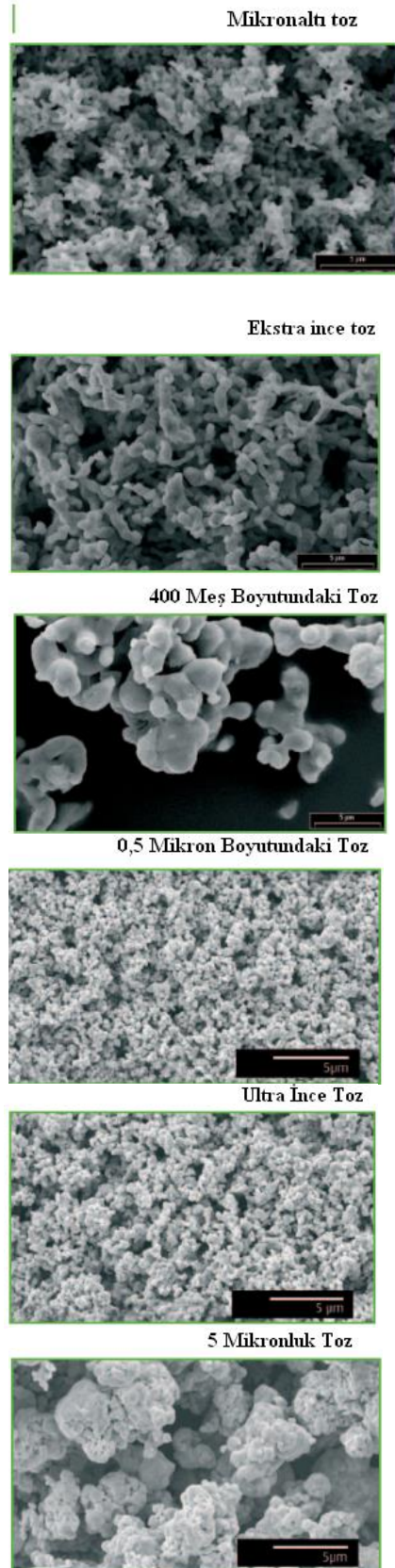
Çizelge 4.2 Elmaslı kesicilerde kullanılan kobalt tozları[16].

		Extra İnce Toz	Mikron Altı Toz	400 Meş Toz	0.5 Mikron Toz	5 Mikron Toz	Ultrainece Toz
Fischer elek boyutu	µm	1.45	0.90	3.90	0.65	3.70	0.90
Görünür yoğunluk	g/cc	1.1	0.6	1.9	1.3	2.3	1.2
Sıkıştırılmış yoğunluk	g/cc	2.1	1.2	2.6	2.5	3.6	2.5
H ₂ - loss	%	0.45	0.60	0.22	-	-	-
O	%	0.35	0.45	0.22	0.93	0.44	0.55
C	ppm	150	500	100	2500	700	1500
S	ppm	<10	<10	90	50	30	30
Ca	ppm	10	10	300	<10	<10	<10
Cl	ppm	300	300	20	-	-	-
Fe	ppm	50	50	200	<10	<10	<10
Mg	ppm	<10	<10	100	<10	<10	<10
Mn	ppm	<10	<10	25	<10	<10	<10
Na	ppm	25	25	50	<10	<10	<10
Ni	ppm	400	400	550	250	500	500
Si	ppm	10	10	100	<10	<10	<10
Ag, Al, Ba, Cd, Cr, Cu, K, Mo, Pb, Zn	ppm	< 20 Her element için					

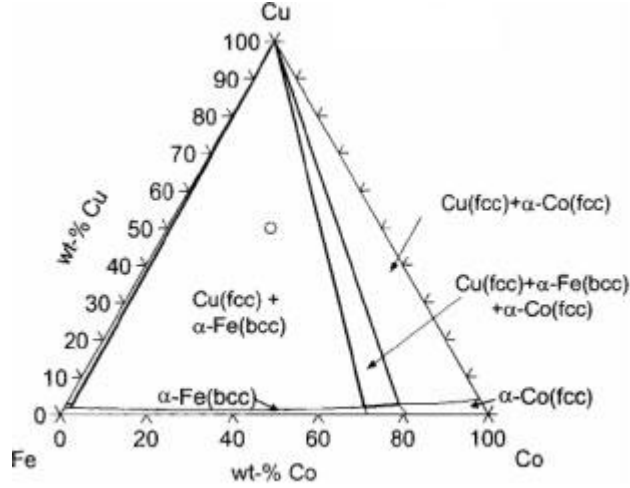
Amaca göre çok farklı karakterde tozlar kullanılabilir. Çizelge 4.2’de ticari olarak kullanılan kobalt türlerine ait boyutlar ve içerikleri yer almaktadır. Bir tek kobalt tozu kullanılarak yapılan denemelerde Şekil 4.8’de elde edilen sonuçlara göre farklı mekanik özellikler göstermiştir.



Şekil 4.8 Kobalt tozlarına ait mekanik testlerin sonuçları [16].



Şekil 4.9 Kobalt tozlarına ait SEM görüntüleri [16].

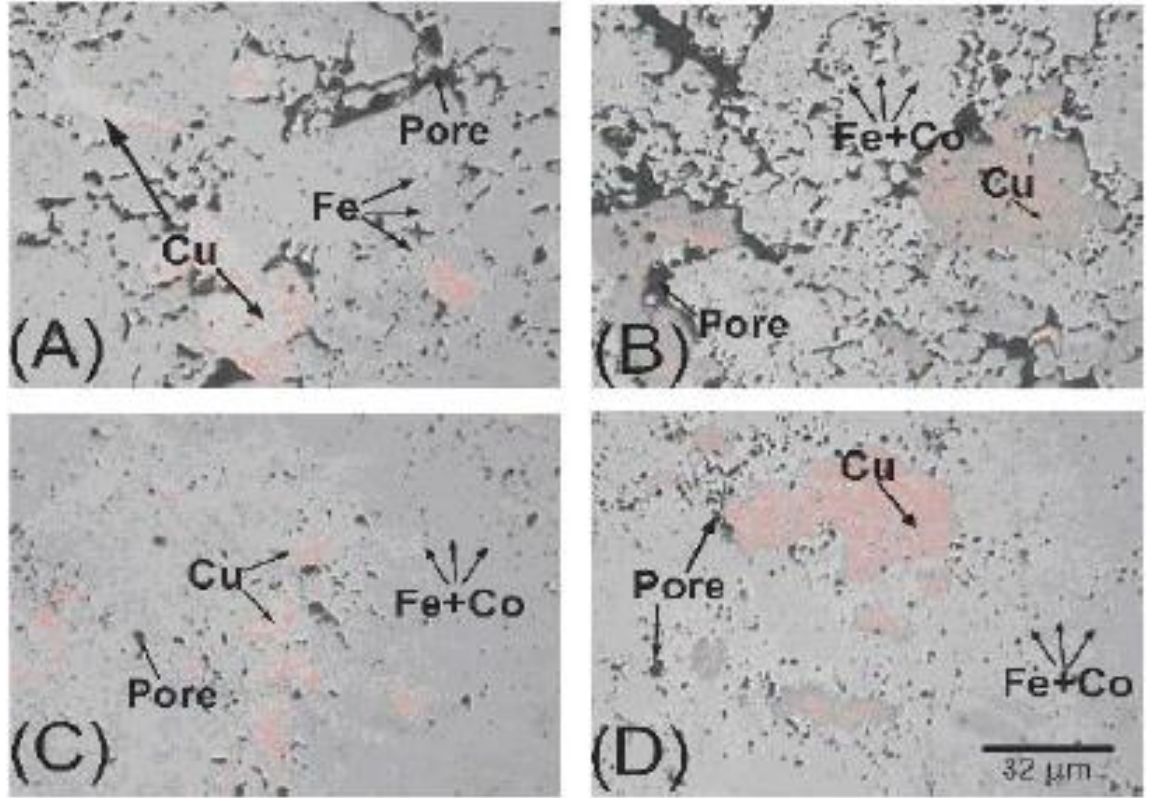


Şekil 4.10 Fe-Co-Cu'a ait 3 lü faz diyagramı (17).

Filgueira ve Pinatti çalışmalarında kobaltın elmaslı kesici matriksinde kullanılmasının olumlu etkilerini gözlemlemişlerdir. Şekil 4.10'da yapıdaki yüzdelik oranlara bağlı olarak oluşabilecek yapılar görülmektedir. Çalışmalarda artan kobalt içeriğiyle birlikte daha yoğun malzeme elde edildiği görülmüştür. (homojen dağılmış porozite) . Bu Fe-Co ile birlikte oluşan katı çözelti oluşumuna bağlanmıştır. Cu'nun Fe içerisindeki çözünürlüğü Fe'nin Cu içerisindeki çözünürlüğünden 2 kat daha fazladır. 1150 °C'de yapılan denemelerde bu özellik yapının şişmesine neden olmuştur. Bakır erir ve yayılır bununla beraber demir ile reaksiyon vermez. Bakır başlangıçtaki pozisyonunu boşaltır ve bu da poroziteye yol açar. Şişme Fe-Cu sistemlerinde sıvı faz sinterlemesinden ötürü görülen normal bir durumdur [17].

%10 kadar kobalt eklendiğinde de yüksek oranda por gözükmemektedir. Bunun nedeni bakırın kobalt çevresinde demire göre daha fazla yayınmasındandır-çünkü 1150 °C'debakırın kobalt içerisindeki çözünürlüğü oldukça fazladır. Bu sebepten malzeme içerisinde porozite oluşur. Demir ile kobalt arasında katı çözelti oluşur [17].

CuCo ile reaksiyona girmez ve Fe-Co katı çözeltisi oluşur. %10'u artan miktarda kobalt içeren bileşenlerde Fe-Co katı çözeltisi artar. Bu sayede sinterlemedeki difüzyon mekanizması artar, gözenekler kapanır ve bu da büzölmeye neden olur [17].

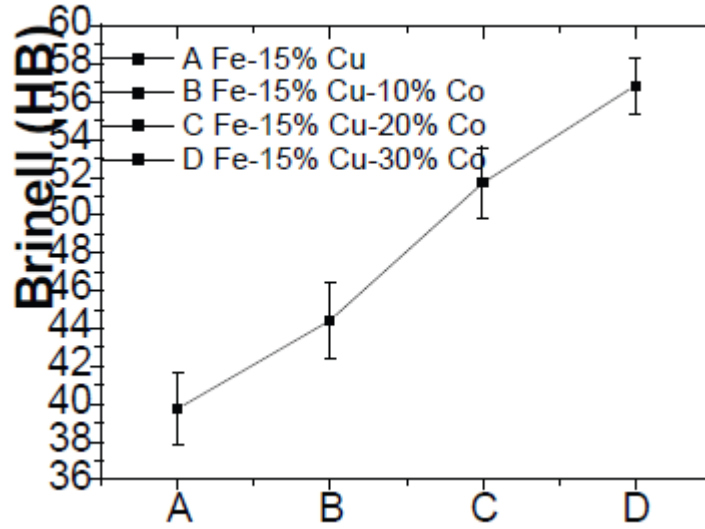


Şekil 4.11 Sinterlenen numuneler a) Fe-%15Cu b) Fe-%15 Cu c) Fe-%15Cu-%20C d) Fe-%15 Cu-%30 Co [17].

Çizelge 4.3 Aşınma testinden sonra numunelerde meydana gelen ağırlıkça azalmalar [17].

NUMUNE	AĞIRLIKÇA AZALMA(%)
A: Fe-15%wtCu	6.2 ± 0.3
B: Fe-15%wtCu-10%wtCo	9.7 ± 0.5
C: Fe-15%wtCu-20%wtCo	3.5 ± 0.3
D: Fe-15%wtCu-30%wtCo	0.4 ± 0.2

Yapıya yüksek oranlarda kobalt ilavesi beklendiği gibi aşınma dayanımını arttırmıştır. Bununla birlikte Şekil 4.11’ de görüldüğü gibi Fe-Co katı çözeltilisine ait bölgeler gözlemlenmiş ve de Cu lokal olarak belirli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Yapıda Co miktarının artmasıyla birlikte de yukarıda yer alan sonuçlardan görüldüğü gibi aşınma dayanımı artmış malzeme daha uzun süreler kesim işlemini yerine getirmeyi başarmışlardır. Co ve Ni bileşenlerinin aşınma dayanımını arttırdıkları daha önceden de yapılan çalışmalardan bilinmekteydi.



Şekil 4.12 Numunelere ait sertlik ölçüm sonuçları [17].

Yapılan araştırmalar sonucunda Şekil 4.11’de görüldüğü gibi artan kobalt miktarıyla sertlik gitgide artmıştır. %30’a kadar Co ilavesi de aşınma miktarını gitgide azaltmıştır. Özet olarak Co ilavesinin Fe-Cu alaşımlarının sertlik ve aşınma dayancı gibi önemli özellikleri arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu sayede alaşım elmaslı kesicilerde kullanılmak üzere hazır hale getirilir. %30’a kadar Co ilavesi ile olumlu neticeler elde edilmiştir [7].

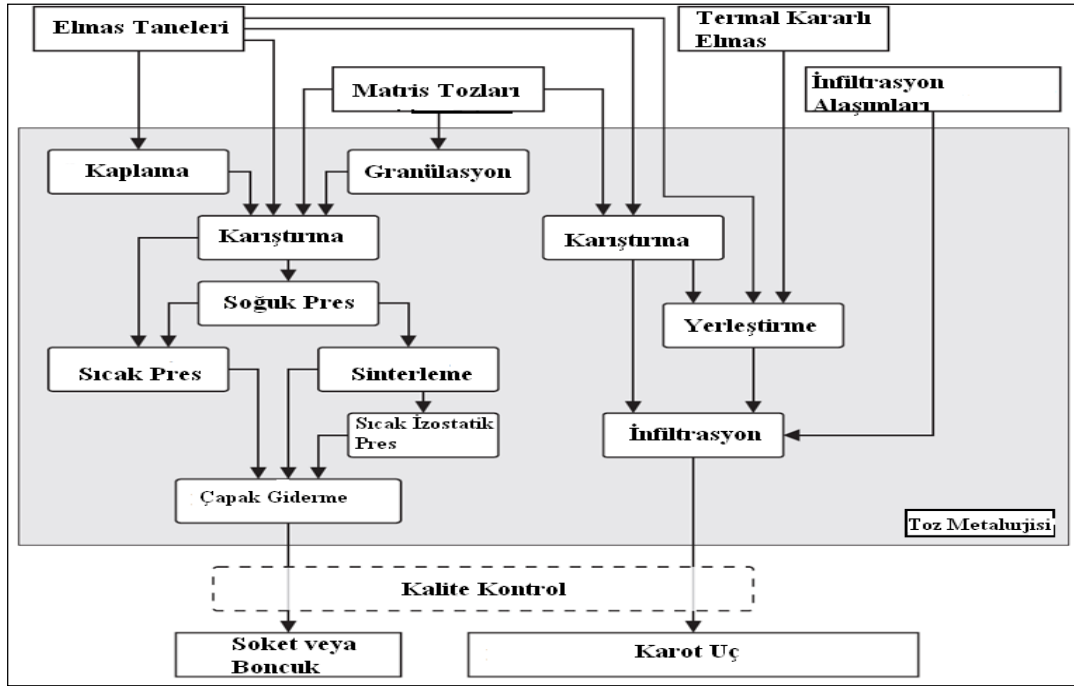
1. Co Fe ile birlikte katı çözelti oluşturmaktadır. Bu sayede daha yoğun bir mikroyapı elde edilmektedir. Bu sayede Cu’nun olumsuz etkileri kompanse edilir [17].
2. %30’luk kobalt ilavesi Fe-Cu sertliğini %40 arttırmakta Fe-Co katı çözeltisi Fe-Cu matriksinin sertliğini önemli bir biçimde arttırmaktadır [17].
3. %30 Co takviyesi ile Fe-Cu alaşımının aşınma dayanımı 15.5 kat artmaktadır [17].

5. ELMAS TAKIM ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Tipik bir üretim prosesi 2 farklı üretim aşaması içerir. Elmaslı kesiciler ilk önce toz metalurjisi yöntemiyle üretilirler ardından da lehimleme,dizgi vb. proseslerle kesici takım şeklini alırlar [12].

5.1 Toz Metalurjisi

Son ürün oluşana kadar elmaslı kesicilerin üretimi kapsamlı üretim basamaklarını içermektedir. Önemli üretim basamakları aşağıdaki gibidir [12].



Şekil 5.1 Elmaslı kesicilerin üretim basamakları [12].

5.1.1 Metal tozlarının hazırlanması

Temel olarak metal tozlarının hazırlanması karışımda kullanılacak tozların karıştırılması işlemlerini kapsar. Bu sayede istenen kimyasal bileşime sahip,partikül boyutu ve dağılımına sahip malzeme elde edilir. Bu işlem genel olarak 360 derece

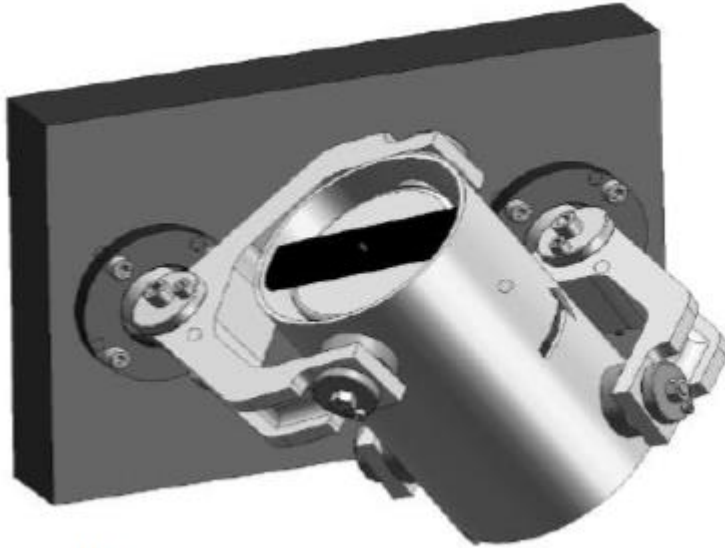
dönebilen Şekil 5.3'teki sistemde çalışan otomatik karıştırıcılar kullanılarak gerçekleştirilir [12].

Bağlayıcı ve de yağlayıcı ajan olarak parafin,glikol,izopropil alkol vs. kullanılır. Bu bileşenler metal tozlarına bu aşamalarda katılır. Bu sayede ileriki aşamalardaki segregasyon engellenmiş olur, aynı zamanda soğuk pres,sıcak pres işlemlerindeki kalıp aşınması minimize edilir [12].

Toz üretim toleranslarına göre hacim veya ağırlık kontrollü soğuk preslerle preslenir [12].



Şekil 5.2 Spartan tipi karıştırıcı [18].



Şekil 5.3 3 Boyutlu dönebilen karıştırma mikseri [19].

Soğuk presleme işleminde akış ve paketlenebilme karakteristiği çok önemlidir. Granülasyon bir çok şekilde yapılabilir fakat elmaslı kesiciler sektöründe iki yöntem yaygındır. Birincisi Şekil 5.2’de görülen Spartan ismiyle bilinen karıştırıcılardır ki yüksek hızda karıştırma prensibine dayanır. Son teknoloji olarak 360 derece dönebilen silindirik karıştırıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu karıştırıcılarda karıştırma işlemi için ilk önce tozlar katılır belirli bir süre sonra elmaslar karışıma ilave edilir. İyi bir karışım sağlamak adına metal bilyalar veya metal zincir kullanılabilir [12].

Üretim basamaklarında organik bağlayıcılar uygun çözeltilerde çözülürler. Böylece toz partikülleri bir araya tutunurlar böylece granüllere istenen mekanik kuvvet verilmiş olur. Bağlayıcının istenen termal özelliklere sahip olması önemlidir. Çünkü sinterleme sırasında bağlayıcı yapıdan uzaklaşmalıdır. Aksi takdirde son üründe gözenekler meydana gelir ve ürünün kalitesi düşer, lehimleme esnasında problemler meydana gelebilir [12].

5.1.2 Matriks-elmas karışımı hazırlanması

Elmaslar kaplamalı veya kaplamasız olarak kullanılabilir. Karıştırma prosesinin son ürüne bariz şekilde bir etkisi vardır. Yetersiz karıştırma işlemi matriksin beklenenden önce aşınmasına neden olacaktır.

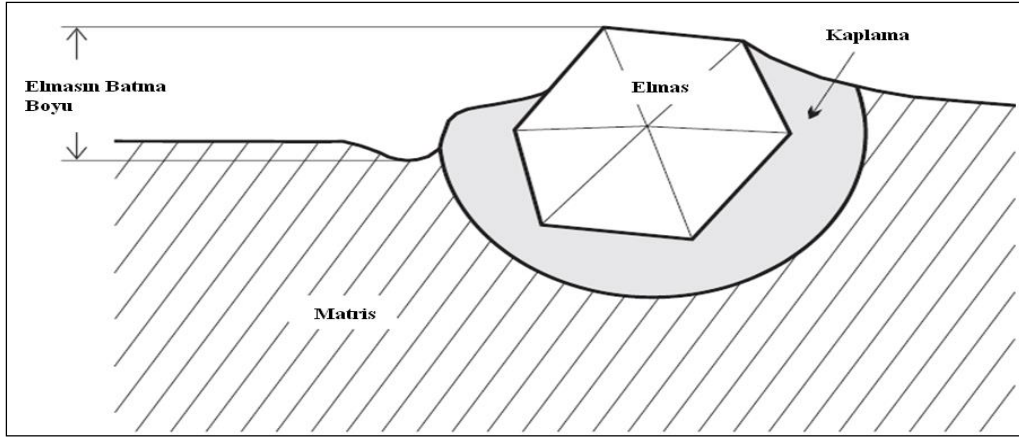
Elmasların olabildiğince kümelenmeden yapıya dağıtılması kesme verimi açısından kaplamalı elmas kullanımı son derece önemlidir. Elmasın toz karışımı tarafından çevrelenmesi bu kümelenmeyi etkileyen faktördür [12].

Elmasların karıştırılması sırasında çelik bilyalar ve de zincir elmasın matrikste homojen dağılması adına kullanılmaktadır.

Elmaslar yapıya matrikste kullanılacak tozların karıştırılması işleminden sonra yapıya katılırlar. Elmaslı veya elmassız karıştırma süreleri hemen hemen eşittir.

Kaplamalı elmas kullanmanın bir diğer avantajı da elmasların yapıda iyi dağılmasından ötürü soğuk pres kalıbının presleme esnasında daha az aşınmasıdır [20].

Ti kaplamanın yanında Ni kaplamalı elmaslarda piyasada yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ti kaplı elmasların kullanılması ile oluşan arayüzey daha güçlü bir bağ oluşturacak ve de elmasın yapıda kalma ömrü uzayacaktır.



Şekil 5.4 Kaplı elmasın matriks içerisindeki durumu [12].

Bunun dışında kaplamalı elmasın aşınma davranışı da son derece yüksektir ve etrafını saran matriks sayesinde elmas yapıda daha uzun süre aklır. Böylece takım ömrü uzar [20].

En yaygın olarak kullanılan kaplama yöntemi aglomera olmuş bağlayıcının uçucu organik çözültide çözündürülmesiyle elde edilen karışımın sprey halinde hava ile akışkan hale getirilen elmas taneler üzerine istenen kaplama kalınlığı elde edilene kadar uygulanmasıyla elde edilir.

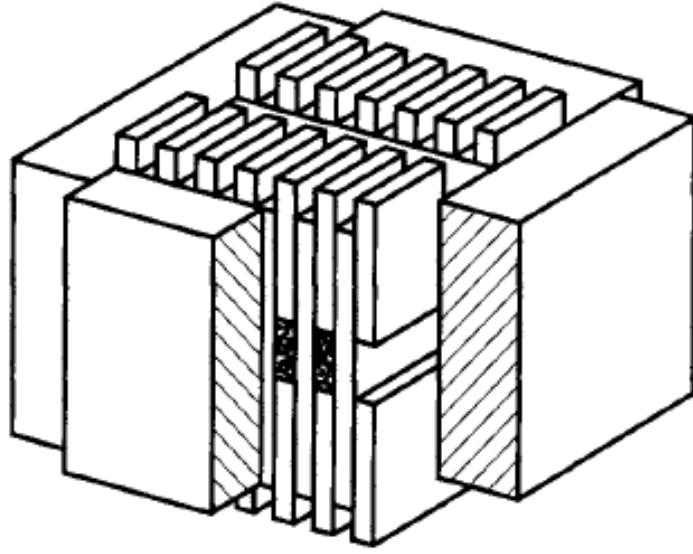
En uygun bağlayıcılar gliserol, polietilen glikol ve sıvı parafindir, solvent olarak da etil alkol, trikloroetilen ve izopropanol yaygın olarak kullanılır. %3'ün üzerinde organik bağlayıcının kaplama sırasında kullanılmaması gerektiği tecrübelerle sabittir [21,22].

5.1.3 Soğuk presleme

Soğuk presleme işlemi sinterleme öncesi önemli bir işlemdir. Son ürünün kalitesini belirleyen önemli bir faktördür [12].

Soğuk presleme işlemi sonrası teorik yoğunluğa ne kadar yaklaşılsa ardından elde edilecek sinterleme sonrası yoğunluk değişimi o kadar az olacaktır. Bununla birlikte boyutsal değişimler de yoğunluk değişimi daha büyük olan malzemelerde daha fazla olacaktır.

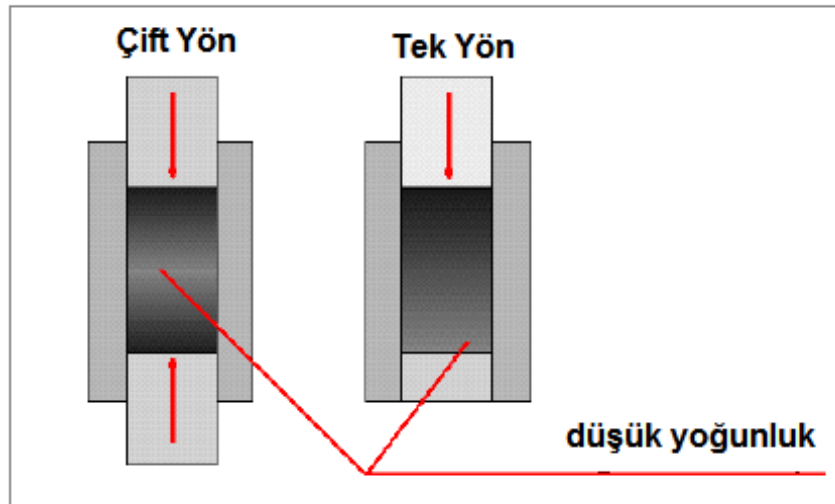
Üreticinin arzusuna bağlı olarak preslenme işlemi sıcak pres esnasında da uygulanabilir. Grafitler serbest tozların preslenebilirliğini sağlayacak şekilde yada yaş malzemenin yerleştirileceği şekilde dizayn edilebilir [12].



Şekil 5.5 Yaş malzeme veya tozlar için dizayn edilen grafit kalıplar [12].

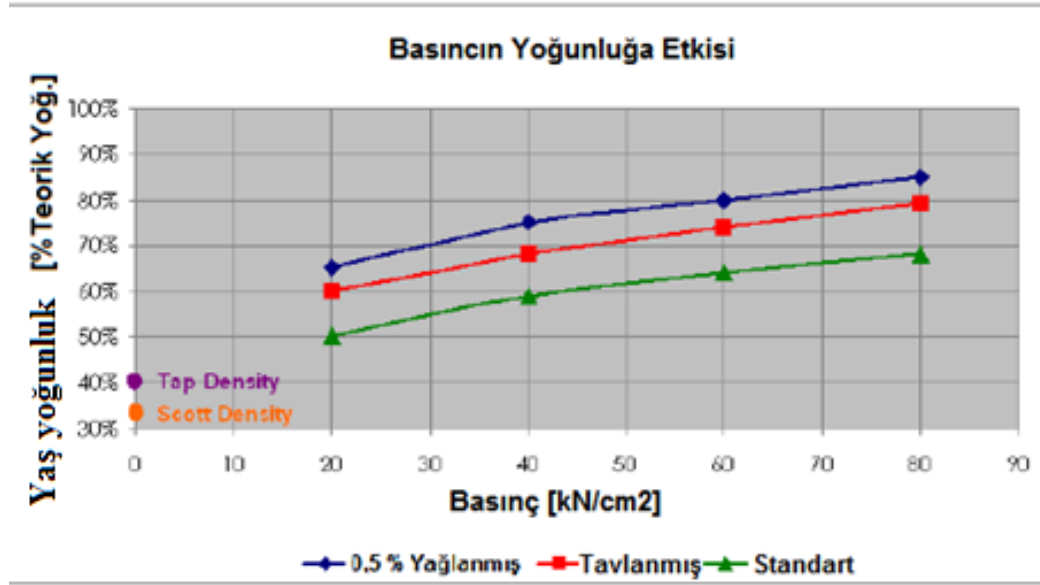
Grafit kalıp tasarımı istenen boyutları sağlama açısından çok önemlidir. Malzemenin son ürün boyutlarını yakalamak için kalıp boyutları doğru ayarlanmalıdır [12].

Sıcak presin aksine soğuk presin kalitesi en önemli basamaktır. Sıcak preste çatlaklar ve heterojen bir yoğunluk görüldüğünde proses bunu onarabilir. Bu elmaslı kesicilerin üretiminde kullanılan sinterleme yöntemlerinden biri olan serbest sinterleme prosesi için doğru değildir. Soğuk pres kaynaklı eksiklikler olumsuz bir etki yapar, uygun olmayan soğuk preslenmiş malzeme boyutları boyutsal çarpılmaya neden olur. Bir çok elmas üreticisi 2 yönlü baskının uygulanmadığı eski tip gravimetrik soğuk preslerle çalışmaktadır. Bu tip soğuk presler serbest sinterleme için uygun değildir [23].



Şekil 5.6 Soğuk preslemede düşük yoğunluğa sahip bölgeler [23].

Toz parçacıkları arası ve çeper arasındaki sürtünmeden ötürü oluşan düşük yoğunluklu bölgeler ölü bölge olarak adlandırılır. Preslenme mekanizması Şekil 5.6'da görüldüğü gibi ölü bölgenin oluşumunu etkiler. Ölü bölgeler preslenmiş malzemenin orta noktasında yer almalıdır. İstenilen yoğunluğa ulaşmayı sağlayan faktörler basınç dışında sürtünmeye ve de tozun tipine bağlıdır. Uygun önlemlerin alınması yoğunluğu etkileyecektir fakat ölü bölgenin böyle bir etkisi yoktur [23].



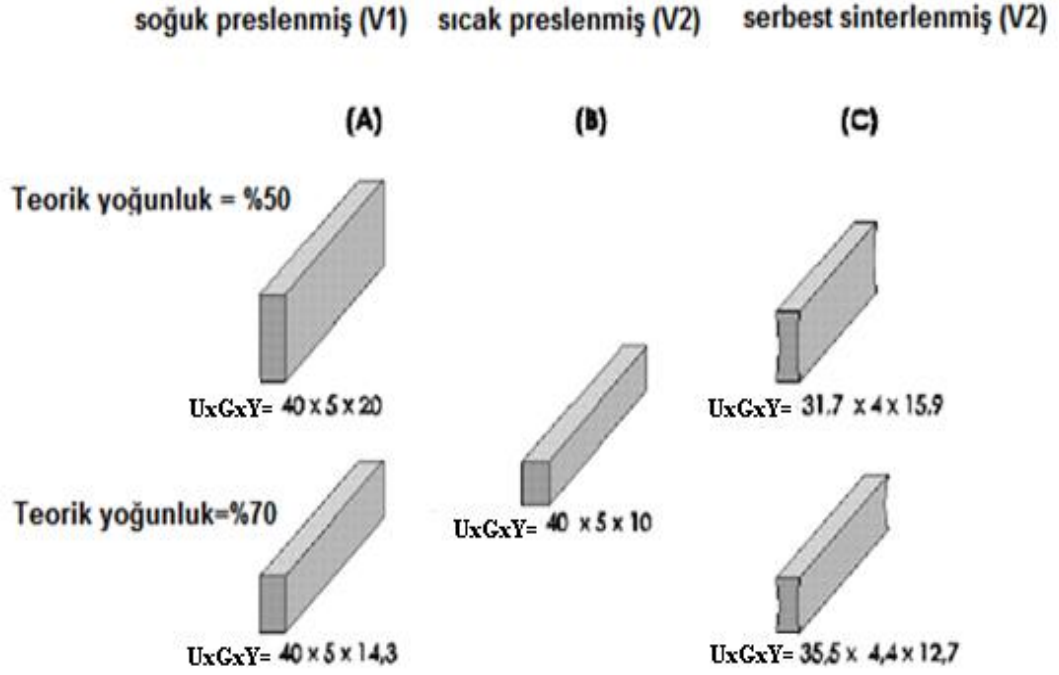
Şekil 5.7 Yoğunluğa soğuk pres basıncının etkisi [23].

Şekil 5.7'de yaş yoğunluğun basınca dayalı fonksiyonu verilmiştir. Verilen basınç değerlerinde demirin tavlanmasıyla birlikte yoğunluk arttırılabilir, bu sayede malzeme daha kolay plastik deformasyona uğrar. En verimli yöntemde yağlayıcı katılmasıdır. Çinko stearat ya da daha modern mikrovakslar katılarak iç sürtünme düşürülebilir ve verim sağlanabilir [23].

Soğuk pres sonrası yoğunluğun serbest sinterleme üzerine önemli etkisi vardır. Sinterleme işlemi sırasındaki büzülme soğuk prese bağlıdır. Sıcak preslemede boyutsal hesaplamalar sadece dikey doğrultuda hesaplanır, son boyuta yakın boyutlarda sinterleme daha çok istenen özelliktir. Serbest sinterleme sırasında boyut değişimi 3 yönde birden olur. Serbest sinterleme sırasında büzülme: Toz davranışına, soğuk pres sonrası oluşan hacim ve yoğunluğa bağlıdır. Toz davranışı kullanılan bağlayıcıya bağlıdır. Soğuk pres sonrası malzeme boyutlarını ve yoğunluğu soğuk pres prosesine bağlıdır. 3 boyutun 2'si kalıp çeperleri, 1'i de pres tarafından

belirlenir. Şekil 4'te büzülmenin sıcak presteki ve serbest sinterdeki durumu gösterilmiştir. Soğuk pres kalıbı açılmadan önceki boyutlar 40x5 mm'dir. Sinterleme sonrası malzemenin ulaşacağı hacim 2000 mm³ olarak hesaplanmıştır [23].

2 adet malzeme preslenmiştir, teki 20 mm yüksekliğinde diğeri 15 mm yüksekliğinde preslenmiştir [23].



Şekil 5.8 Sıcak presleme serbest sinterleme arasında büzülme farkları [23].

Sıcak presleme işlemi sırasında kalıp çeperleri 2 ekseninde boyutları sabit tutacak boyutsal değişim tek ekseninde yani yükseklikte değişecektir.

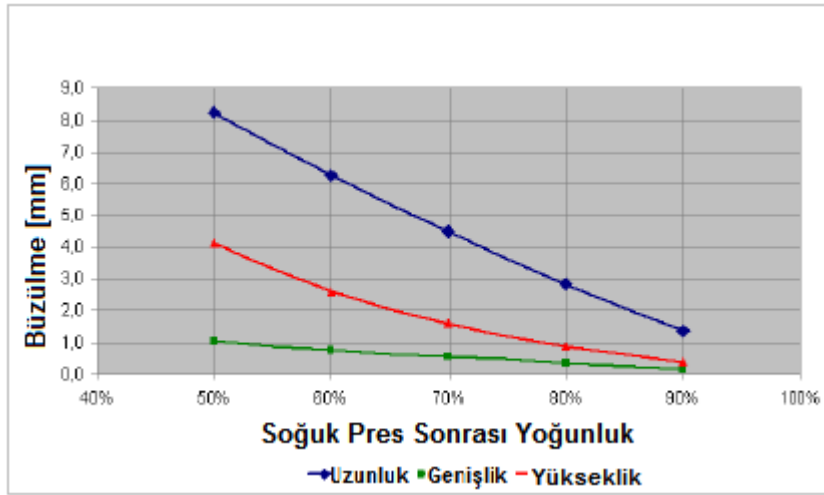
Serbest sinterlemede kalıp çeperlerine etkiyen sıcak prestekine benzer basınç olmadığından 3 ekseninde de boyutsal değişim meydana gelecektir. Bununla birlikte soğuk presleme işlemi sonrası teorik yoğunluğun düşük olduğu numunede boyutsal değişimler daha fazla olacak yani malzeme daha fazla büzülme eğilimi gösterecektir. Detaylı olarak boyutsal değişimleri Şekil 5.9'dan daha ayrıntılı olarak görebiliriz. Şekil 5.8'deki soğuk preslenmiş malzemelerde sinterleme sonrası değerler incelendiğinde yaş yoğunluğu daha yüksek olan malzemelerin daha az boyutsal değişime uğradığı görülmektedir.

Sıcak presle birlikte boy 10 mm'ye indirilmiştir [23].

Soğuk preslenmiş malzeme boyutlarının farklı olmasından ötürü serbest sinterlenmiş malzeme yükseklikleri de farklıdır.

Hacimler aynı olmasına rağmen Şekil 4'te lineer büzülme değerleri gösterilmiştir. Büzülme(S) aşağıdaki eşitlikteki gibi hesaplanmıştır. Burada V2 sıcak presleme sonrası hacmi V1 ise soğuk pres sonrası hacmi göstermektedir [23].

$$S = 1 - \sqrt[3]{\frac{V_2}{V_1}}$$



Şekil 5.9 Soğuk pres sonrası yoğunluk farkına bağlı boyutsal büzülme [23].

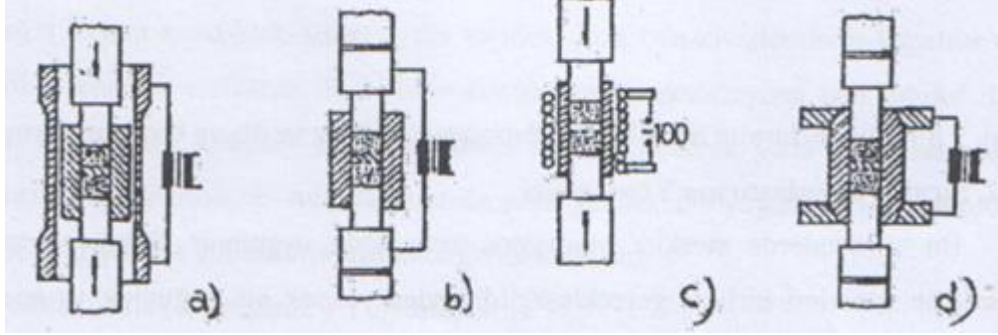
Sonuçlardan da görüldüğü gibi büzülme soğuk pres sonrası yoğunluğa bağlıdır. Uzunluktaki değişimin genişlikteki değişimden çok daha fazla olduğu sonuçlarla sabittir. Sıcak presle aynı boyutlarda malzeme üretmek için soğuk pres için farklı bir araç kullanılmalı ve özel ayarlamalar yapılmalıdır [23].

5.1.4 Sıcak presleme

Bu yöntemle sıcaklık ve basınç aynı anda uygulanır. Şekillendirme ve sinterleme işlemleri birlikte gerçekleştirilerek yüksek bir yoğunluk ve de hızlı bir üretim sağlanabilir. Yoğunlaştırma ve sinterlemenin birlikte yapılması soğuk yoğunlaştırmaya göre yüksek dayanım, sertlik ve yoğunluk yanında parçada gaz miktarı ve büzülmenin daha düşük olması gibi üstün özellikler sağlar [24].

Bu yöntemde temel sorunlardan biri uygun kalıp malzemesi seçimidir. Kalıp presleme sıcaklığında plastik şekil değiştirmeden yüksek basınca dayanıklı olmalıdır. Ayrıca kalıp malzemesi preslenen toz ile reaksiyona girmemelidir. Grafit yaygın kullanılan bir kalıp malzemesidir [24].

Sıcak preslemede ısıtma dört farklı yolla yapılmaktadır [24].



Şekil 5.10 a) Isıtıcı boru/tel ile indirekt ısıtma b) Zimba üzerinden akımla ısıtma c) Matris veya parçanın indüktif ısıtılması d) Direk matris ısıtılması [24].

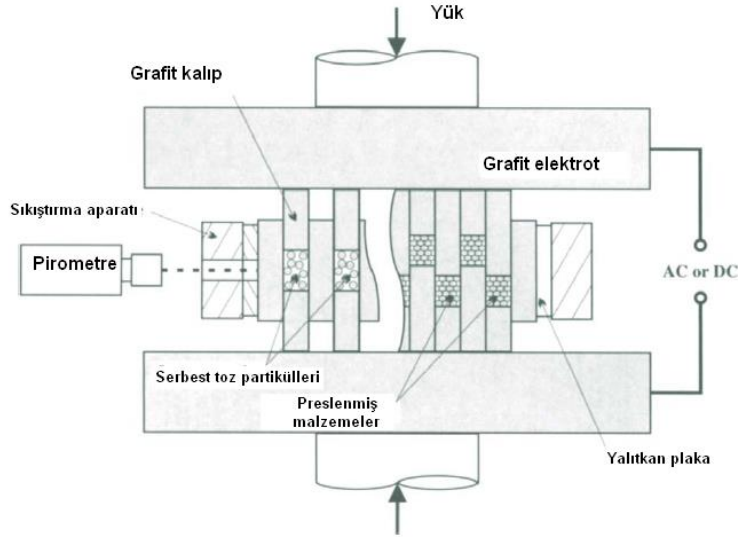
Zımbalara akım vererek ısıtma usulüne ark sinterleme gibi özel bir işlemde verilmektedir. Bu yöntemde presleme işlemini yapan zımbalar üzerinden düşük gerilim ve yüksek akımla oluşturulan elektrik devresi yardımı ile ısıtılır. Presleme esnasında kalıbın göreceli olarak soğuk kalması yöntemin üstünlüğüdür. Devrede hem doğru hem de alternatif akım kullanılabilir [24].

Ticari olarak kullanılan yapay elmasın yüksek sıcaklık değerlerinde dayanımı düşük olduğundan ve de matriks de mükemmel mekanik özellikler istendiğinden hızlı sıcak presleme tekniği elmaslı kesici sektöründe kabul görmüştür [12].

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi sıcak preslemede yüksek dayanıma sahip grafit kalıp içerisinde yer alan boncuklar içerisinde elektrik akımı geçmektedir [12].

Bu şekilde yüksek verimde üretim yapılabilir ve yüksek sıcaklıklara çıkılsa bile oksidasyon engellenebilmektedir. Oksidasyondan koruma grafit kalıp içerisindeki CO/CO₂ indirgeyici atmosferinin oluşumu sayesinde olur. Bu eski tip preslerde böyledir [12].

Yeni tip preslerde koruyucu inert gazlar kullanılır. Genelde bu gaz argon gazıdır ve de kalıp ömrünü uzatır [12].



Şekil 5.11 Sıcak presleme prosesinin şematik olarak gösterilişi [12].

5.1.5 Sinterleme

Sinterleme toz metalurjisi yöntemiyle üretimin olmazsa olmaz bir parçasıdır. Yüksek sıcaklıklarda partiküllerin birbirine bağlanmasını sağlayan bir ısı işlemi olarak adlandırılabilir. Bu işlemler ergime sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda katı-hal atom taşınımıyla gerçekleşir. Bunun yanında katı ile birlikte sıvı faz oluşumu da gerçekleşebilir. Sinterleme işlemleri sırasında kompozisyona, mekanik dayanıma ve boyutsal kararlılığa bağlı sıkıntılar da zaman zaman yaşanmaktadır.

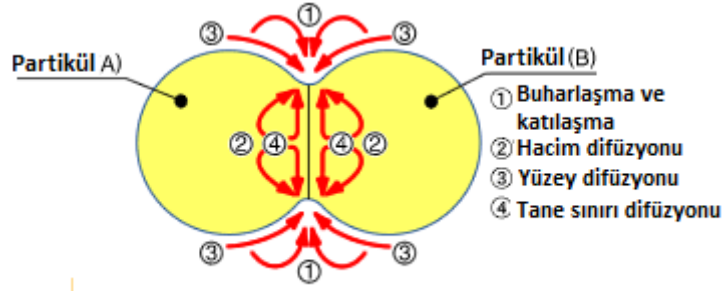
Sinterleme sırasında hidrojen kullanımı oksijensiz bir ortamı sağlar, bu sayede elmaslar yüksek sıcaklıklarda daha uzun süre kalabilir fakat böylesi bir durum da rekristalizasyon ve de tane büyümesine yol açıp malzemenin yumuşamasına neden olabilir. Bununla birlikte homojen olmayan yoğunluk ve de bununla birlikte üretimde çok ince tozlar kullanılması malzemede çarpılmaya ve de boyutsal kararsızlığa neden olur [12].

Soğuk presleme ve ardından serbest sinterleme işlemi sıklıkça kullanılmaktadır. Üreticiler tarafından üretim hacimlerinin çokluğu, ekonomikliği ve de üretim sırasındaki bazı kolaylıklarından ötürü serbest sinterleme tercih edilmektedir. Son ürün dayanımı ise birçok yönetime göre daha düşüktür [12].

Serbest sinterleme sonrası mekanik dayanımı arttırmak adına Sıcak İzostatik Presleme de kullanılan yöntemler arasındadır.

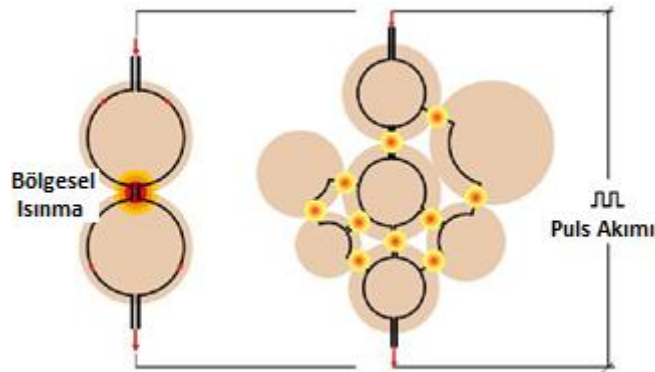
5.1.5.1 Spark plazma sinterleme yöntemi

Spark Plazma Sinterleme prosesinde düşük atmosferik basınç altında doğru akım ile pulslar uygulanarak yüksek hızda yoğunluğun artırılması planlanır. Bu yöntem sayesinde çok hızlı ısıtma ve soğutma hızları elde edilebilir, tane sınırlarında difüzyon mekanizması etkin hale gelir ve de yoğunlaşma artırılır. Şekil 5.12’de SPS sisteminde etkin olan difüzyon mekanizmaları gösterilmiştir [25].



Şekil 5.12 Spark Plazma Sinterleme sırasında yapıda aktif hale gelen difüzyon mekanizmaları [25].

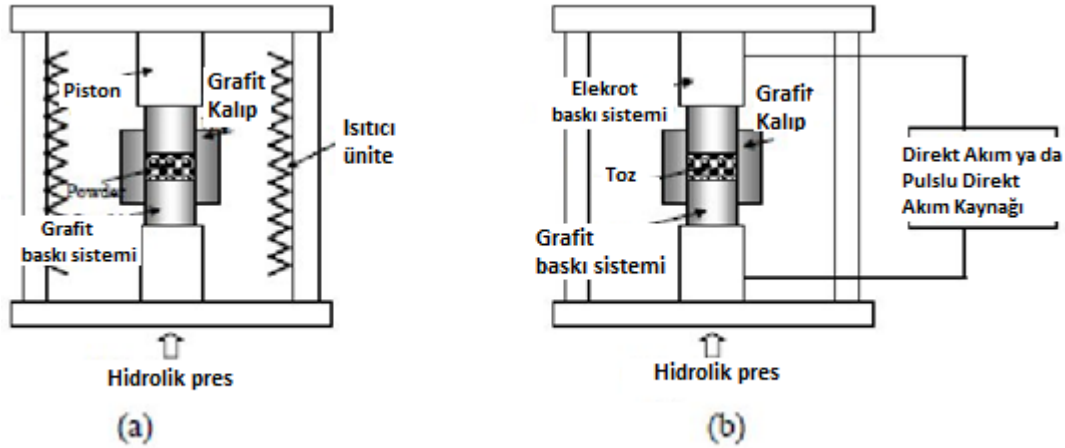
Sıcaklık sadece makro düzeyde değil mikro düzeyde parçiküllerin temas bölgelerinde de uniform olarak dağılır. Şekil 5.13’de ısı iletim bölgeleri görülmektedir [25].



Şekil 5.13 Spark Plazma Sinterleme sırasında yapıda ısınma mekanizması [25].

SPS sisteminin sıcak presleme, HIP ve diğer serbest sinterleme fırınlarına göre önemli avantajları vardır. Bunlar; kullanım kolaylığı, yüksek sıcaklıklarda sinterleme mekanizmasının kontrolü, güvenlik, güvenilirlik ve de tekrarlanabilirlik olarak sıralanabilir. Hem sıcak preslemede hem de spark plazma sinterleme yönteminde

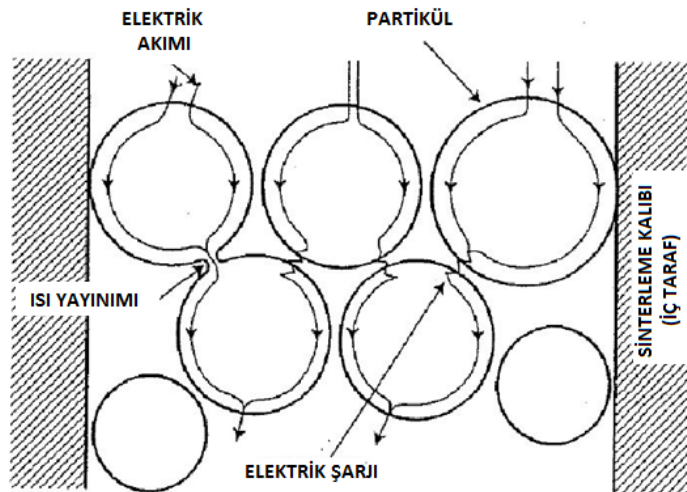
elektrik akımı kullanılır ve bu sayede hızlı ve verimli bir ısıtma işlemi gerçekleştirilir. Isıtma prosesi numunenin geometrisine, ısı ve elektriksel özelliklere ve de elektrik güç kaynağına bağlıdır. Dakikada 1000 °C/dakika ya varan ısıtma hızlarına çıkılabilir. Sonuç olarak ısıtma malzemeye, boyutlara, cihaz kapasitesine ve de ayarlamaya bağlıdır. Şekil 5.14’de SPS ve konvensiyel sisteme ait çalışma mekanizmaları yer almaktadır [25].



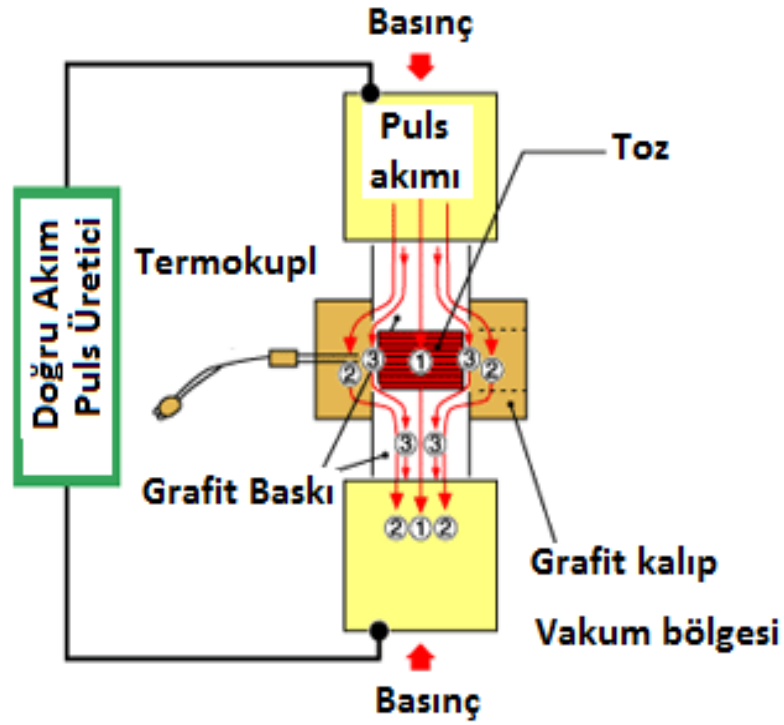
Şekil 5.14 Rezistanslı sistem ile SPS [25].

Spark Plazma prosesinde serbest sinterleme yöntemine göre toz partikülleri daha kolay olarak aktive edilebilir ve mikro-makro seviyelerde malzeme transferi artar, serbest sinterlemeye göre daha kısa sürelerde ve de daha düşük sıcaklıklarda yüksek kalitede sinterlenmiş kompakt malzeme elde edilebilir [25].

Aşağıda SPS sinter kalıbında toz partiküller arasında elektrik pulsunun nasıl ilerlediği sembolik olarak gösterilmiştir [25].



Şekil 5.15 Spark Plasma Sinterleme’de puls akımının yapıda yayılımı [25].

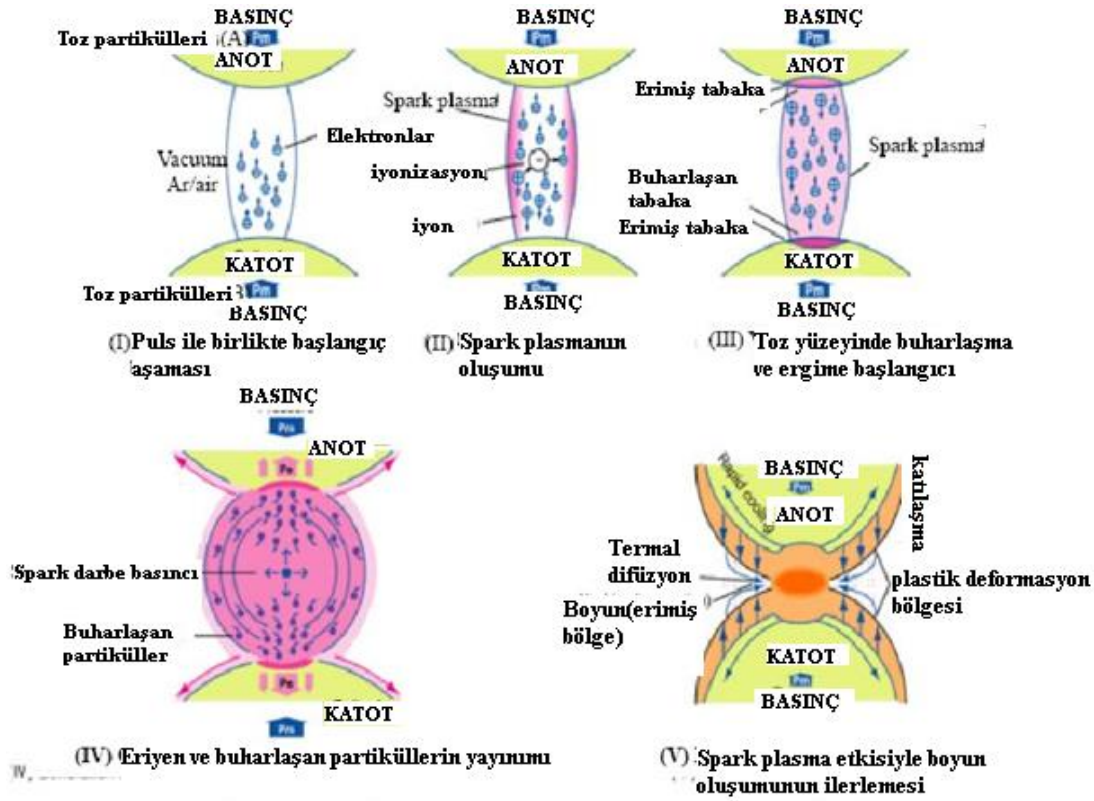


Şekil 5.16 Spark Plasma Sinterleme Sistemi [25].

Spark plazma yönteminin oluşturduğu yüksek sıcaklık ve basınç yüzeydeki empürileri uzaklaştırır. Elektrik alanın oluşturduğu yüksek hızda difüzyon iyonların yüksek hızda hareketine sebep olurlar[25].

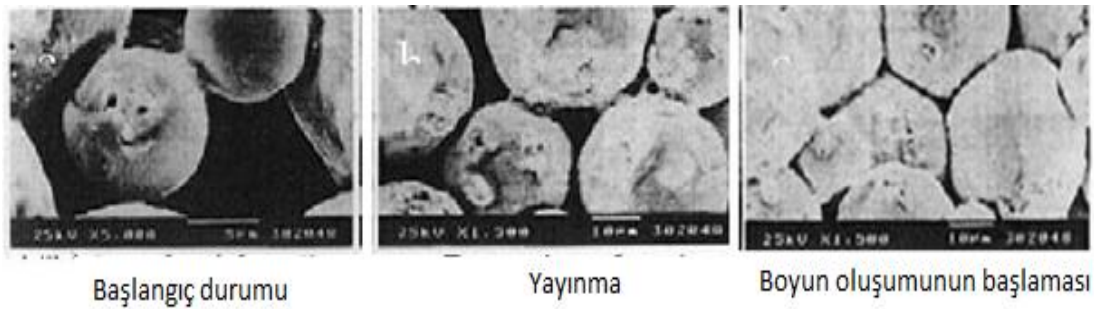
Partiküllerin temas noktalarında akım boşalması ile birlikte lokal yüksek sıcaklık bölgeleri meydana gelir. Anlık olarak binlerce santigrat derece sıcaklığa çıkılır. Bu uçuşmaya ve de erimeye yol açar. Bu sayede partiküller arası boyun oluşumu meydana gelir. Aşağıda boyun oluşum mekanizması gösterilmektedir [25].

Spark plazma yönteminde mekanik basınç aynı anda uygulanır. Spark Plazma yöntemi ile sinterleme yapılırken ön sinterleme işlemine gerek duyulmaz. İsteğe bağlı olarak numune Spark Plazma Makinası'nda toz partiküller hidrolik pres ile katı hale getirilebilirler. Ardından Direkt Akım ile çalışan puls jenaratörü açılır ve de partiküller arasında boyun oluşumu meydana gelmeye başlar. Bu sayede yüksek boyutsal hassasiyete sahip , yoğunluk ve boyutsal kontrollerin gerçekleştirilebildiği bir üretim gerçekleştirilmiş olur. Üretim kapasiteleri serbest sinterleme yöntemine göre düşük olsa da üretim kalitesi açısından serbest sinterlemeye üstünlük kurmaktadır.



Şekil 5.17 Spark plazma sinterleme işlemi sırasında partiküller arası mekanizma [25].

Şekil 5.18’de yer alan 1. Şekilde spark plasma etkisiyle birlikte boyun oluşumu gösterilmektedir. Sıcaklık ansızın orta kısımdan yüzeye transfer olur ve taneler arası soğuma çok hızlı gerçekleşir . Puls etkisiyle partiküller arasında boyunlar oluşmaya devam eder. Devam eden pulslerle birlikte partikülün etrafındaki diğer tozlarla birlikte çoklu boyun oluşumu meydana gelir. Devam eden sinterleme işleminden sonra ise plastik deformasyonla birlikte tane sınırlarındaki boyun oluşumu gösterilmiştir [25].



Şekil 5.18 SPS sonrası boyun oluşum aşamaları [25].

Elmaslı kesici sektöründe SPS'in etkilerini inceleyen çalışmalar da yapılmıştır. Serbest sinterleme ile SPS yöntemi kıyaslanmış ve de SPS yönteminin serbest sinterelemeye göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Serbest sinterlemede üretim SPS'e göre daha uzun sürmekte ve de daha yüksek sinterleme sıcaklıkları gerekmektedir [26].

5.1.5.2 Sıcak izostatik presleme

Sıcak presleme yöntemi yüksek basınçların uygulandığı toz metalürjisinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Uygulanan sıcaklıklar da yüksek değerlerdedir. Kısaca sıcaklık ve de basınç eş zamanlı olarak uygulanabilir.

Sıcak preslemede sert ve kırılgan malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılır. Elmaslı kesicilerde de yaygın olarak kullanılan bir üretim tekniğidir. Yoğunlaşma işlemi partiküllerin temas bölgelerindeki plastik deformasyonla meydana gelir.

Sıcak izostatikpres işlemi izostatik olarak uygulanan basınçla birlikte sıcak inert gaz kullanarak öncesinden bulk hale getirilmiş malzemenin tam yoğun hale gelmesi işlemlerini kapsar.

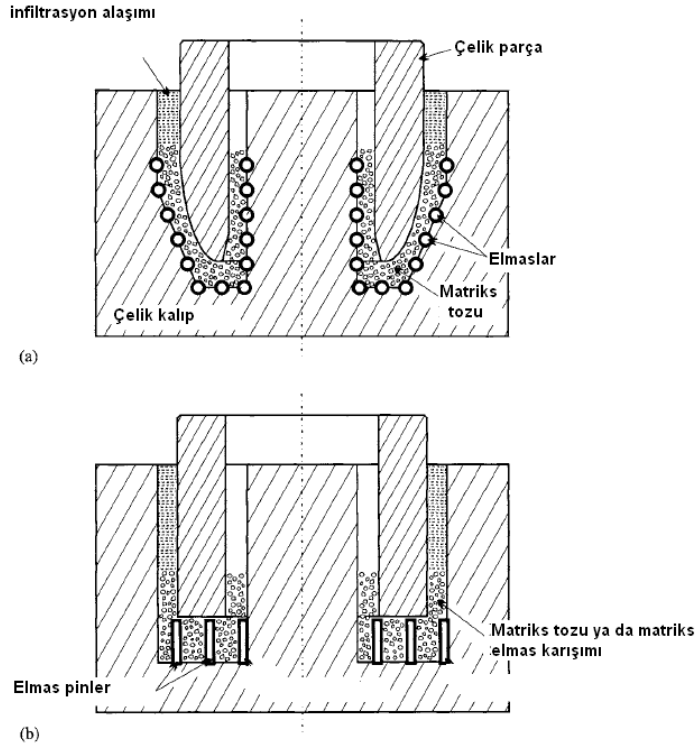
Yaş malzemeler serbest sinterleme fırınında sinterlenirler ve de ulaşılan yoğunlukla porlar kapanmış olur. Bu malzemeyi Sıcak izostatikpresleme işlemi için hazır hale getirir. Bundan farklı olarak sıcak presleme öncesi malzemeler havası boşaltılmış gaz tüpler içerisinde saklanabilirler. Yarı mamüller sıcak izostatikpresin basınç haznesine yerleştirilirler ve de havası çekilmiş ortama genel olarak basınçlı argon gazı verilir ardından işlem başlar [12].

Sıcak izostatikpreste 200 MPa'a varan basınçlara çıkılabilir. Bu sayede sıcak presleme işlemine nazaran çok daha düşük sıcaklıklarda üretim gerçekleştirilebilir. Sıcak izostatik presleme sayesinde yapıda kalan artık prozite çok yüksek sıcaklıklara çıkılmadan giderilebilir. Bilindiği gibi 1100 C üzerinde elmas yapısında aşırı bozunma meydana gelir. Sıcak izostatikpresleme yöntemi ile sıcaklığın olumsuz etkilerinden korunulur [12].

Elmaslı kesicilerde kullanılan boncuklarda son yıllarda HIP prosesine olan eğilim artmaktadır [12].

5.1.6 İnfiltrasyon

İnfiltrasyon işleri döner karot üretiminde yaygın olarak kullanılır [12].



Şekil 5.19 İnfiltrasyon işlemi [12].

İnfiltrasyon işlemi birçok aşamayı içerir. Şekil 5.9'da infiltrasyon işleminde kullanılan bileşenlerin dağılımı gözükmemektedir. İlk olarak kaba elmas taneleri kalıbın içine yerleştirilir ve istenen dizilime getirilir. Elmas pinler kullanıldığında ise uç kısma yerleştirilir. Uygun şekilde dolumu sağlamak adına işlem sonrasında yapıdan çıkarılacak parçalar da üretim sırasında kullanılabilir. Sonraki aşamalarda yapıştırıcı kullanılarak sabitlenir ve yerlerinden oynaması önlenir [12].

Sonraki aşamada çelik parça yerleştirilir ve sabit bir şekilde tutulur. Ardından matriksi oluşturan tozlar kalıba doldurulur ve de çelik parça etkisiyle sıkıştırılır ve titreşimle uygun şekilde konumlanması sağlanır. Matrikste genelde tungsten karbür ve metal tozları kullanılır ancak tungsten ,nikel,kobalt,bakır da kullanılabilir. Metallerin partikül şekli, boyutu ve dağılımı özenle seçilmelidir ki istenen yoğunluk elde edilsin ve yüksek sıcaklıklara çıkıldığında büzülmeden kaçınılsın [12].

Genelde çok ince metal toz kullanımından kaçınılır çünkü kolayca sinterlenirler ve de son ürünün kompozisyonunda ve de boyutlarında istenmeyen sonuçlara neden olabilir. Yalnız bazen az miktarda ince partikül kullanımı kaba partiküllerin arasını

dolduracak ve de sinterleme de problem meydana getirmeyecektir. Kalıp yükleme işlemini kolaylaştırmak için bazen toz malzemeye sıvı hidrokarbon katılır ısıtma sırasında bu hidrokarbon uçar [12].

İnfiltrasyon alaşımının miktarı özenle seçilmelidir aksi takdirde katılaşma sonrası makine ile fazla kısmın alınması gerekecektir. Bakır esaslı ve de çinko,nikel,kalay ve mangan içeren infiltrasyon alaşımları yaygın olarak kullanılmaktadır., fakat diğer başka elementler de (Fe,Mo ,P ,Ag gibi) az miktarda yapıda bulunabilir. Bu sayede ısıtma özelliği arttırılır, infiltrasyon sıcaklığı düşer [12].

Kalıp ardından fırına yerleştirilir ve de ısıtılır, ısıtının etkisiyle infiltrasyonelmentleri erir ve yapıya sızar, kapiler etkiyle metal matrikse sızar ve çelik parçaya tutunumu sağlar. İnfiltrasyon alaşımının ergime aralığına ve de viskozitesine bağlı olarak işlem 950 - 1200 °C arasında gerçekleştirilir,genelredükleyici atmosferde ve vakum altında gerçekleşir [12].

İnfiltrasyon işlemi sonrası kalıp soğutulur. Ardından katılaştıran uç yapıdan alınır [12].

5.1.7 Diğer birleştirme işlemleri

Yukarıda sayılanlardan ziyade elmas parçacıkları ve metal tozlarının üretiminde kullanılan yöntemler vardır. (Lehimleme,lazerlesinterleme ya da ekstrüzyon gibi) . Lazerle sinterleme ve lehimleme endüstriyel olarak uygulama imkanı bulmuştur [12].

5.1.8 Sert lehimleme

Bu işlemde metal yüzey üzerine elmas içeren lehim pastasının sürülmesi ve de ardından ısıtma işlemiyle yüzeye tutunmuş elmas parçacıklarını elde etme işlemidir. Bunun dışında elmaslar sıralı bir şekilde de yapıya dizilebilirler. Bu sayede daha homojen ve de kesme ömrü daha da uzun olan bir yapı elde edilebilir. Elmasları böyle bir durumda sıralı dizebilmek için otomatik yapıştırıcı dağıtıcı tarafından yüzeye küçük yapıştırıcılar dağıtılır. Ardından elmas parçacıkları yüzeye serpiştirilir ve yüzeye yapıştırılması sağlanır [12].

Aktif lehim ve de nikel esaslı lehimler bu uygulama için uygundur. Aktif lehim daha yumuşak ve de gümüş esaslı alaşımlardır ve de aktif element olarak titanyum içerirler,titanyum alaşımın ısıtma kabiliyetini arttırır ve de elmas ile kimyasal

bağlanma sağlar. Nikel esaslı alaşımlar bunlara nazaran mekanik olarak daha güçlüdürler ve de krom ve de silisyum karışımı içerirler. Bu elementler titanyumun aktif lehimleme sırasında oynadığı kadar aktif bir rol oynar. Optimum lehimleme sıcaklıkları 900-950 °C‘den 1000-1050 °C’ye kadar çıkar [12].

Lehimleme ile üretilen ürünlerin genel avantajı;elmas tüketimlerinin az olması ; elmas dağılımının kontrolünün sağlanabilmesi ve de elmasların yüzeyde olmasıdır. Sonuç olarak lehimleme ile üretilen kesiciler ürün yüksek kesim hızlarına çıkabilir,enerji tüketimi azalır ve de takım ömrü uzar [12].

Elmaslı kesicilerde kullanılan lehim pastalarına ait bilgiler aşağıdaki gibidir [27].

Çizelge 5.1 Elmaslı kesicilerde sert lehimlemede kullanılan lehim alaşımları [27].

Elmaslarda kullanılan bazı lehim alaşımları			
	Katılaşma Sıcaklığı (C°)	Sıvılaşma Sıcaklığı(C°)	Lehimleme Sıcaklığı(C°)
Nicrobraz LM	970	1000	1010-1170
Metglas MBF-1011*	847	895	900-950
Metglas MBF-15	965	1103	1120-1150
Nicro-B	1048	1091	1100-1140
Nicuman 37	950	955	960-1000
High Temp 095	880	925	950-1090
Ticusil	780	900	920-960
İncusil-ABA	605	715	730-760
Palnico 36M	820	960	975-1024
Palnico 30	941	977	995-1035
Brazetec CB10	780	805	850-950
TiBraz 375	825	835	850-900
TiBrazAL-655*	545	645	660-700
TiBrazAL-642*	602	645	660-690

Vakumlu lehimleme elmaslı kesici sektöründe son dönemde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [27].

Vakum ortamında bekleme koşulları da ürün kalitesi açısından önemlidir[27].

0,5 mm kalınlığındaki elmas tabakasına vakum ortamında yapılan bir lehimleme işlemine ait sonuçlar aşağıdaki gibidir [27].

Çizelge 5.2 Lehimleme prosesine göre tutunma dayanımları [27].

Lehim Tutunma Dayanımı (ksi)	Lehimleme Sıcaklık Aralığı (F)	İşlem Süresi (dk)
17.4 to 18.8	1616 to 1688	20
13.05	>1688	20
7.2	1616 to 1688	3

Yukarıdaki verilerden en önemli faktörlerin Sıcaklık ve Atmosfer kontrolü olduğu sonucuna varılabilir [27].

Vakumlu ortamda lehimleme uygulanırken kullanılan ısıtıcının verimi de çok önemlidir [27].

Kullanılan ısı kaynakları aşağıdaki gibidir,

- 1-Kızılötesi [27],
- 2-Rezistans [27],
- 3-Elektrik Rezistanslı Fırınlar [27],
- 4-İndüksiyon [27],
- 5-İndüksiyon Fırınları [27].

Bu ısıtma yöntemlerinden en verimli olanı Vakum İndüksiyon fırınlarıdır [27].

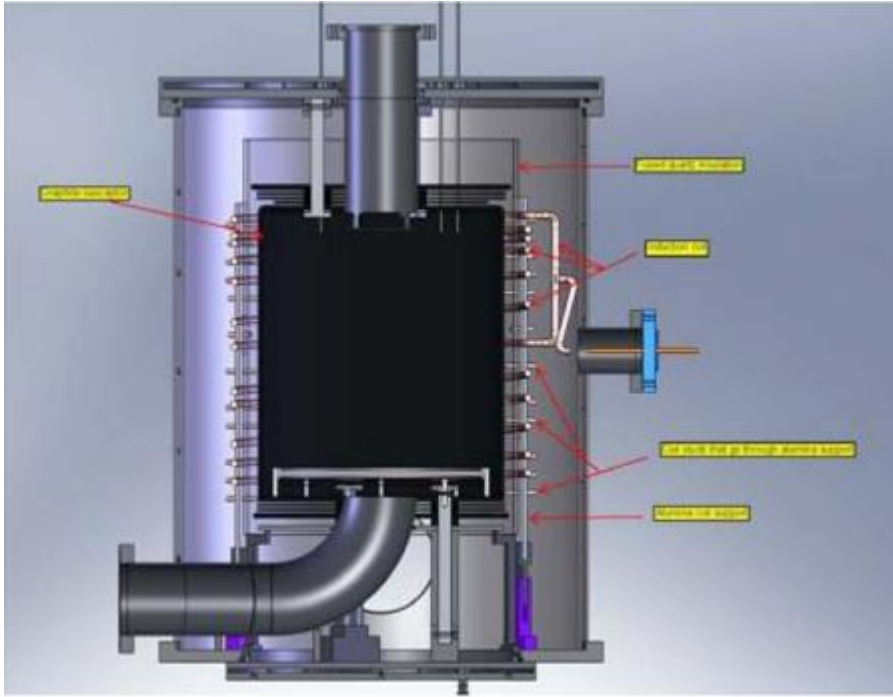
Vakum Isıtma Fırınları ısıtma mekanizması dışında rezistanslı ısıtılan fırına benzer özellikler gösterir. İndüksiyon ile ısınır. Isı bobinden alan alınarak malzemeye iletilirŞekil 5.20’de yüksek vakumda çalışan bir fırına ait kesit resmi görülmektedir [27].

Elmas lehimleme işinde yaygın olarak kullanılan bir fırındır. Isıl homojenlik sarmalların dizaynı ve yalıtımla olur. $\pm 9^\circ \text{C}$ hassasiyetle çalışır [27].

Vakum, inert gaz veya her ikisinin kombinasyonu ile çalışır. Yalıtkan kullanılarak vakum performansı artırılabilir [27].

Isıl değişimler bu tür fırınlarda hızlıdır. 50kwh ısı ile çalışan sistem saatte 1-1,5 dolar elektrik sarfeder [27].

Bakım masrafları rezistanslı fırından ucuzdur. Malzeme ile temas olmadığından bobin değişimi pek olmaz [27].



5.1.8.1 Tüm yöntemlerin kıyaslanması

Çizelge 5.3’de görüleceği gibi yapılan kapsamlı karşılaştırmalar sonunda en iyi sonuç indüksiyon fırınlarında elde edilmiştir. En kötü sonuç işe rezistansta elde edilmiştir [27].

İndüksiyon fırını rezistanslı fırınla ısıtma mekanizması dışında çok benzerdir. İndüksiyon fırınında ısıtma indüksiyonla meydana gelir. Rezistanslı fırınların aksine genel olarak elmas lehim işlemlerinde kullanılır. Sıcaklık homojenliği $\pm 15^{\circ}\text{F}$ civarındadır. Rezistanslı fırınlar gibi indüksiyon fırınları inert gaz, yüksek vakum ve kombinasyonlarının yer aldığı atmosferik kontrol seçeneklerine sahiptir. [27].

İndüksiyon sistemlerinde çok yüksek seviyelerde sıcaklık kontrolü mümkündür. Bu sistemlerde istenen sıcaklığa çok hızlı bir şekilde ulaşılır. İstenen sıcaklık değerlerine çok hızlı bir şekilde ulaşılabilir. İndüksiyonlu sistemler de enerji kaybı daha azdır [27].

Çizelge 5.3’de hali hazırda sektörde kullanılan cihazların tüm perspektifler açısından kıyaslanması yer almaktadır. Maliyet, verimlilik, çalışma performansı, enerji tüketimi vb. konular üzerinde yapılan genel değerlendirmeler sonucunda da en verimli seçenek olarak indüksiyon fırını gözükmemektedir.

Çizelge 5.3 Tüm fırınların verimliliklerinin karşılaştırılması [27].

	Kızıl ötesi	Rezistans	Rezistans Fırını	Direkt indüksiyon	İndüksiyon fırını
Sıcaklık değişimi/Homojenliği					
Atmosfer kontrolü					
Sıcaklık Kontrolü					
Toplam işlem süresi					
Enerji verimliliği					
Çalışma maliyeti					
Başlangıç Yatırımı					
Üretim Kontrolü					
Tüm parçanın ısıtılması					
Bakım Kolaylığı					
Bakım maliyeti					
	1	2	3	4	5
	En kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi

	Kızıl ötesi	Rezistans	Rezistans Fırını	Direkt indüksiyon	İndüksiyon fırını
Sıcaklık değişimi/Homojenliği	90	30	120	60	150
Atmosfer kontrolü	50	25	100	75	125
Sıcaklık Kontrolü	30	15	45	75	60
Toplam işlem süresi	12	30	6	24	18
Enerji verimliliği	5	25	10	15	20
Çalışma maliyeti	5	20	10	25	15
Başlangıç Yatırımı	12	20	4	16	8
Üretim Kontrolü	10.5	3.5	14	7	17.5
Tüm parçanın ısıtılması	7.5	2.5	10	5	12.5
Bakım Kolaylığı	4	10	2	8	4
Bakım maliyeti	6	10	2	8	6
TOTAL:	232	191	323	318	436

5.1.9 Lazerle sinterleme

Lazerle sinterleme yöntemi küçük dairesel testerelerin üretiminde kullanılabilirler. Bu tür testereler taş, beton ve de asfalt kesiminde kullanılabilirler [12].

Bu proses düşük karbonlu çelik gövde üzerine elmas içeren matrikse sahip malzemenin yerleştirilmesiyle gerçekleşir. Elmas parçacıkları ve matriks tozu kontrollü bir şekilde karıştırma birimine aktarılırlar ve de ardından lazer ışınlarının odak noktasına bir nozül vasıtasıyla püskürtülürler., bu bölgede matriks erir Ve inert atmosfer altında alt yüzeye bağlanır. Bu işlem sırasında çelik gövdeye bağlı sinterlemenin meydana geldiği kenar bölge döner [12].

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Tezin deneysel çalışmalar kısmında, Çizelge 6.1’de kimyasal kompozisyonları verilmiş doğal taş kesiminde kullanılan, serbest sinterleme yöntemi ile 900°C sıcaklıkta argon gazı akışı altında Şekil 6.2’de görülen Protherm PTF 15/50/610 model tüp fırında sinterlenmiş silindirik numunelerin yoğunlukları ölçülmüş, mekanik testler ile performansları belirlenmiş daha sonra karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler endüstride ticari olarak kullanılan bileşimlere sahip olup, bunlar Çizelge 6.1’de işaretlenmiştir. Çizelge 6.1’de verilen bileşimler hacimce yüzde bileşimler olup tozlardan üretilen silindirik numuneler DR FRITSCH KPV 218 model endüstriyel soğuk pres makinasına ortalama 14-15 mm yüksekliğe ve 7,5 mm çapa sahip olacak şekilde üretilmişlerdir.



Şekil 6.1 : Deneysel çalışmalarda kullanılan tüp fırın.

Çizelge 6.1 : Deneysel çalışmalarda kullanılan soketlerin kimyasal bileşimi.

	Kimyasal Bileşim (%Hacim)					W	Y ₂ O ₃
	%Fe	%Ni	%Sn	%Cu	%Co		
COBALITE	68,4	-	3	26	-	2	0,6
61390	-	10	6	54	30	-	-
NEXT400	50	-	-	35	15	-	-
MX 4885	56	-	-	30	13	-	-

6.1 Yoğunluk Ölçümü

Serbest sinterleme yöntemi ile üretilmiş numunelerin hacimleri sinterleme öncesi ve sonrasında fiziksel olarak silindirin hacim formülünden hesaplanmış , ağırlık ölçümleri ise yapan Şekil 6.1’de yer alan Precisa™ marka hassas terazi kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 6.2 : Precisa™ arşimet terazisi.

6.2 Sertlik Ölçümü

Şekil 6.2’de gösterilen Zwick ZHR™ sertlik test cihazında numunelerin sertlik değerleri alınmıştır. Bu işlem 1/16“ uç kullanarak 100 kg yük altında en az 8 başarılı sertlik ölçümünün ortalaması alınarak yapılmıştır.



Şekil 6.3 : ZHR™ sertlik ölçüm cihazı.

6.3 Mekanik Deneyler

6.3.1 Basma deneyi

Basma deneyleri 7,5 mm çapında, 15 mm yüksekliğinde 900°C sıcaklıkta serbest sinterleme yöntemi ile üretilmiş silindirik 5 er adet numune ile yapılmıştır. Basma testi 250 kN kapasiteli şekil 6.3’de gösterilen Dartec™ marka niversal test cihazında 2 mm/dak. basma hızında yapılmıştır.



şekil 6.4 : Dartec™ niversal test cihazı.

6.4 Karakterizasyon alışmaları

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışınları difraktometresi (XRD) ve optik mikroskop (OM) numunelerin faz dağılımını incelemeye ve mikroyapı tayininde kullanılmıştır. Optik mikroskopta inceleme yapılmadan önce metalografik işlemler uygulanılmıştır.

6.4.1 Yüzey hazırlama işlemi

Daha önce başka bir deneyde kullanılmamış numuneler 400-600-800-1000-1200 numaralı SiC zımpara kağıtlarında zımparalanmıştır. Daha sonra sırasıyla alümina aşındırıcı ile 100-150 rpm hızlarda parlatılmıştır.

6.4.2 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri

Numunelerin mikroyapısını incelemek ve EDS analizi yapmak için TM-1000 SEMTM marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

6.4.3 X-ışınları difraktometresi (XRD) analizleri

Yüzey hazırlama işlemine tabi tutulan numunelerin kalitatif faz analizinde X-ışınları difraktometresi (XRD) kullanılarak, $2\theta=10^{\circ}-90^{\circ}$ olarak alınmış ve 0.02° artışlar ile tarama yapılmıştır.

6.4.4 Optik mikroskop incelemeleri

Parlatmadan sonra numuneler LeicaTM DM 750M marka Şekil 6.4'te gösterilen mikroskopta mikroyapının belirlenmesi amacıyla incelenmiştir.

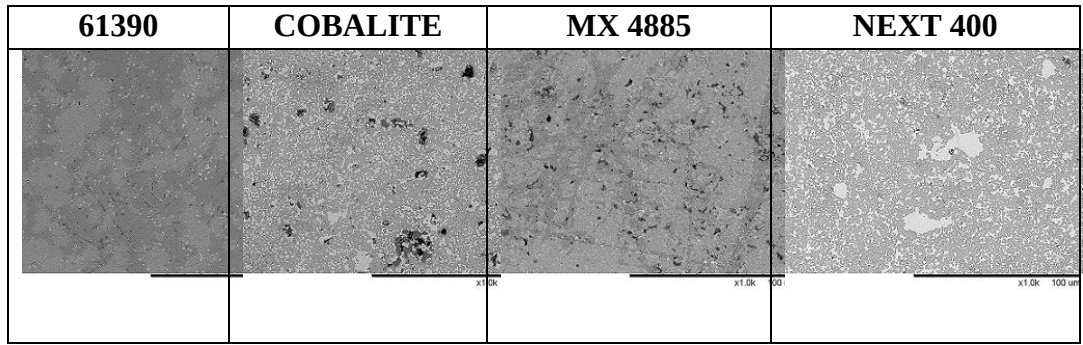


Şekil 6.5 : LeicaTM DM 750M optik mikroskop.

7. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR

7.1 SEM Görüntüleri

900°C’de 60 dk basınçsız sinterlenmiş numunelerin mikroyapıları Şekil 7.1 de gösterilmiştir.



Şekil 7.1 : 900 derecede 60 dakika boyunca serbest sinterlenmiş deney numuneleri

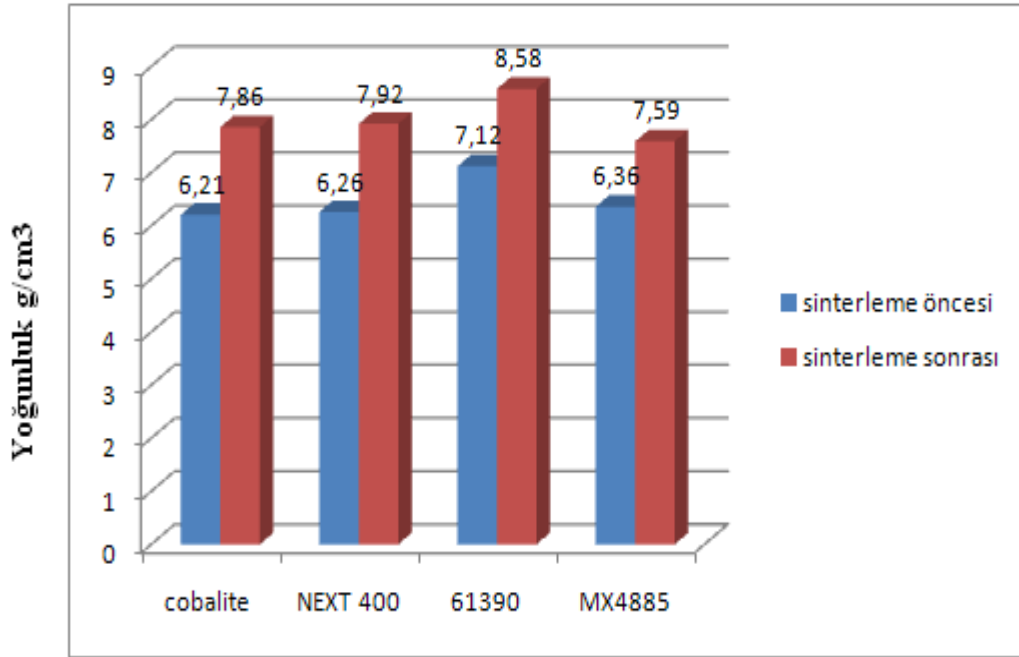
EDS analizine göre 61390 numunesinde beyaz faz bronzca, gri faz Co ve Ni’ce zengin katı eriyik fazlarıdır, siyahlar ise porozitedir. Şekil 7.1’de görüldüğü gibi beyaz faz tüm yapıya homojen olarak dağılmıştır ve de yüksek yoğunluk ve de gözeneklerin sıvı faz sinterlemesi ile kapandığını gösterir nitelikte bir çalışmadır.

MX4885 ve de NEXT 400 alaşımlarına ait incelenen numunelerde ise açık renkli fazın Fe-Cu daha koyu fazın da Cu fazı içerisine gömülmüş Fe-Co-Cu fazı olduğu tahmin edilmektedir. Cu Fe-Co katı çözeltisi içerisinde düşük çözünürlük göstermektedir.

NEXT 400’de beyaz faz olarak görülen Cu bileşeni çoğu bölgede homojen olarak dağılsa da bazı noktalarda Cu adacıkları görmek mümkündür. NEXT 400’de Cu’ın belirli bölgelerde lokal olarak kümelendiği görülmektedir.

61390 numunesine ait bölgesel olarak kümelenmiş intermetalik fazlar da gözlemlenmiştir.

7.2 Yoğunluk Ölçümü Sonuçları



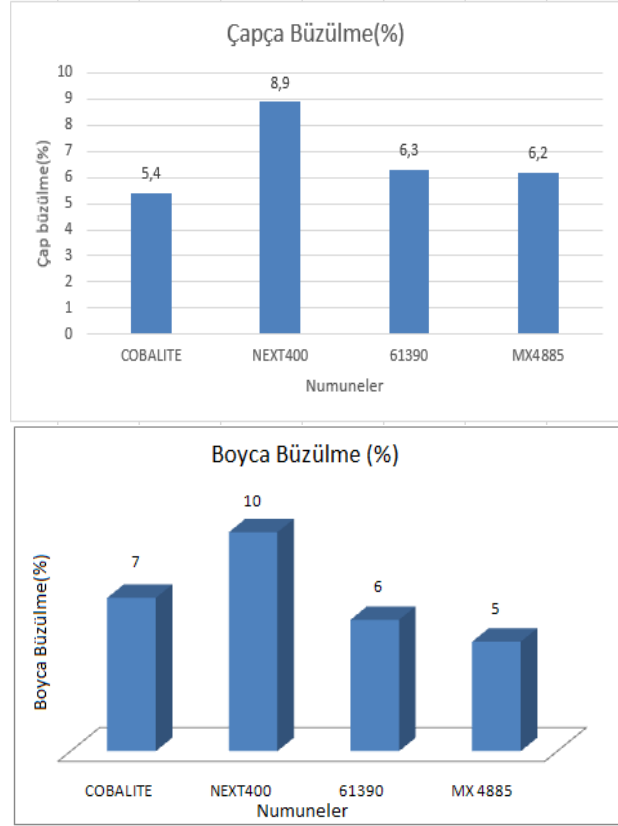
Şekil 7.2 : Numunelere ait sinterleme öncesi ve sinterleme sonrası yoğunluklar

900 derecede 1 saatlik sinterleme sonrası en yüksek yoğunluk değerine 61390 no'lu numune ulaşmıştır. Bu değer sıvı faz sinterlemesi sonrası bronz fazının boşlukları doldurmasıyla mümkün olmuştur. Sıvı oluşumuyla birlikte katı parçacıklar üzerindeki sıvı tarafından uygulanan kılcal kuvvet nedeniyle ani bir yoğunluk artışı meydana gelir.

Katı,sıvının içinde çözüldükçe bu taneler çekme gösterir. Hızlı bir şekilde katı tanecikleri, yüksek bir yoğunlukta paketlenir ve bu da taneler arasındaki gözenekleri doldurmak için sıvının ortaya çıkmasına neden olur [28].

900 derece gibi bir sıcaklıkta NEXT400 de Cu 61390'da olduğu kadar homojen bir yayılım gösterememiştir . Yapıda XRD sonuçlarından da görüleceği üzere Cu fazının içine gömülmüş Fe-Co katı çözeltisi oluşmuştur. Sinterleme öncesi ve sinterleme sonrası yoğunluk ölçümleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde yoğunluk olarak yüzde en büyük değişimi NEXT 400'ün gösterdiği görülmektedir. MX 4885 içerisindeki özel demir tozunun yoğunlaşmayı kısıtladığı düşünülmektedir.

7.3 Boyutsal Değişimler



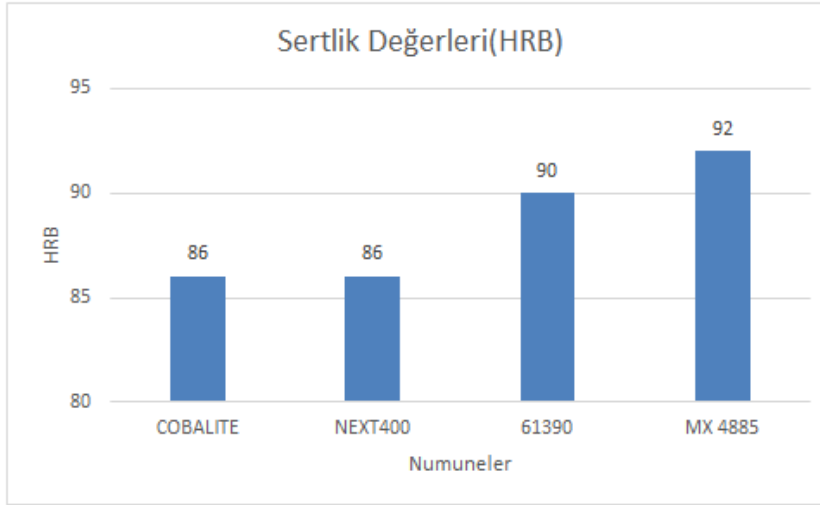
Şekil 7.3 : Numunelerin sinterleme işlemi sonrası yükseklik olarak yüzdece değişimleri

Sinterleme sonrası yükseklikdeğişimleri kıyaslandığında en büyük değişimi NEXT 400 göstermiştir. % 10’u artan miktarda kobalt içeren bileşenlerde Fe-Co katı çözeltisi artar. NEXT 400 içerisinde yer alan bileşenler yoğunluk artışına önemli etki yapmışlardır. Bu sayede sinterlemedeki difüzyon mekanizması artar bu da büzülmeye neden olur. NEXT 400’ün büzülme miktarı buna bağlanabilir.

Bununla birlikte diğer karışımlar birbirine yakın sonuçlar vermişlerdir. Bileşim olarak MX 4885’deki %15’lik özel yapıdaki demir ilavesinin aynı presleme koşullarında hazırlanan numunelerin içerisinde MX 4885’in diğerlerine göre daha yüksek basılabildiği ve de buna bağlı olarak daha az çekme gösterdiği de göz ardı edilmemelidir.

61390 numunesi ise MX 4885’e benzer kompozisyonda olmasına rağmen yapısında MX 4885’de olan özel demiri barındırmamaktadır ve büzülme bir miktar fazladır.

7.4 Sertlik Ölçümü Sonuçları



Şekil 7.4: Numunelerin sinterleme işlemi sonrası ölçülen HRB sertlik değerleri

Şekil 7.4’ te görüleceği üzere yapıdaki yoğun Fe-Co oranı dolayısıyla MX4885’in sertlik değerinin yüksek çıkması beklenmekteydi.

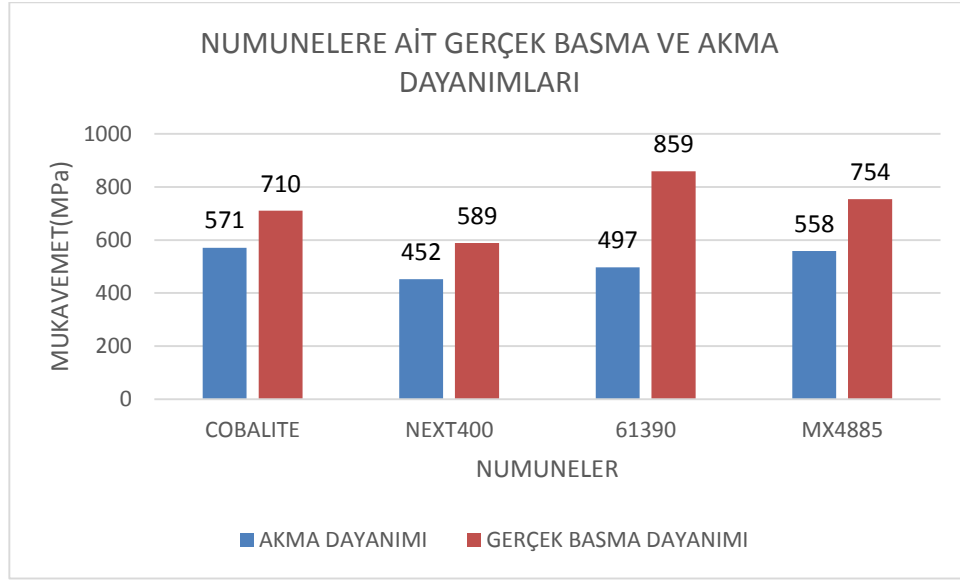
COBALITE içerisindeki sertlik artışını sağlayabilecek W ve Y_2O_3 bileşenleri yapıda az miktarda bulunduğundan sertlik değerine beklenen etkiyi yapamamıştır . Bununla birlikte yapıda yüksek miktarda yer alan Fe, Co ve Ni’in mekanik özelliklere yaptığı etkiyi gösterememiş sertlik değeri olarak en düşük sonuçları COBALITE numuneleri vermiştir.

Bu bileşenlerin kullanılmasındaki asıl amaç sertliği yükseltmeden ziyade yapıda kalayın kümelenmesini engellemek ve de daha daha mukavim malzeme elde etmektir. Ancak diğer toz malzemelerle performanslar karşılaştırıldığında daha düşük sertlik değerleri elde edildiği görülmüştür

61390 yapıdaki Co-Ni oranlarının yüksek olması dolayısıyla beklenen şekilde MX 4885 ile rekabet edebilecek sertlik değerine ulaşılmıştır. NEXT 400 numunesinde ise SEM fotoğraflarında görüleceği üzere düzensiz dağılan bakır bileşeni sertliğin düşmesine sebeptir.

Sertliğin aşınma davranışına doğrudan etkisi düşünüldüğünde MX 4885 ve de 61390’ın sertlik açısından en iyi değerleri verdiği söylenebilir.

7.5 Basma Testi Sonuçları



Şekil 7.5: Numunelere ait akma ve gerçek basma dayanımları

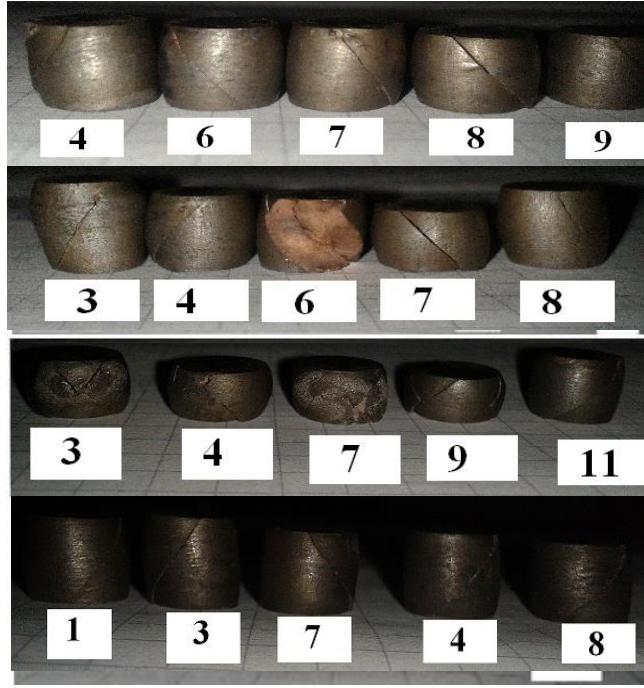
Şekil 7.5'ten görüldüğü üzere en yüksek basma mukavemeti 61390 no'lu numunede görülmüştür. Yapıda Co-Ni fazının bulunması ve Ni fazının dayanımı artırıcı etki yaptığı bunda pay sahibi olabilir. MX 4885 numunesinde de yer alan özel Fe tozu ve de Co bileşeni mekanik özellikleri olumlu yönde etkilemiştir.

Bununla birlikte NEXT 400 numunesi basma testi sırasında fiçilaşma göstermiştir, yapıda Cu fazının homojen olarak dağılamamış olması SEM fotoğraflarında görülmektedir.

NEXT 400 içerisinde Cu'nun bu şekilde dağılmış olması mekanik özellikleri olumsuz olarak etkilemiştir. Basma testleri sonuçlarında mekanik özelliklere olan olumsuz etki açıkça görülmektedir.

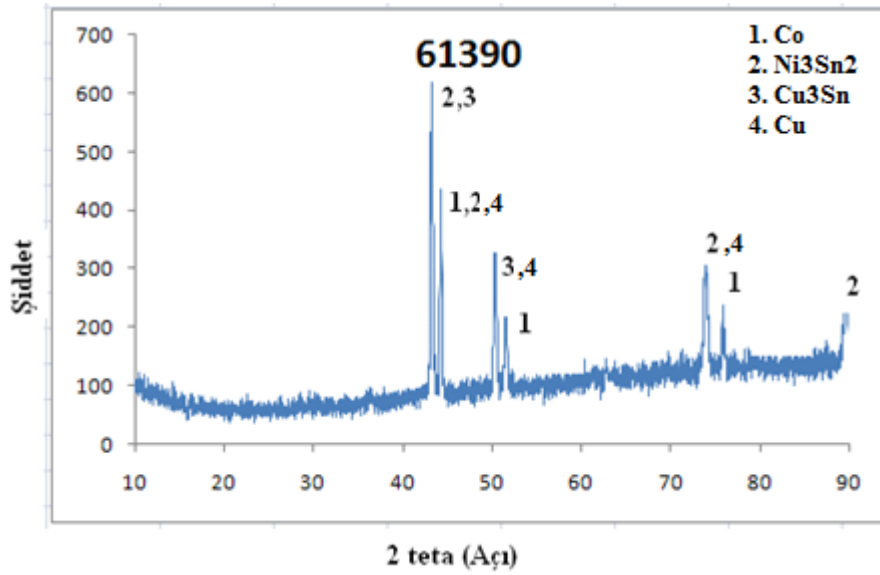
Şekil 7.6'da sırasıyla COBALITE, MX 4885, NEXT 400, 61390'a ait basma testine tabi tutulan malzemelere ait numuneler görülmektedir.

Şekil 7.6'dan görüleceği gibi NEXT 400'e ait numunelerden bazıları birden fazla ekseninde kırılma göstermiş ve de fiçilaşmıştır. 61390'a ait fotoğraflarda ise maksimum kayma gerilmesi yönünde kırılmanın gerçekleştiği görülmektedir.

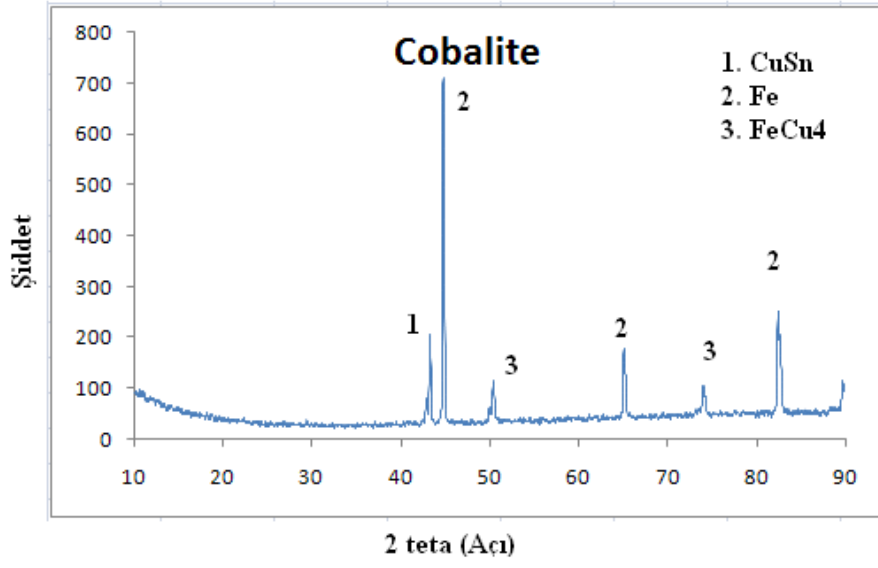


Şekil 7.6 : Basma deneyi sonrası numunelerin makroskobik görüntüsü a) COBALITE b) MX4885 c) NEXT 400 d) 61390

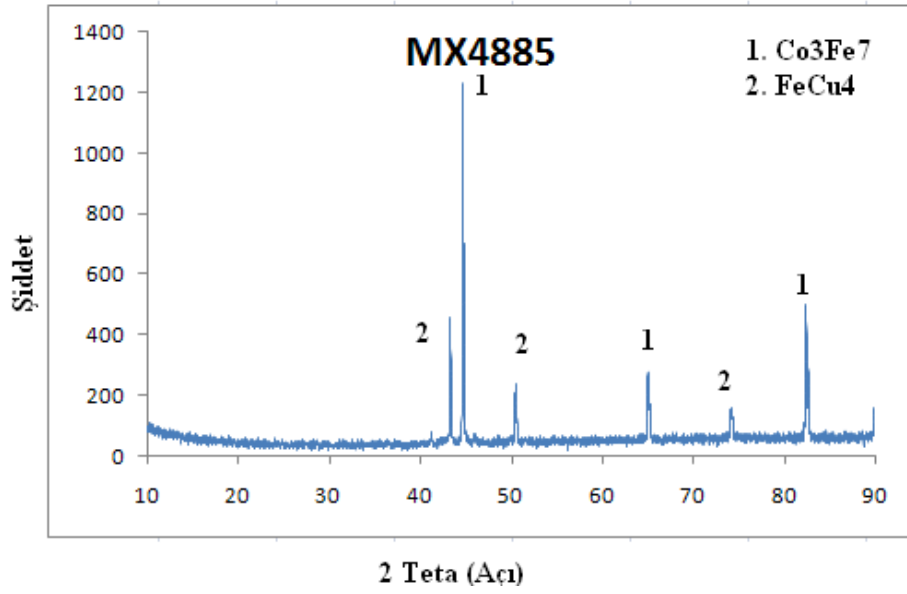
7.6 XRD Sonuçları



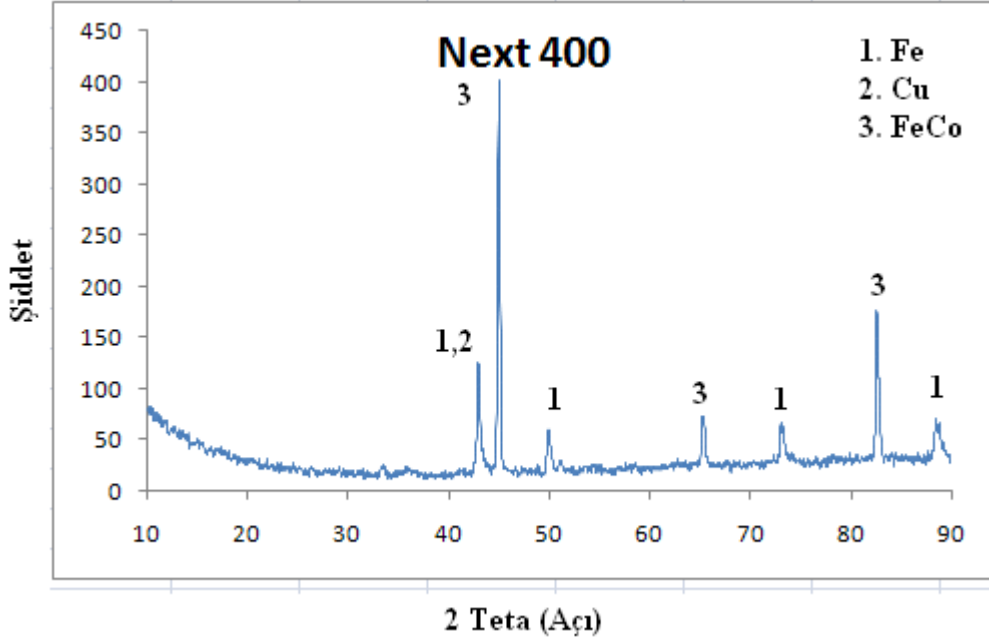
Şekil 7.7: 61390 no'lu numuneye ait XRD spektrumu.



Şekil 7.8: COBALITE numunesine ait XRD spektrumu.



Şekil 7.9: MX4885 numunesine ait XRD spektrumu.



Şekil 7.10: NEXT 400 numunesine ait XRD spektrumu.

Şekil 7.10’ da elde edilen pikler daha önce benzer bileşime sahip Fe-Cu-Co sisteminde yapılan bir çalışmaya benzerdir. 900 derece sıcaklıkta NEXT 400 içerisinde yer alan Fe KYM ve de Cu ise BCC formdadır. Fe-Co katı çözelti oluşturmakta Cu fazının içerisinde gömülü halde bulunmaktadır .

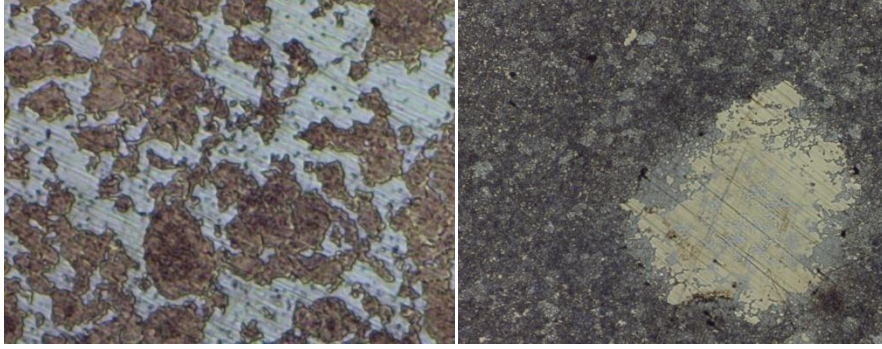
Şekil 7.9 da artan Fe oranı ile birlikte piklerin şiddetinin arttığı görülmektedir. Şekil 7.8’den yola çıkarak SEM görüntüleriyle yorumlandığında SEM fotoğraflarına göre COBALITE numunesi Fe fazı Fe-Cu ve Cu-Sn fazını içermektedir.

Şekil 7.7’de ise 900 derece sıcaklıkta belirtilen kütle oranlarında faz diyagramı incelendiğinde Ni_3Sn_2 intermetalik fazının oluşması olasıdır

61390 ‘a ait XRD pikleri incelendiğinde yapıda Cu bileşeni ile birlikte Ni_3Sn_2 intermetalik fazının da oluştuğu görülmektedir. Sonuç olarak XRD pikleri ve SEM sonuçları bir bütün olarak incelendiğinde yapıda intermetalik fbu fazın oluştuğu aşıkardır. Mekanik özelliklerin diğer tip tozlardan üretilen numunelere göre daha yüksek çıkması buna bağlanabilir

Bu bilgiler yapıda görülen üç farklı renkteki fazı doğrular niteliktedir. Sıvı faz sinterlemesi ile oluşan bronz yapıda dağılmış, Fe-Cu fazı Cu-Sn’ye göre daha daha koyu renkte, Fe fazı ise siyah renkte gözükmemektedir. Şekil 7.7’de ise 900 derece sıcaklıkta belirtilen kütle oranlarında faz diyagramı incelendiğinde Ni_3Sn_2 intermetalik fazının oluşması olasıdır.

7.7 Optik Mikroskop Görüntüleri



Şekil 7.11: 61390 (solda) ve NEXT 400 (sağda) numunelerine ait optik mikroskop görüntüleri.

Numuneler dağlama işleminden sonra da optik mikroskop altında incelenmişlerdir. Şekil 7.11’de 61390 numunesinde açık renkteki bronz fazın yapıda homojen olarak dağıldığı görülmektedir. Bununla birlikte NEXT 400 numunesinde fiçilaşmanın nedeni olarak görülen Cu fazın yapıda homojen olarak dağılmadığı tezi de elde edilen görüntülerle doğrulanmıştır. Şekilde lokal olarak kümelenmiş Cu fazına ait görüntü bu tezi desteklemektedir.

8. GENEL DEĞERLENDİRMELER

Serbest sinterleme yöntemi ile 900°C’de üretilmiş numunelerden Fe-Co ve de Ni-Co alaşımasının bağlayıcı matris olarak kullanıldığı MX4885 ve de 61390 numuneleri sertlik ve basma mukavemetleri bakımından diğer numunelere üstünlük kurmuştur.

61390 numunesinde yapıda Co ile yer alan Ni’de mekanik özellikleri arttırmıştır.

En yüksek çekme payına sahip olan numunelerin NEXT 400 olduğu saptanmıştır. Yapıda yer alan Cu’nun yapıda homojen olarak yayılamaması fiçilaşmaya neden olmuştur.

Yoğunluk,sertlik, basma mukavemeti ve büzülme oranları bir bütün olarak değerlendirildiğinde 61390 numunesinin diğer numunelere göre optimum özelliklere sahip olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Y.Özçelik, Kulaksız,S., M.C. Çetin**, Assessment of the Wear of diamond Beads in the Cutting of Different Rock Types by the Ridge Regression, Journal of Materials Processing Technology,127/3 (2002) pp 392-400
- [2] **H.K. Tönshoff, J.Asche**,Wear of MetalBond Diamond Tools in the Machining of Stone,Industrial Diamond Review, No:1 (1997) pp 7-13 (in Turkish)
- [3] **Y.,Özçelik**, *Mermercilikte Elmas Tel Kesme Makinalarının Çalışma Koşullarının İncelenmesi*,1999, Doktora Tezi (in Turkish)
- [4] **A.Ersoy, Ü.Atıcı**, Mermer Kesicilerinin Aşınma Mekanizmaları, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, (1999) pp 107-115 (in Turkish)
- [5] **H.K. Tönshoff, H. Hillman-Apmann**,Diamond and Related Materials
- [6] **Element Six**, Diamond Particle Size analysis Catalogue
- [7] **Sea Horse**, Diamond Wire Saw Know-How Catalogue
- [8] **L.K. BIGELOW** ,*JOURNAL DE PHYSIQUE IV Colloque C7, supplkment au Journal de Physique 111, Volume 3, novembre 1993* Diamond coatings
- [9] **B. Lux and R. Haubner**: *Diamond for tool in^ and abrasives, European Diamond Technology for the 90s, Diamond and RelatedMaferials* (1 992) 1035-1047.
- [10] Diamond tools for machining precision optical glass, spectacle lenses and technical glass components catalogue
- [11] MBS diamond products for sawing and drilling applications. GE Superabrasives, 1991. Productinformation brochure GES 91-966.
- [12] **Janusz Konstanty** , Powder Metallurgy Diamond Tools
- [13] A review of diamond and CBN sizing & standards. Industrial Diamond Association of America, Inc., Skyland, USA, Publication No. S&\$593 5M.
- [14] **Muzaffer Zeren, Şadi Karagöz** Sintering of polycrystalline diamond cutting tools
- [15] **Dr. José M Sanchez**, CEIT, Spain Comparison of Different Metal MatrixSystemsforDiamond Tools Fabricated by New CurrentInducedShort-Time SinteringProcesses PM2010 World Congress – Diamond Tools
- [16] Umicore Engineered Metal Powders - Tool Materials Catalogue

- [17] **H.C.P. de Oliveira, S.C. Cabral, R.S. Guimaraes, G.S. Bobrovnitchii, M. Filgueira**, Processing and characterization of a cobalt based alloy for use in diamond cutting tools
- [18] **Url-1** < <http://www.hellotrader.com/> >, alındığı tarih: 20.04.2014.
- [19] **E. Çelik, M. Kaplan ve S. İnci**, Fe–Cu–Co–Sn Matrisli Elmaslı Kesici Takımlara Ti ilavesinin Etkisi
- [20] **Cai, O.**, Encapsulated diamond: remarks and technical notes. *Diamante Applicazioni & Tecnologia*, 1996, 2(8), 62-72.
- [21] **Van Doorslaer, T.**, Coating of abrasive grains and the granulation of metal powders. In *Proceedings of International Workshop on Diamond Tool Production*, Turin, Italy, November 8-10, 1999, pp. 83-88.
- [22] **Kimura, K.**, Method for forming metal-coated abrasive grain granules. US Patent 4,770,907 (September 13, 1988).
- [23] **Christian H. K hl**, Free Sintering or Hot Pressing? A Decision Support
- [24] **Adem BAKKALO LU** Ders Notları ,
- [25] **M. Su rez¹, A. Fern ndez¹, J.L. Men ndez¹, R. Torrecillas¹, H. U. Kessel², J. Hennicke², R. Kirchner² and T. Kessel²** Challenges and Opportunities for Spark Plasma Sintering: A Key Technology for a New Generation of Materials
- [26] **Ekin SELV **,(2012) *Do al Ta  Kesmede Kullanılan Elmas Takımların Serbest Sinterlenmesi ve Karakterizasyonu*. (y ksek lisans tezi).
- [27] **Url-2** <<http://www.gh-ia.com/pdf/brazing-diamond-tools.pdf>> alındığı tarih: 03.03.2014
- [28] **Randall M.German**, Sintering Theory and Practice

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Yusuf KAHRAMAN

Doğum Yeri ve Tarihi: 19.03.1989/İstanbul

E-Posta: yus_kah@hotmail.com.tr

Lisans: YTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği

Mesleki Deneyim: YTÜ Merkez Laboratuvarı Arş. Gör. (2014-Halen)
HARTEK Mermer ve Granit A.Ş. (2013-2014)
TÜBİTAK MAM Stajyer (2011)
Ünimetal Stajyer (2010)