



**T. C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİ İLE DOĞAL TAŞ KESİMİNDE
KULLANILAN KESİCİ TAKIM İÇİN MATRİKS MALZEMESİ
TASARIMI VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İbrahim IŞIK
(200992061078)**

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞİR

**SİVAS
ŞUBAT 2019**

İBRAHİM İŞİK'ın hazırladığı ve “**TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİ İLE DOĞAL TAŞ KESİMİNDE KULLANILAN KESİCİ TAKIM İÇİN MATRİKS MALZEMESİ TASARIMI VE KARAKTERİZASYONU**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı **Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞİR**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. L. Cenk KUMRUOĞLU**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Bilal DEMİREL**
Erciyes Üniversitesi

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© ibrahim IŞIK, 2019

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

14.02.2019

İbrahim IŞIK



ÖZET

TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİ İLE DOĞAL TAŞ KESİMİNDE KULLANILAN KESİCİ TAKIM İÇİN MATRİKS MALZEMESİ TASARIMI VE KARAKTERİZASYONU

İbrahim IŞIK

Yüksek Lisans Tezi

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞİR

2019, 108, XVIIİ sayfa

Doğal taş kesiminde çeşitli kesme aletleri kullanılır. Bunlardan biri doğada bulunan en sert elementlerden olan elmadır. Elmas katkılı metal matrkli kompozit malzeme toz metalürjisi (T/M) yöntemi ile üretilir ve doğal taş kesme sektöründe kullanılır. Elmas kesicinin performansını etkileyen birçok faktör vardır. Buradaki ana unsur, matris mukavemetini elmas ile en uygun şekilde ayarlamaktır. Çünkü matris malzemesi yeterince dayanıklı değilse, elmas ömrünü kaybetmeden yapıdan uzaklaşacaktır, aksi takdirde elmas kırılacak ve malzeme çalışmayacaktır. Kesme parametreleri, çalışma koşulları vb. birçok faktör kesme performansını etkilemektedir. Üretilen kompozit malzeme uygun şekilde dairesel diske veya tele lehimlenme işlemi ile birleştirilir.

Bu araştırmanın amacı, kesici elmas malzemelerin sıcak pres sinterlemesi ve serbest sinterleme yöntemi ile üç farklı kimyasal bileşimde ve farklı sinterleme sıcaklıkları (800-900-1000°C) kullanılarak üretilen malzemelerin incelenmesidir. Doğaltaş kesici takımları için üretilen matris malzemeleri özellikleri sertlik, yoğunluk, aşınma dayanımı, X-ışınları, taramalı elektron mikroskobu analizi, enerji saçınımlı spektroskopisi ve optik mikroskop çalışmaları açısından araştırıldı ve sonuçlar karşılaştırıldı.

Anahtar Kelimeler: Elmas takımı üretimi; Toz metalürjisi; Sıcak pres sinterlemesi sinterlemesi; Serbest sinterleme.

ABSTRACT

DESIGN AND CHARACTERIZATION OF MATRIX MATERIAL PRODUCED BY POWDER METALLURGY FOR CUTTING TOOLS USED IN NATURAL STONES

İbrahim IŞIK

Master of Science Thesis

Department of Metallurgical and Materials Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞİR

2019, 108, XVIII pages

Various cutting tools are used in natural stone cutting. Diamond is known the hardest material in the nature. Diamond impregnated metal matrix composite materials are produced by powder metallurgy (P/M) and it is used in natural stone cutting industry. There are many factors that affect the performance of a diamond cutter. The main factor in this is to adjust the matrix strength to the optimum with the diamond. If the matrix material is not sufficiently durable, the diamond will move away from the structure without losing its life, otherwise the diamond will break and the tool will not work. Many factors, such as cutting parameters, operating conditions, affect cutting performance. The produced composite material is soldered to circular disc or wire as appropriate.

The aim of this research is to investigate matrix materials without diamond produced by hot press and free sintering methods with different compositions of composites and sintering temperatures (800-900-1000°C). The properties of the produced matrix materials of cutting tools for natural stones have been investigated in terms of hardness, density, wear resistance, XRD, SEM, EDX and optical microscope and the results have been compared.

Key Words: Diamond tool production; Powder metallurgy; Hot press sintering; Free sintering.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı hazırlama sürecinde, yardımlarını esirgemeyen, akademik çalışmalarıyla ufkumu açan her zaman destek ve teşviklerini gördüğüm danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞİR'e,

Çalışmanın bir bölümüne destek sağlayan Vossloh Rail Technologies LTD. ŞTİ'e ve orada çalışan iş arkadaşlarıma,

Lisans döneminden beri yalnız bırakmayan çok kıymetli dostum Dr. Kürşad Oğuz OSKAY'a,

Tezimle ilgili araştırma konularında bilgisini ve desteğini esirmeyen değerli dostum Dr. Emre Kerim ÖKSÜZ'e,

Her konuda sabırla yardımcı olan, emek ve anlayış gösteren eşime ve oğluma, manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1.GİRİŞ	1
2.ELMAS TAKIMLARININ ÜRETİM YÖNTEMLERİ	3
2.1.Elmasın Yapısı ve Özellikleri.....	3
2.2.Elmas Seçimi	4
2.2.1.Elmas Tipi	5
2.2.2.Elmas Tane Boyutu	8
2.2.3.Elmas Konsantrasyonu	10
2.2.4.Elmas Kaplama	10
2.3.Elmas Takımlarının Üretimi.....	12
2.4.Elmas Soketlerin Yapısı ve Üretiminde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri.....	17
2.4.1.Elmas Soketlerin Yapısı	17
2.4.2.Dolgu Malzemesi Tozlar	18
2.4.3.Bağlayıcı Tozlar	19
2.4.4.Sertleştirici Ve Mukavemet Arttırıcı Tozlar	20
2.5.Toz Metalurjisi İle Parça Üretimi.....	21
2.5.1.Toz Metalurjisi Yöntemi	21
2.5.2.Sinterleme.....	24
2.5.2.1.Sinterlemenin Basamakları	27
2.5.2.2.Sinterleme Çesitleri.....	28
2.5.3.Tozların Hazırlanması	35
2.5.4.Matris-Elmas Karışımının Hazırlanması.....	35
2.5.5.Soğuk ve Sıcak Presleme	36
2.5.5.1.Sıcak Presleme	36
2.5.5.2.Soğuk Presleme.....	38
2.5.6.Spark Plazma Sinterleme	39
2.5.7.Sıcak İzostatik Presleme.....	39
2.5.8.Lazerle Sinterleme.....	40
2.5.9.İnfiltrasyon	40
2.5.10.Diğer Birleştirme Yöntemleri.....	41
2.5.10.1.Sert Lehimleme.....	41
3.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	42
4.DENEYSEL ÇALIŞMALAR	45
4.1.Malzeme ve Metot	45
4.2.Soket Malzemelerinin Belirlenmesi	45
4.2.1.Soketlerin Üretiminde Kullanılacak Tozların Miktar Hesapları	46
4.2.2.Tozların Karıştırılması	47
4.2.3.Tozların Preslenmesi	48
4.2.4.Sıcak Presleme	49

4.2.5.Sıcak Pres Sinterlemesi	50
4.2.6.Soğuk Presleme	52
4.2.7.Serbest Sinterleme	54
4.2.8.Yoğunluk Ölçümleri.....	55
4.2.9.Mikro ve Makro Sertlik Ölçümü	56
4.2.10.Pin On Disk Metoduyla Abresive Aşınma Deneyi	57
4.2.11.Tagucci Methodu.....	59
4.2.12.Mikro Yapı Analizi ve Karakterizasyonu	61
4.2.13.X-Işınları Difraktometresi (XRD) Analizler	61
5.DENEYSSEL BULGULAR.....	63
5.1.Deneysel Yoğunluk Ölçümü	63
5.2.Mikro Sertlik Ölçüm Sonuçları	64
5.3.Makro Sertlik Ölçümü Sonuçları	68
5.4.Pin On Disk Metoduyla Abresif Aşınma Deneyi	71
5.5.Taguchi Metodu	77
5.6.Optik Mikroskop Mikroyapı İncelemeleri	87
5.7.Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) İnceleme.....	91
5.8.X-Işınları Difraktometresi (XRD) Analizleri	101
6.SONUÇ ve TARTIŞMA	105
KAYNAKLAR	107
ÖZGEÇMİŞ.....	109

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Elmasın Yapısının Şematik Görünümü.	3
Şekil 2.2 Doğal elmas aşındırıcılar, (a) Girintili yüzey, (b) Yuvarlak yüzey.	6
Şekil 2.3 Katalist Olarak Üretilmiş Sentetik Elmas Aşındırıcılar, (a) Kobalt Bazlı Alaşım (b) Nikel Bazlı Alaşım.	7
Şekil 2.4 Yapay Olarak Üretilmiş Elmas Morfoloji İndeksleri.	8
Şekil 2.5 Kayaç Sertliği ve Elmas Tane Boyutu Arasındaki İlişki.	9
Şekil 2.6 Tane Boyutuna Göre Elmasın Darbe Dayanıklılığı.	9
Şekil 2.7. Kaplanmış Elmas Taneleri, a) titanyum karbür kaplı b) nikel kaplı.	12
Şekil 2.8. Elmas Boncuğu Üzerindeki Elmas Tozu Görüntüsü.	14
Şekil 2.9. Elektrolitik Kaplanmış Elmas Boncuk.	15
Şekil 2.10. Sinterize Elmas Boncuk ve Kesiti.	16
Şekil 2.11. Elmas Boncuklarının Kesme Şekilleri.	17
Şekil 2.12. Elmas Soketlerin Görünümü.	18
Şekil 2.13. Bakır- Kalay Diyagramı Örneği.	19
Şekil 2.14. Cubo – Oktahedral Yapısındaki Elmas Taneleri	20
Şekil 2.15. T/M Yöntemiyle Parça Üretimi	23
Şekil 2.16. Tozların Gözenek Değişimi	26
Şekil 2.17. Sinterleme Çesitleri	28
Şekil 2.18. Sinterleme Sırasındaki Yapısal Değişiklikler	29
Şekil 2.19. Sıvı Faz Sinterlemesinin Aşamaları	31
Şekil 2.20. Sıvı Faz Sinterlemesinin Aşamalarının Zamana Göre Değişimi	32
Şekil 2.21. Sıvı Faz Sinterlemesinin Farklı Sıcaklıklarda Yoğunluğun Değişimi	33
Şekil 2.22. Çözünürlüğün Sinterlenmeye Etkisi	34
Şekil 2.23. Matris-Elmas Karışımı	36
Şekil 2.24. Sıcak Pres Sinterlemesi İşlemi	38
Şekil 2.25. Soğuk Presleme İşlemi	38
Şekil 2.26. Spark Plazma Sinterleme Sistemi	39
Şekil 2.27. İnfiltrasyon Yöntemi.	40
Şekil 4.1. T2F Turbula Karıştırıcının Şematik Olarak.	48
Şekil 4.2. Serbest Sinterleme, (a) tek yönlü presleme, (b) Soğuk izostatik presleme	49
Şekil 4.3. Sıcak Sinterleme Presi (Dr. Fritsch DSP 510)	49
Şekil 4.4. Kalıp İçerisinde Sinterlenmiş Soketlerin Sıcak Pres İçerisindeki Görünümü	50
Şekil 4.5. 800 °C’de Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Isıl İşlem Grafiği	50

Şekil 4.6. 900 °C’de Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Isıl İşlem Grafiği	51
Şekil 4.7. 1000 °C’de Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Isıl İşlem Grafiği	51
Şekil 4.8. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Sinterlendikten Sonra Grafit Kalıp İçerisinde Görünümü.....	52
Şekil 4.9. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Sinterlendikten Sonra Nihai Görünümü.....	52
Şekil 4.10. Serbest Sinterleme Yapılacak Soketlerin Preslenmesi İçin Yapılan Kalıplar	53
Şekil 4.11. Soğuk Preslemenin Yapıldığı LATZKE Marka Çekme- Basma Deney cihazında	54
Şekil 4.12. Sinterlemenin Yapıldığı Carbolite Marka Tüp Fırın	55
Şekil 4.13. AND GR-200 Marka Arşiment Terazisi.....	56
Şekil 4.14. Mikro Sertlik Ölçüm Cihazı	56
Şekil 4.15. Brinell Sertlik Testlerinin Yapıldığı WOLPERT 930 N – 930-102 N Sertlik Ölçüm Cihazı.....	57
Şekil 4.16. Aşınma Deney Cihazının Şematik Görünümü	58
Şekil 4.17. Aşınma Deney Düzeneği, (Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü).....	58
Şekil 4.18. SOIF XJP-6A Model Trinoküler Invert Metal Mikroskobu.....	61
Şekil 4.19. Taramalı Elekteron Mikroskobu (SEM) Görünümü.....	61
Şekil 4.20. Panalytical Marka XRD Cihazının Görünümü.....	62
Şekil 5.1. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Soketlerin Yoğunluğunun Sinterleme Sıcaklığına Göre Değişimi	65
Şekil 5.2. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Soketlerin Porozite Oranının Malzeme Türünün Sinterleme Sıcaklığına Göre Değişimi	65
Şekil 5.3. Sıcak Pres Sinterlemesi ile Üretilmiş Soketlerin Sinterleme Sıcaklığına Göre Ölçülen Mikro Sertlik Değerleri.....	65
Şekil 5.4. Serbest Sinterleme İle Üretilmiş Soketlerin Sinterleme Sıcaklığına Göre Ölçülen Mikro Sertlik Değerleri	66
Şekil 5.5. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 800°C Sinterlenmiş Soketlerin Mikro Sertlik Değerleri Karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.6. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 900°C Sinterlenmiş Soketlerin Mikro Sertlik Değerleri Karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.7. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 1000°C Sinterlenmiş Soketlerin Mikro Sertlik Değerleri Karşılaştırılması.....	67
Şekil 5.8. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Tüm Soketlerin Bütün Sinterleme Sıcaklıklarındaki Mikro Sertlik Değerlerinin Karşılaştırılması.....	67

Şekil 5.9. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen $M_1 - M_2 - M_3$ Kompozisyonuna Sahip Numunelerin HB 100 kgf Yük Altında Sertlik Ölçüm Değerleri.....	68
Şekil 5.10. Serbest Sinterleme ile üretilen $M_1 - M_2 - M_3$ Kompozisyonuna Sahip Numunelerin HB 100 kgf Yük Altında Sertlik Ölçüm Değerleri.....	69
Şekil 5.11. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 800°C Sinterlenmiş Soketlerin Brinell Sertlik Değerleri Karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.12. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 900°C Sinterlenmiş Soketlerin Brinell Sertlik Değerleri Karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.13. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 1000°C Sinterlenmiş Soketlerin Brinell Sertlik Değerleri Karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.14. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Tüm Soketlerin Bütün Sinterleme Sıcaklıklarındaki Makro Sertlik Değerlerinin Karşılaştırılması.....	71
Şekil 5.15. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin, 400 Mesh Zımparada 3,6km Kayma Mesafesinde Abrasif Aşınma Deneyi Sonuçları	72
Şekil 5.16. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin, 180 Mesh Zımparada 3,6km Kayma Mesafesinde Abrasif Aşınma Deneyi Sonuçları	72
Şekil 5.17. Serbest Sinterleme İle Üretilen Soketlerin, 400 Mesh Zımparada 3,6km Kayma Mesafesinde Abrasif Aşınma Deneyi Sonuçları.....	73
Şekil 5.18. Serbest Sinterleme İle Üretilen Soketlerin, 180 Mesh Zımparada 3,6km Kayma Mesafesinde Abrasif Aşınma Deneyi Sonuçları.....	73
Şekil 5.19. 800°C de Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 180 Mesh İçin Ağırlık Kaybı	74
Şekil 5.20. 900°C de Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 180 Mesh İçin Ağırlık Kaybı	74
Şekil 5.21. 1000°C de Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 180 Mesh İçin Ağırlık Kaybı	75
Şekil 5.22. 800°C de Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 400 Mesh İçin Ağırlık Kaybı	75
Şekil 5.23. 900°C de Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 400 Mesh İçin Ağırlık Kaybı	76
Şekil 5.24. 1000°C de Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 400 Mesh İçin Ağırlık Kaybı	76
Şekil 5.25. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 800°C'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler	78

Şekil 5.26. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 800°C’de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler	80
Şekil 5.27. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 900°C’de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler	81
Şekil 5.28. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 900°C’de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler	83
Şekil 5.29. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 1000°C’de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler	84
Şekil 5.30. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 1000°C’de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler	86
Şekil 5.31. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen M ₁ Kompozisyona Sahip ve 1000°C’de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafı.	88
Şekil 5.32. Serbest Sinterlenmiş M ₁ Kompozisyona Sahip ve 1000°C’de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafı.....	88
Şekil 5.33. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen M ₂ Kompozisyona Sahip ve 1000°C’de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafı.	89
Şekil 5.34. Serbest Sinterleme İle Üretilen M ₂ Kompozisyona Sahip Ve 1000°C’de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafı.	89
Şekil 5.35. Sıcak Pres Sinterlemesi ile üretilen M ₃ kompozisyona Sahip ve 1000°C’de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafı.	90
Şekil 5.36. Serbest Sinterleme ile üretilen M ₃ kompozisyona sahip ve 1000°C’de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafı	90
Şekil 5.37. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Yapılmış Soket İçin (M ₁ 1000°C), SEM Görüntüsü	91
Şekil 5.38. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M ₁ 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler	92
Şekil 5.39. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M ₁ 1000°C), EDX Analiz	92
Şekil 5.40. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M ₁ 1000°C), SEM görüntüsü.....	93
Şekil 5.41. Serbest Sinterleme Yapılmış Soket İçin (M ₁ 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler	94
Şekil 5.42. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M ₁ 1000°C), EDX Analizi	94
Şekil 5.43. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M ₂ 1000°C),	95

Şekil 5.44. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_2 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler	95
Şekil 5.45. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_2 1000°C), EDX Analizi	96
Şekil 5.46. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_2 1000°C), SEM Görüntüsü ...	96
Şekil 5.47. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_2 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler	97
Şekil 5.48. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_2 1000°C), EDX Analizi	97
Şekil 5.49. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_3 1000°C), SEM Görüntüsü ...	98
Şekil 5.50. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_3 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler	98
Şekil 5.51. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_3 1000°C), EDX Analizi	99
Şekil 5.52. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_3 1000°C), EDX Analizi	99
Şekil 5.53. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_3 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler	100
Şekil 5.54. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_3 1000°C), EDX Analizi	100
Şekil 5.55. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 800°C Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu.	101
Şekil 5.56. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 800°C Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu.	102
Şekil 5.57. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 900°C Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu.	102
Şekil 5.58. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 900°C Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu.	103
Şekil 5.59. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 1000°C Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu.	103
Şekil 5.60. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 1000°C Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu.	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Elmasın Özellikleri	4
Çizelge 2.2 Malzeme Türüne Göre Elmas Tane Boyları	10
Çizelge 2.3 Kırık Yüzey Alanındaki Elmas Ve Boşluk Sayısı (cm ²)	11
Çizelge 2.4 Elmas Boncuk Tiplerinin Karşılaştırılması	17
Çizelge 2.5 Sinterleme Tipleri	27
Çizelge 2.6 Sinterleme Basamakları	28
Çizelge 4.1 Soket İmalatında Kullanılan Tozların Boyutları.....	45
Çizelge 4.2 Soket İmalatında Kullanılan Tozların Miktarları	46
Çizelge 4.3 Soket Üretiminde Kullanılan Metal Tozu % Miktarlarının Şematik Gösterimi	58
Çizelge 4.4 Kontrol Faktörleri Ve Seviyeleri	60
Çizelge 4.5 L ₁₈ Dikey Dizine Göre Deney Tasarımı	60
Çizelge 5.1 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Yoğunluk Ölçümleri....	63
Çizelge 5.2 Serbest Sinterleme İle Üretilen Soketlerin Yoğunluk Ölçümleri	63
Çizelge 5.3 Her İki Yöntemle Üretilen Soketlerin Mikro Sertlik Ölçüm Sonuçları..	65
Çizelge 5.4 Her İki Yöntemle Üretilen Soketlerin Makro Sertlik Ölçüm Sonuçları .	68
Çizelge 5.5 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 800°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları	78
Çizelge 5.6 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 800°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları	78
Çizelge 5.7 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 800°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları.....	79
Çizelge 5.8 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 800°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA Tabloları	80
Çizelge 5.9 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 900°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları	81
Çizelge 5.10 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 900°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları	82
Çizelge 5.11 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 900°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları.....	82
Çizelge 5.12 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 900°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları	83
Çizelge 5.13 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 1000°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları	84
Çizelge 5.14 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 1000°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları	84
Çizelge 5.15 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 1000°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları	85
Çizelge 5.16 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 1000°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları	86

KISALTMALAR DİZİNİ

CÜ	: Cumhuriyet Üniversitesi
TM	: Toz Metalurjisi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopu
XRD	: X-ışınları Difraktometresi
EDX	: Enerji Dağılımlı X-ışınları
HREX	: Human Radiation Experiments Site
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IFEU	: Institut für Energie und Umweltforschung



1. GİRİŞ

Elmas, bilinen en sert malzeme olduğundan, kesim ve aşındırma işlemleri için idealdir. Doğal elmas bıçaklarının endüstriyel kullanımı ile başlayarak, uygulama, yüksek sıcaklık ve yüksek basınçlı elmas sentezi ile sentetik elmasların üretimine yol açmıştır. Sürekli artan bir şekilde alet yapımcıları, polikristal elmas kesme takımlarında doğal elmas yerine sentetik elmas kullanmayı tercih etmektedir. Bu tercihin temelinde tercih, doğal yapıların, farklı kesikleri veya kırılma yüzeyleri sonucunda oluşan kristal morfolojileri yerine sentetik elmanın belirli kafes düzlemlerine yöneltilen kristal büyüme olasılığı daha avantajlıdır (Kulaksız, 2007).

Doğal elmasların sınırlı olmasından dolayı, 1950 yılından itibaren sentetik elmasların üretilmesine neden olan kapsamlı AR-GE çalışmaları yapılmıştır. Sonuç olarak, elmas üreticileri ve alet yapımcıları üretim sistemlerini mümkün olduğunca doğal el yapımı sentetik olmasa dönüştürdüler. Günümüzde, belirli bölgelerdeki kesici aletlerdeki sentetik elmasların kullanımı artan bir performansla sürmektedir.

Teknolojinin ilerlemesi ile toz metalurjisinin önemi her geçen gün artmaya başladı. Özellikle külçe dökümü ile istenilen şekle getiren ve plastik şekillendirme ile iyi bir özellik elde edemeyen malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Toz metalurjisinin temel gayesi; metal ve metal alaşımlarını eritmeden, basınç ve sıcaklık yardımı ile dayanıklı gövdeler haline getirir. Sinterleme denilen bu işlem erime noktasını tutar ve kullanılan metal tozu erime sıcaklığının altında bir sıcaklıkta kullanılır. Yüksek ergime sıcaklıklarına sahip metallerin üretimini kolaylaştırır. Buna ek olarak, dökümde yüksek yoğunluğa bağlı oksitlenme, ayrışma, gaz emme, alaşım zorlukları gibi birçok problem toz metalurjisi yöntemiyle otomatik olarak kaldırılır. Toz metalurjisi, kalite, tolerans kontrolü, aşınma direnci ile karşılaştırıldığında birçok döküm hatasını ortadan kaldırır. T / M parçalarında daha az mekanik tıraş kaldırma, talaş ve hurda kayıplarını en aza indirir (Erdal, 2005). Toz metalurjisinin en önemli avantajı, farklı bileşiklerden veya fiziksel farklılık gösteren elementlerden üretilebilmesidir. Bugün, en büyük dezavantaj nispeten yüksek maliyettir. Bir başka dezavantaj parçanın boyutunun ve ağırlığının sınırlı olmasıdır (Bakkaloğlu, 2000).

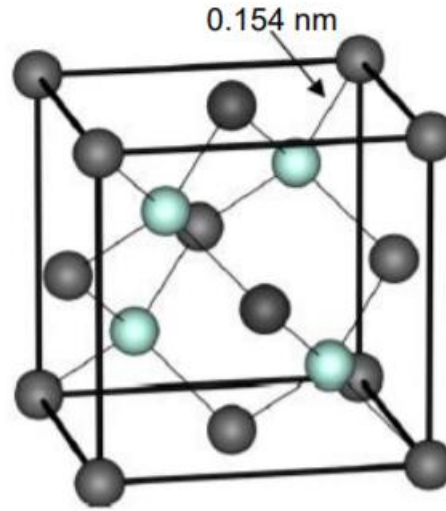
Bu araştırmanın amacı, kesici elmas malzemelerin sıcak pres sinterlemesi ve serbest sinterleme yöntemi ile farklı toz miktarı ve sinterleme sıcaklıkları kullanılarak üretilen soketlerin karakterizasyonunun incelenmesidir. Araştırma kapsamında üretilen doğal taşların kesiminde kullanılan kesici malzemelerin, matris malzemeleri arasında sertlik, yoğunluk, abrasif aşınma dayanımı, XRD, SEM ve optik mikroskop verileri açısından karşılaştırılması yapılmıştır.



2. ELMAS TAKIMLARININ ÜRETİM YÖNTEMLERİ

2.1. Elmasın Yapısı ve Özellikleri

Elmas, karbon atomlarının yarı kararlı tetragonal bağ ile oluşturulan bir yapıdır ve sadece yüksek sıcaklık ve yüksek basınçlarda sentezlenir. Elmasın olağandışı fiziksel özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Elmas, tüm malzemeler arasında en yüksek elastikiyet ve ısı iletkenlik katsayısına sahiptir. Elmasın en yüksek sertlik limitinin nedeni onun kimyasal bağlarıdır. Elmas tamamen sp^3 hibridize olan karbon atomlarından oluşur. Diğer bir deyişle, tüm karbon atomları bir elma oluşturmak için dört güçlü σ bağıyla birbirine bağlanır. Elmas, 0.154 nm'lik bir bağ uzunluğuna sahiptir ve kristalografik yapısı, küp diyagonalinin dörtte birinden bir mesafede aralıklı olarak bulunan iki arayüzey yüzey merkezli kübik örgüden oluşur. Bu bağlar nedeniyle, elmasın sertliği ve atom yoğunluğu katılımcının en bilinen değerleridir (Robertson, 2002).



Şekil 2.1 Elmasın Yapısının Şematik Görünümü(Robertson, 2002).

Polimerik karbon yapıları aynı zamanda çok yüksek oranlarda hibridize edilmiş sp^3 'e sahip karbon atomları içerebilir. Bununla birlikte, bu yapılardaki sp^3 melezleşmelerinin çoğu C-H gruplarından oluştuğundan, malzeme yumuşaktır. Pırlantanın en çok kullanılan alanları; kesici aletler, aşındırıcı kaplamalar ve mücevher maddeleri. Tablo 1.1'de, elmasın tercih edilen özelliğine göre kullanılan bazı uygulamaları göstermektedir.

Çizelge 2.1 Elmasın Özellikleri(Roca, 2005).

Uygulama	Özellik
Aletler için sert kaplama	Yüksek sertlik
Aşındırıcı tanecik	Yüksek sertlik
Güneş gözlüğü camları	Yüksek sertlik, çizilmeye karşı dayanıklılık, optik geçirgenlik
Sabit disklerde uygulanan kaplamalar	Yüksek sertlik, aşınmaya karşı dayanıklılık
Saat koruyucuları	Yüksek sertlik, çizilmeye karşı dayanıklılık
Medikal alanında protezler ile ilgili uygulamalar	Yüksek sertlik, aşınmaya karşı dayanıklılık
Optik kaplamalar	Yüksek kırma indisi
Kızılaltı lazer pencereleri	Yüksek kızılaltı ışık geçirgenliği
Yarı iletken aygıtlar	Geniş bant aralığı
Isı tanklarında kullanılan yarı iletken aygıtlar	Yüksek termal iletkenlik

Elmas sadece çok yüksek basınç ve sıcaklıklarda geleneksel yöntemlerle hazırlanabilir. Günümüzde ince elmas filmler CVD teknikleriyle hazırlanabilir. Bununla birlikte, hidrojen içeren tekniğin dezavantajı, kullanılan tekniklerin endüstriyel üretim ve genişleme sırasında kullanılan hidrokarbon gazları nedeniyle hazırlanan filmler için uygun olmamasıdır. Hidrojen içermeyen dokuz elmas benzeri karbon filmi, bu çalışmada kullanılan yırtma tekniğini kullanarak oda sıcaklığında hazırlanabilir. Hidrojen içeren karbon filmleri hidrojenizsiz filmlerden mekanik olarak daha yumuşaktır. Bu nedenle, elmas benzeri mekanik özelliklerin geliştirilebilmesi için hidrojen miktarının minimum seviyede tutulması önemlidir (Roca, 2005).

2.2. Elmas Seçimi

Elmas partikülleri kesme ve aşındırma işlemlerini gerçekleştiren saf karbondur. Milyonlarca yıl önce karbon, bazen 80 km'lik derinliklerde yüksek sıcaklık ve

basınçlarda (1100-1300 ° C ve en fazla 7 Gpa) kristaller haline geldi. Kübik sistemde, çoğunlukla, oktader ve heksachlorododekan olarak kristalleştirilir. Yoğunluğu 3.52 g / cm³'tür. Yeryüzünde bilinen en zor doğal maddedir. Korund ve elmas sırasıyla Mohs ölçeğinde 9. ve 10. sırada yer alırken, elmasın aşınma direnci direncinden 140 kat daha fazladır. Bu özelliği sayesinde, kullanımı çok kolaydır. Elmas kristaller, açık sarı, şeffaf renksizden sarı-yeşil renklerine kadar çeşitli renklerde olabilir. Bu renk değişiklikleri, kristal yapıdaki izin azot içeriğine bağlıdır. Renk değişiklikleri, yüzeydeki ışık yansımaları ve ekleme şekillerinden de etkilenir. Bir elmas boncuk verimi normalde eldeki renk değişikliklerinden etkilenmez (Lux & Haubner,1992:1035).

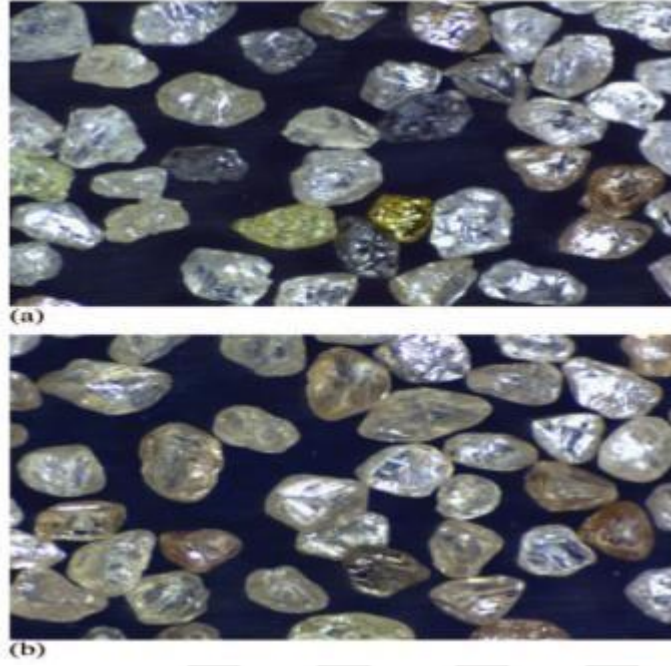
Uygulamanın gereksinimlerini karşılamak için elmas ile ilgili parametreler göz önüne alınmalıdır. Parametrelerden en önemlileri(Lux & Haubner,1992:1036-1047):

2.2.1. Elmas Tipi

İşlenecek malzemede ilk olarak hangi elmasın kullanılacağını belirler. Genel şart, işlem yapılacak parça sertleştikçe elmasın sertleşmesidir. Elmas yapımçıları matris yapıştırma özelliklerine bağlı olarak mekanik mukavemet, termal kararlılık ve özelliklerinde değişiklik gösteren alet yapımçılarına doğal ve sentetik elmaslar sunar.

Doğal elmaslar mayınlı elmas kaya kırılmasından üretilir. Bu nedenle, metal inklüzyonları içermediğinden yüksek termal kararlılığa sahiptir. Doğal elmaslar 1400 derecenin üzerinde bile mekanik özelliklerini korurken, mekanik özellikler düşer. Oyuklu elmas matris bağlama açısından daha iyi bağlanma özelliklerine sahiptir. Ancak elmas yüzeyinin düzensiz olması mekanik özellikleri zayıflatır. Ancak, daha ciddi uygulamalarda, bu problem elmas yüzeyi yuvarlayarak kontrol edilebilir. Bu yuvarlak elmaslar yüksek darbeli yüklere dayanıklılık için tasarlanmıştır. Yuvarlak şekli, yüksek kesme kuvvetleri ve güçlü makineler gerektirir. Yuvarlak biçimli elmaslarda, yüksek presleme sıcaklıkları gereklidir, bu da takım üretim maliyetini düşürür(Konsanty, J. 2005).

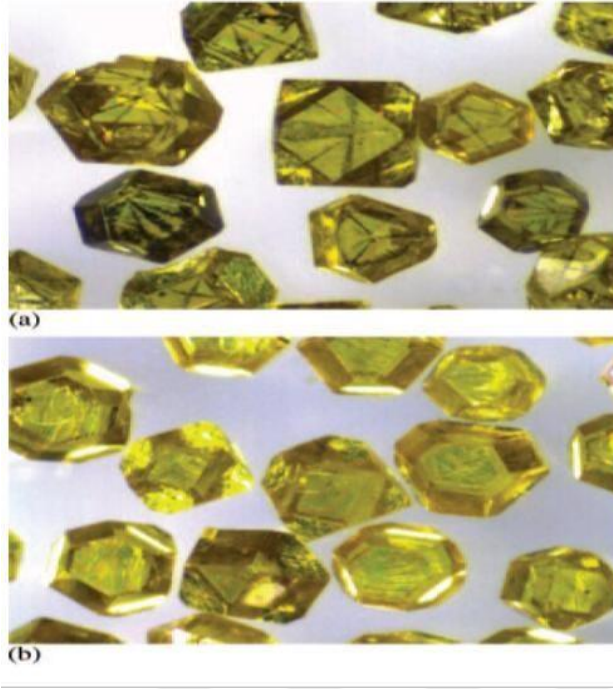
Sentetik elmasların en önemli avantajı, belirli uygulama gereksinimleri için tasarlanıp üretilibilmeleridir. Pazar taleplerinin çeşitliliğine göre iki tür elmas boncuk geliştirildi. Farklı elmas kristaller, kobalt ve nikel bazlı çözücü kullanarak sentezlenebilir. Kobalt sınıfı sıralı metal katımlarla karakterizedir.



Şekil 2.2 Doğal elmas aşındırıcılar, (a) Girintili yüzey, (b) Yuvarlak yüzey(Konsanty, J. 2005).

Nikel yabancı maddelerinin sıralı hizalanması saydamlık, kozmetik görünüm ve bağ kuvveti verir. Şekil 2.2, iki elmas türü arasındaki farkı göstermektedir. Grup VIII, elmas metallerin katalitik grafitleşmesinden sorumludur. Elmasın grafit haline dönüştürülmesi % 56'lık hacim artışına neden olur. Dahası, grafitizasyon katalizörü ile matrisin ısıl genişleme katsayısı farkından kaynaklanan artık gerilmeler, elmasın zayıflamasına ve kırılmasına neden olur. Sonuç olarak, inklüzyonların sayısı ve dağılımı, termal genişleme ile ilgilidir(Konsanty, J. 2005).

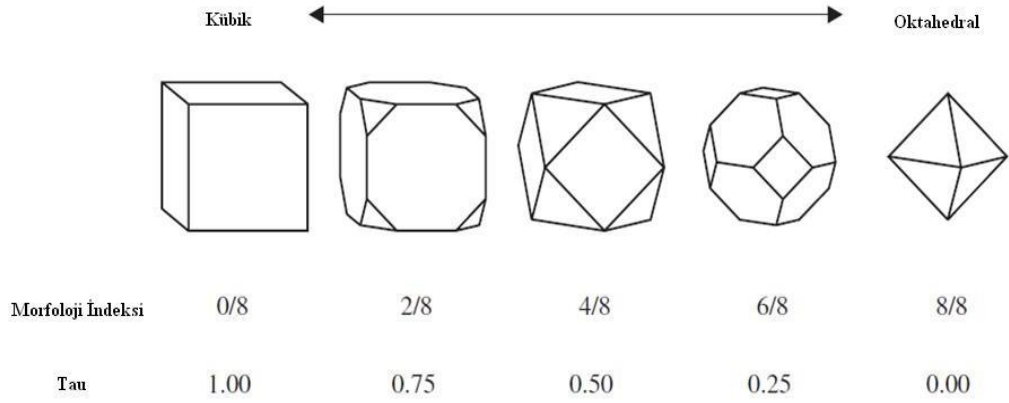
Kobalt bazlı sentez yöntemi ile üretilen elmas taneciklerinin içerilmesi, nüven esaslı alaşımdan daha düzensiz olarak kırılma eğilimi gösterir, çünkü içerikler daha iyi hizalanır. Bu özellik, düşük kesme oranlarında serbest kesmeyi arttırır veya daha ağır koşullarda kaliteyi düşürür(Konsanty, J. 2005).



Şekil 2.3 Katalist Olarak Üretilmiş Sentetik Elmas Aşındırıcılar, (a) Kobalt Bazlı Alaşım (b) Nikel Bazlı Alaşım(Konsanty, J. 2005).

Geçtiğimiz 40 yıl boyunca, elmasın termal stabilitesini ve mukavemetini arttırmak için sayısız laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Mevcut standart prosedür, elin topu ve topu ile bir kapsül içine konarak gerçekleştirilen darbe testidir. Elmas, ısı muamelesinden önce ve sonra darbe testinde tutulur. Bu durumda, ısı işlemin elmasın mukavemeti üzerindeki etkisi tahmin edilebilir. Bununla birlikte, matrisin elmas ile ara yüz reaksiyonu, elde edilen elmasın bozulmasına neden olabilir(Konsanty, J. 2005).

Elmasın mukavemetini belirlemek için iki yol vardır. Önce, elmasın elek boyutunun% 50'sinin altında kalması için gereken süre hesaplanır. İkincisi, mezarda kalan elmas miktarını belirli bir süre ölçmektir. Bu zamana tokluk dizini denir. Bir diğer teknik sıkıştırma kuvveti. İki silindir, dinamik yükleme ve elmas kristal baskı için yayalar, yük sayaçları ve veri toplama sistemine bağlı. Her kristali kırmak için gereken kuvvet belirlenir ve ortalama değer belirlenir. Hangi yöntem seçilirse seçilsin, elmas aşınma davranışını, parça kompozisyonunu, imalat yöntemini belirlemek için elmas kuvvet göstergesi sunar. Mukavemet göstergesine ek olarak, sentetik elmasın şekli de üretim kalitesini etkiler. Elmasın kristalin morfolojisi saf kübikten saf oktahedrona değişir(Konsanty, J. 2005).



Şekil 2.4 Yapay Olarak Üretilmiş Elmas Morfoloji İndeksleri(Konsanty, J. 2005).

Elde edilen elmas sentez sürecinin yapısı kubo-oktohedraldir. Elmasın yapısını belirlemede morfoloji endeksi ve tau parametresi en önemli araçlardır. Şekil ile ilgili olarak, yüzey morfolojisi, kenar geometrisi, parçacık oranı da belirlenebilir.

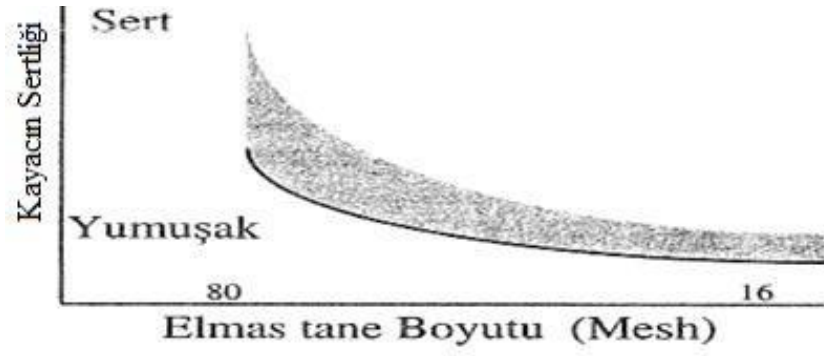
Elmas şeklinde parçacık bütünlüğünü ve kırılma karakterini etkiler. Küboid-oktahedral elmas düzensiz kristallerden daha güçlüdür. Bununla birlikte, düzensiz yapılarda bağ kuvveti daha yüksektir. Zayıf elmas, yüksek yapışma gücüne sahip olup doğal el yapımına göre çerçeve kesiminden daha sık kullanılır(Konsanty, J. 2005).

2.2.2. Elmas Tane Boyutu

Hem doğal hem de sentetik elmas aşındırıcılar, tane boyutu açısından ikiye bölünmüştür. Bunlar 'testere' ve 'tekerlek'. 80 µm yoğun iri taneli elmaslara 'testere' elmas denir. Kum boyutu, alt ve üst elek izninin değerleriyle tanımlanır. Bazı elmas kum da karat başına parçacık sayısıyla belirlenebilir(Konsanty, J. 2005).

Kesici uçlarda kullanılan elmas aşındırıcılar 80 gözenekten daha kabadır ve hızlı talaş kaldırmanın önemli olduğu uygulamalarda kullanılırlar. Kaya ve beton kesiminde kullanılan elmaslar 18-60 ağ gözlü (1-0.25 mm) ve küp-oktahedral şeklindedir.

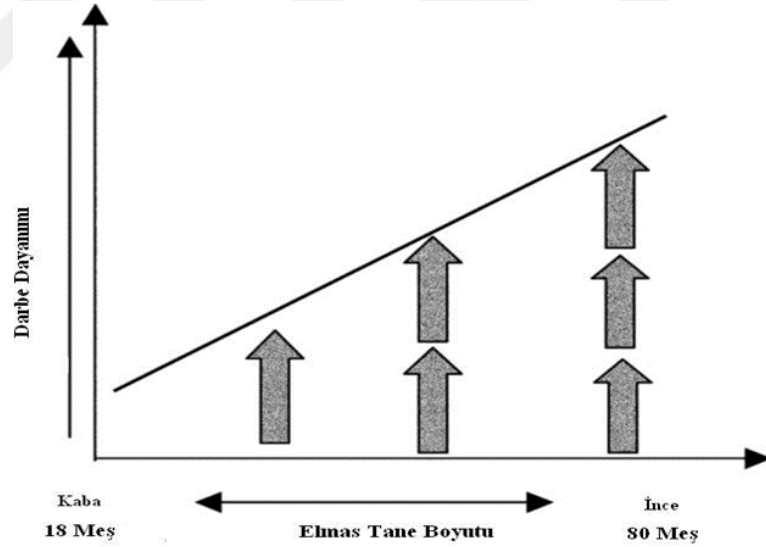
Genel yaklaşım, ince taneli pırlantaların yüzey kalitesinin önemli olduğu ikincil yavaş kesme işlemlerini kullanmaktır. Sert ve kesilmesi zor malzemeler için daha sağlam ve ince taneli elmaslar da kullanılabilir.



Şekil 2.5 Kayaç Sertliği ve Elmas Tane Boyutu Arasındaki İlişki.

İri taneli elmas kullanmanın genel avantajı, yüksek hızlarda kesme işleminde kullanılabilmesidir. Büyük hacimli malzemeleri kesmede kullanılabilir. Bununla birlikte, granüller çok pürüzlüdür ve işlenen malzeme çok serttir, aşırı elmas kaybı meydana gelir.

Sonuç olarak, tanecik boyutu azaltıldığında, ürünün mukavemeti artar. Bu ilişki; Şekil 2.5'de gösterilmektedir. 80 μm ince elmas aşındırıcıların aşındırıcı işleminde kullanılır.



Şekil 2.6 Tane Boyutuna Göre Elmasın Darbe Dayanıklılığı(Konsantı, J. 2005).

Tanecik boyutu ile kesilecek malzeme arasında yakın bir ilişki vardır. Genel olarak tavsiye edilen tane ebatları Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Malzeme Türüne Göre Elmas Tane Boyları(Konsanty, J. 2005)

Tane Boyu	Malzeme Türü
40/50 U.S. Mesh	Sert, ince taneli malzemeler (Örneğin, granit ve bazalt)
30/40 U.S. Mesh	Orta sert malzemeler (Örneğin, mermer)
20/30 U.S. Mesh	Nispeten yumuşak malzemeler (Örneğin, traverten)

2.2.3. Elmas Konsantrasyonu

Bir boncuk veya segmentteki elmas konsantrasyonu 4.4 karat / cm³ (hacimsel % 25)tır. Bunun dışındaki konsantrasyonlar görecelidir. İşlem kolaylığı ve düşük aşınma direncine sahip bir malzeme ile çalışılması durumunda, elmas konsantrasyonu daha yüksek olmalıdır(Konsanty, J. 2005).

Tane konsantrasyonu elmas konsantrasyonu ile birlikte birimdeki kesme noktalarının sayısını etkiler. Çizelge 2.2'de gösterildiği gibi, toplam elmas sayısı ve elmas oyuklarının sayısı, tane boyutu açısından konsantrasyon ile ters orantılıdır. Genellikle elmas konsantrasyonu daha kolay kesim ve daha aşındırıcı kayalar için daha yüksek olmalıdır.

Kesim ucunun konsantrasyonu ömrünü uzatmak için arttırıldığında, kullanılan makinelerde enerji tüketimi de yüksek olacaktır. Makinenin gücü arttırılmazsa, kesme işlemi gerçekleşmez. Yüksek elmas konsantrasyonu ve ince taneli elmaslar kullanılarak ömrü uzatılabilir.

Elmas yoğunluğu azaltıldığında, her bir el aleti üzerindeki yük artacak ve her elmas tarafından toplanan talaş miktarı belirli bir noktaya yükselecektir. Elmasın mukavemeti / tokluğu aşılırsa, elmas taneleri parçalanır ve matrise düşer. İri taneli elmaslar, yüksek kesilme hızlarında kullanılabilir.

2.2.4. Elmas Kaplama

Matrisin deformasyonu sırasında, metal elmasın yüzeyi boyunca kayar. Elmasın metallere üzerindeki sürtünme katsayısı düşüktür (0.1-0.15), bu nedenle metal ara yüz üzerinde yatay olarak kayar.

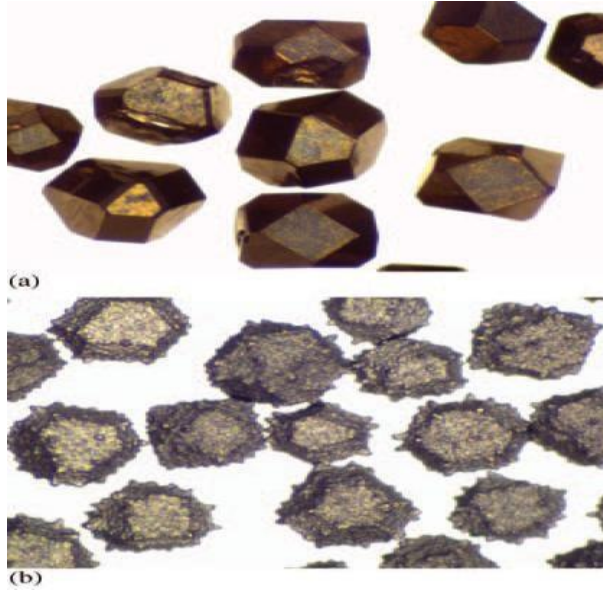
Kesici alet üretiminde, elmas ve matris arasındaki bağlantının artırılması için elmas matris ara yüzü arasındaki sürtünme artırılabilir. İlk yöntem, elmas boncuk yüzeyinin termal veya kimyasal işlemlerle pürüzlendirilmesini sağlamaktır. Ana dezavantaj, bağ kuvvetinde belirgin gelişmeler sağlamak için elmas yüzeyinden çok fazla materyal çıkarılması gerekliliğidir. Böyle bir aşındırıcı işlem elmasın bütünlüğüne ve kuvvetine zarar verebilir.

Çizelge 2.3 Kırık Yüzey Alanındaki Elmas Ve Boşluk Sayısı (cm²)

US Meş No	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

Elmasın matrise yapışmasını güçlendirmenin en etkili yolu elmasın karbürlerle kaplanmasıdır (titanyum, krom, silikon, zirkonyum, niyobyum, tungsten, tantalum). Bunun yanında, karbür tabakasında oksidasyonunu önlemek için ilave bir nikel kaplama uygulanabilir.

Titanyum bir karbür oluşturmaktadır ve elmas-matris arayüzünde elmas yüzeyi üzerindeki kimyasal reaksiyonlarla güçlü bir bağ oluşturduğu için tercih edilir. Nikel, elmasın grafitleşmesini önlemek için sinterleme sıcaklığını 1000°C'nin altına düşürmek için kullanılır. Endüstriyel Ti yaygın olarak kullanılmaktadır. Ti ve Fe arasındaki kimyasal bağ, elmas ve Ti arasındaki bağdan daha güçlüdür.



Şekil 2.7. Kaplanmış Elmas Taneleri, a) titanyum karbür kaplı b) nikel kaplı.

TiC ile kaplanmış elmaslar da kullanılabilir. Örneğin, TiC kaplamalı demir bazlı kompozitler, Ti kaplı elmas kompozitlerine kıyasla, çekme mukavemeti, elastikiyet modülü, aşınma direnci vb. Bakımından, kaplanmamış elmaslı demir kompozitlerinden daha iyi özelliklere sahiptir.

Karbür yapıcıları oksitlenmeden korumak için nikel kaplama, mekanik kilitler kullanılarak en aza indirilebilir. Birincil karbür tabaka 0.1-10 um kalınlığındadır. Kaplamalı elmas kullanmanın avantajları, artan periferik servis hızları ve yüksek kesme hızlarında artan hizmet ömrü, üretim koşullarındaki (700 ° K) elmas yüzeyinin oksidasyonu ve piklerin dönüşümünün engellenmesi gibi diğer agresif matris bileşenlerini özellikle koruyucudur. Standart dışı üretim şartları kaplamada sorunlara neden olur ve performansı olumsuz olarak etkiler. En ciddi tehlikeler, kaplamanın oksidasyonu ve kaplamanın matristeki çözünmesidir.

2.3. Elmas Takımlarının Üretimi

Elmas boncuklar genellikle üretimlerine göre üç gruba ayrılır (GES, 1991):

- Elektrolitik kaplamalı elmas boncuklar
- Sinterlenmiş (elmasla emdirilmiş) elmas boncuklar
- Kimyasal bağlı elmas boncuklar

Üç sistemde, elmas tozları öncelikle ayırt edici ve ayırma işlemine tabi tutulur ve

boncuk tel uygun şekilde üretilir. Aynı ebattaki elmasları ayırmak için farklı ebattaki elmas tozu çok parçaya yaklaşık bir saat atılır. Kullanılmış sentetik elmaslar bu sebeple çok kaliteli olmalıdır. Aksi takdirde, uzun çabalar elmas boncukların nihai sonucuna ulaşma görevini yerine getirememesine ve istenen sonuçlara ulaşamamasına sebep olacaktır.

Ayırt etme işlemi bittikten sonra, çıkarılan elmas parçacıklarından her ölçekteki elmas kristallerinden birkaç numune alınır ve mikroskop altında incelenir. Köşe yapıları ve keskinlik seviyesi görülebilir. Örnekler mikrosertlik sayacın üzerine yerleştirilir ve basınç uygulanır. Burada istenen elmas parçacıklarının sertliğini ölçmektir. Elmas parçacıklarının mukavemet ölçümü aynı zamanda bu parçacıkların kalitesini gösterir.

En büyük elmas üreticisi ve pazarlamacısı De Beers, ürettiği elmas çeşitlerini üç farklı kategoride toplar.

a) SDA Boyut: 250 μ m (60 US Mesh), daha büyük tane boyu, üniform kübik oktahedral kristal yapısı ve en yüksek mukavemet ve aşınma direnci için ideal boyutlara sahiptir. SDA 100 ve SDA 100+ serileri, sert kayaların etkili bir şekilde kesilmesi için idealdir. SDA 85 ve SDA 85+ orta sert ve aşındırıcı kayalarda kullanılabilen ve çok geniş bir uygulama alanına sahip aşındırıcılardır.

b) MDA Boyutu: Bu elmaslar, SDA sınıfının şekil ve mukavemet özelliklerine benzer özelliklere sahiptir. Ancak, 250 μ m'den daha küçük boyutlardadır. Bu sebeple daha ince yüzey işlemlerini gerektiren öğütme ve öğütme işlemlerinde kullanılabilirler.

c) Doğal Boyutlar: Doğal elmas aşındırıcıların sentetik elmas aşındırıcılara kıyasla avantajları vardır. Bu avantajlar, doğal elmas aşındırıcılarının daha hızlı kesilmesini ve temas eden kaya yüzeyinin daha geniş bir alana sahip olmasını içerir. Farklı boyutlarda olabilirler, ancak bulunması çok zor ve çok pahalıdır dolayısıyla kullanımlarında sorunlara neden olurlar.

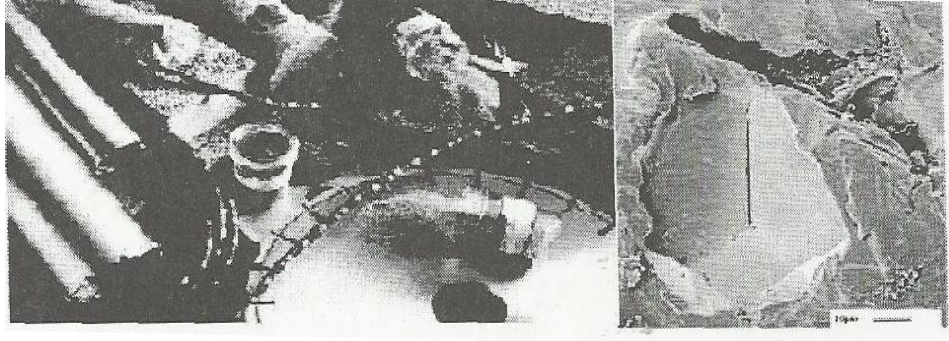
Elmas boncuklarını yapmak için gereken malzemeler;

- a) elmas boncukta ana gövdeyi oluşturan çelik halka
- b) elmasın gövdesine tutturulmuş elmas tozu.

Çelik halka gövdesi: Bu silindirik gövde normal çelikten daha serttir ve matrise uymalıdır. Aksi takdirde, imalat sırasında büzülme meydana gelir ve kullanım

sırasında çap genişlemesi meydana gelir.

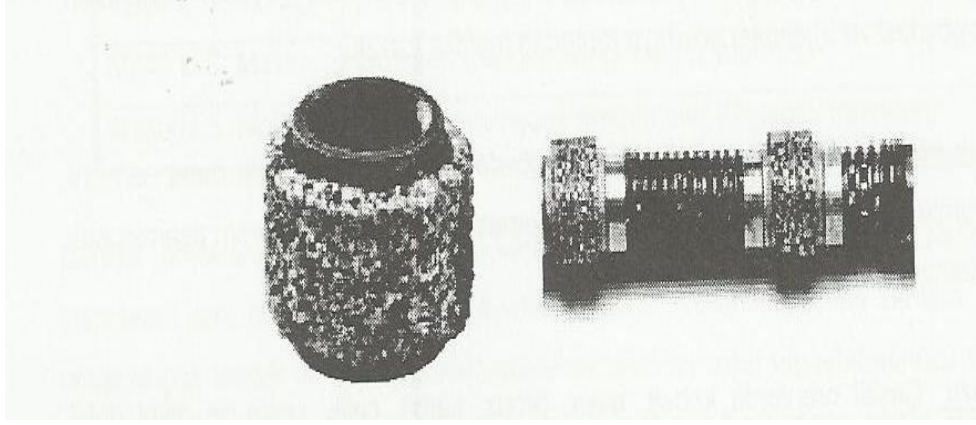
Matris tozu: Kobalt, bakır, bronz, karbür, elik, çinko ve nikel dahil olmak üzere çeşitli oranlarda yaklaşık 30 farklı madde ihtiva eden karışım. Elmas tozu üretilecek elmas boncuk özelliği için uygun olmalıdır.



şekil 2.8. Elmas Boncuğu Üzerindeki Elmas Tozu Görüntüsü(Hsieh & Lin, 2001; Tönshoff &Hilmann-Apmann,2002).

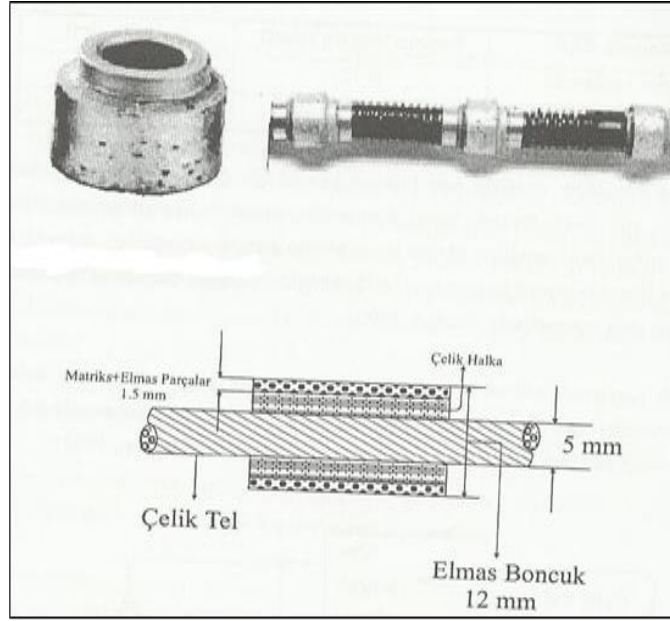
Elmas boncukların üretimi genellikle aşağıdaki gibi yapılır (Hsieh & Lin, 2001; Tönshoff &Hilmann-Apmann,2002):

- **Elektrolitik kaplamalı elmas boncuk imalatı:** elik halkalar yuvalara yerleştirilir ve matris yapı ile kaplanır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan matris yüzeye kaynak yapılır. Yüksek sıcaklıkta, elmas yarı-erimiş haldeki matrise yüksek basınçla püskürtölür. Elmas boncuklar genellikle nerede kullanıldığına bağlı olarak 0.35-1.2 karat elmas tozu içerir. Elmas boncuklar soğumaya bırakılır. Bu aşamada, kalite kontrol edilir ve kullanılır. Elmas tanelerinin kalitesinin matrisin kalitesi kadar iyi olması da burada önemlidir. Matris yapısı ne kadar kuvvetli olursa, elmas partiküllerin ömrü bitmeden matrisden dökölmezler. Elyaf elmas taneyi yeterince sıkı tutamazsa, elmas parçacıkları ömrünü bitmeden boncuktan kopacaktır.



Şekil 2.9. Elektrolitik Kaplanmış Elmas Boncuk(Çelik, 2009; Konstanty, 2005).

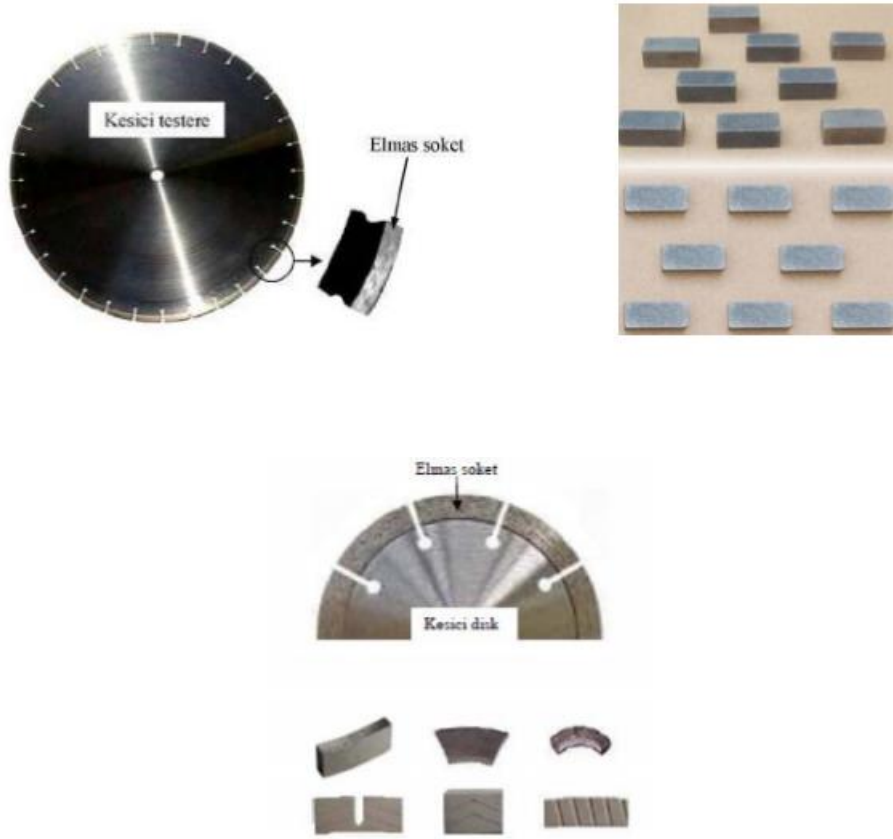
- **Sinterlenmiş elmas boncuk imalatı:** Çelik halkalar, her elmas boncuk için ayrı yuvalar içeren yüksek ısıya dayanıklı bir tepsinin içine yerleştirilir. Matris, toz ağırlığına orantılı olarak elmasların uygun uzunluğu ile harmanlanır. Harman çok özel bir teknikle yapılır. Aksi takdirde elmas parçacıklarını boncuklara eşit şekilde dağıtmak mümkün olmayacaktır. Elmas tozu ile harmanlanmış matris pres makinesindeki kovaya dökülür. Pres makinesi çalıştırılır, elmas tozu ile harmanlanmış matris pres blender tarafından belirlenen ağırlığa kadar bölmeye boşaltılır. Ağırlık belirli bir seviyeye ulaştığında, hazne kapatılır ve yüksek basınç presleme işlemine tabi tutulan yapı ring pres makinesinden çıkarılır. Bu halkalar kalite olmadan bireysel olarak kontrol edilir. Kalite kontrolünü geçemeyen halkalar tekrar parçalanarak toz haline getirilirler. Kaynağın kalitesini arttırmak için tepe taraflı çelik halkaların dış yüzeyine ayrı bir malzeme uygulanır. Kalite kontrolünden geçen halkalar tepedeki çelik halkaları geçerler. Bu tepsiler, yüksek sıcaklık fırınlarıyla 1000-1200 0 C'ye kadar ısıtılır. Bu aşamada, halkanın matris yapısı, daha önce yüzeye uygulanan malzemenin etkisiyle eksiksiz bir etki kaynağı sağlayan kendiliğinden çekilir. Şu anda, matris yapısı, toz halindeki bir katıdan, kendi içinde eritilerek preslenmiş sağlam bir yapıya dönüştürülür. Fırın kapatıldı ve kendi yolunda soğumaya bırakıldı. Kalite kontrol tekrar geçer. Burada kalite kontrolünü geçemeyen elmas boncukları geri getirmek mümkün değildir. Kaynak makinesine atılır ve yüksek sıcaklıkta püskürtme kaynağına maruz bırakılır. Bu, nihai işlemi tamamlar. Son kez kalite denetlenir ve kullanım önerilir(Çelik, 2009; Konstanty, 2005).



Şekil 2.10. Sinterize Elmas Boncuk ve Kesiti(Çelik, 2009; Konstanty, 2005).

- **Kimyasal boncuk imalatı:** Çelik halka gövdesi kimyasal tepkime ile ısı reaksiyona giren bir matris yapısı ile kaplanmıştır. Aynı uzunluktaki elmas parçacıkları matriste düzenli olarak yerleştirilir. İkinci bir ince matris yapı ile kaplanır. Yüksek sıcaklığın altında, matris yapısı yapıştırmayı tamamlamak için fangs (kaynak) ve elmaslarla kimyasal reaksiyona tabi tutulur. Kalite kontrol edilir ve kullanım için sunulur. Üç sistemde de, delikten veya delmeden sonra, iki tür çelik halka kullanılabilir. Bununla birlikte, daha sonraki delme sırasında halkanın çevre kalınlığında orantısızlık olabilir. Bu, aynı zamanda, elmas boncuğun kullanım sırasında dönmesini önler ve tek taraflı yıpranmaya neden olur(Çelik, 2009; Konstanty, 2005).

Sinterlenmiş elmas boncukları ile elektrolitik olarak kaplanmış boncuklar arasındaki verimliliğin daha yeni bir karşılaştırması doğal taş blok kesimleri için Çizelge 3.3'te verilmiştir. Sinterlenmiş elmas boncuklar sert taşların kesilmesi için özellikle uygundur. Elektrolitik kaplamalı boncuklarda lineer kesme oranı düşerken kesme hızı kesme işlemi sırasında sinterlenmiş elmas boncuklarda sürekli yıpranmaya (uniform olmayan aşınma) bağlı olarak sabit kalır ve daha düzgün, işlenmemiş bir kesim yüzeyi sağlar(Çelik, 2009; Konstanty, 2005).



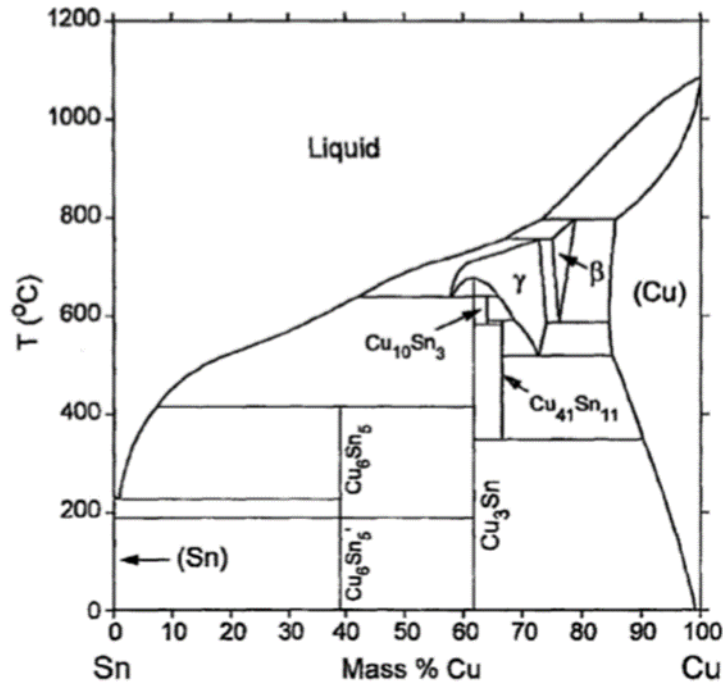
Şekil 2.12. Elmas Soketlerin Görünümü(Kulaksız, 2007;Çelik, 2009).

Elmas yuvasının mekanik özelliklerini belirleyen faktör yuvanın matris yapısıdır. Matris yapımının asıl görevi, elmas parçacıklarının hem kimyasal hem de fiziksel bir bağ ile yapıştırılarak tutulması ve böylece elmas partiküllerinin kesme işlemi sırasında matris tarafından kolayca ayrışmasını önleyerek takım ömrünü belirlemektir. Matris yapısı erozyona uygun olmalıdır. Kesme işlemi sırasında, matris yapısı en iyi erozyona uğratılmalı ve yüzey elmas parçacıklarının yüzeyine ulaşmasını sağlayarak kesme işlemi sürdürülmelidir. Buna ek olarak, talaşları matrisin kesme yüzeyinden uzaklaştırmak için kanallar oluşturulmalıdır. Aksi takdirde talaş, matriste ve elmas parçacıklarında güçlü erozyona neden olabilir. Tüm bu özellikleri sağlamak için soketin standart matris yapısı, doğal taşları kesmek için Co / Ni, Cu-Sn tozlarının farklı kombinasyonları ile oluşturulmuştur. Elmas yuvalarının imalatında kullanılan malzemeler dört ana gruptan oluşmaktadır. Bunlar; (Kulaksız, 2007;Çelik, 2009).

2.4.2. Dolgu Malzemesi Tozlar

Matris tasarımında, elmasları bir arada olmasını sağlayan, bir bağ olan ve sinterleme şartlarında gözenekleri kapatan ve talaş akış kanalları oluşturmak üzere kesme

koşullarında hızla aşınan bir doldurma fazı kullanılır. Eriyik bronz veya pirinç genellikle dolum koşullarını sinterleme için kullanılır. Dolum işleminde kullanılan malzeme matristeki boşlukları doldurmak için sinterleme etkisi ile erir. Bu tür eriyik fazlı sinterlemede (Supersolidus sinterleme veya sıvı faz sinterleme eması), en yaygın bronz toz, yukarıda bahsedilen matris özelliklerini karşılamak için dolgu fazı olarak kullanılır ve bronz tozun en yaygın kullanımımıdır. Malzemenin ucuz olmasının önemli nedeni, tozun bronz toz şeklinde malzeme olarak kullanılması ve ayrı olarak kullanılması veya bakır ile kalay tozunun istenilen oranlarda karıştırılmasıyla bronz yapı oluşturulabilmesidir. Bronz toza ek olarak, çok az miktarda kalay, farklı özelliklere sahip bir matris oluşturmak için eklenebilir.



Şekil 2.13. Bakır- Kalay Diyagramı Örneği.

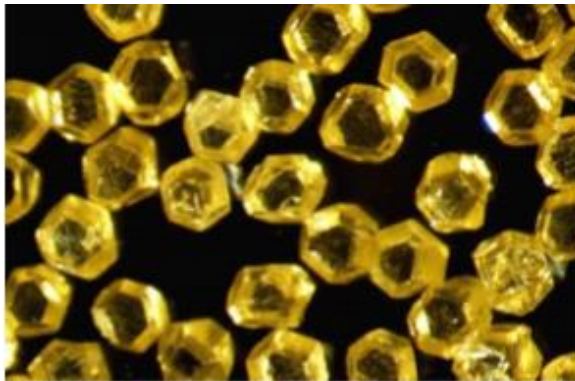
2.4.3. Bağlayıcı Tozlar

Bağlayıcı madde nedeniyle ucuzluğu nedeniyle yaygın olarak kobalt tozu veya nikel tozu ve demir tozu ve bunların kombinasyonları kullanılır. Bununla birlikte, daha iyi bağlanma özellikleri, iyi ıslanma özellikleri (elmasların optimum bağlanması), doğrudan ve dolaylı olarak aşınma direncinin artması ve yüksek ısıl direnç (Erime 1493°C) nedeniyle kobalt daha yaygın olarak tercih edilmektedir. Nikel tozu kobalt

tozundan daha ucuz olduğu için nikel tozu bazen tercih edilir veya kobalt ile düşük oranlarda kullanılabilir. Yapıda bağlayıcı materyalin en önemli görevi şok yapısını birbirine tutan bağların oluşumunu sağlamak ve elmas parçacıklarının kimyasal ve fiziksel olarak bağlanmasını ve matrisi kolayca koparmasını önlemektir. Bu bağlanma kuvvetleri takım ömrünü ve kesme hızlarını belirler.

2.4.4. Sertleştirici Ve Mukavemet Arttırıcı Tozlar

Matris sertleştiriciler ve güç arttırıcı malzemeler nadiren kullanılır. Bunun nedeni, matris yapısının gereksiz sertliğinin kesme mekanizmasını olumsuz yönde etkilemesidir. Bununla birlikte, granit gibi çok sert malzemeleri kesmek için kullanılan testerelerde, matrisin hızla erimesini önlemek amacıyla çok düşük bir hızda kullanılabilir. (Kütlece% 1-2). Titanyum karbid, molibden karbür, tungsten karbür gibi güç arttırıcı özelliklere sahip malzemeler toz halinde sertleştirici malzeme olarak kullanılabilir. Matris, yapıdaki elmas parçacıklarını kesen elementtir. Elmas testereler ile kesme işlemi aşınma ilkesi ile yapılır. Buradaki temel aşınma mekanizması, sert elmas parçacıklarının daha yumuşak olduğu mermer mikro işleminin aşınması ve aşınmasının sonucu olan aşındırıcıdır. Yapay elmas tozu, doğal elmas tozundan daha pahalı olması rağmen soket imalatında tercih edilmektedir. Bunun nedeni, istenen kalitede ve miktardaki elmas tozu her zaman doğada bulunamamasıdır. Elmas tozu seçimi hakkında dikkat edilmesi gereken nokta, elmas boncukların boyut ve kalitesidir. Elmasın kalitesi düşünöldüğünde, boncukların geometrik şekilleri ve sertlikleri, yani fiziksel ve mekanik özellikleri ön plandadır (Kulaksız, 2007;Çelik, 2009).



Şekil 2.14. Cubo – Oktahedral Yapısındaki Elmas Taneleri(Kulaksız, 2007;Çelik, 2009)

Soket üretiminde kullanılan elmas tanecikleri kubo-oktahedral şeklindedir. Parçacıkların şekli ne kadar düzgün olursa, kesme kalitesi ve süreklilik o kadar iyi olur. Kaliteli elmas parçacıkları şeffaf ve homojen olması gerekir. Elmas parçacıklarının sertliği de kesme işlemi açısından çok önemlidir. Bunun nedeni elmas boncukların iş sırasında köreltilmemesidir. Sert elmas tanecikleri işledikçe parçalanırlar ve kırılma düzlemleri boyunca köşeler makaslama sağlayacaktır. Zayıf mekanik özelliklere sahip yeni keskin kenarlar oluşacaktır. Elmas parçacıklarının kenarlarını kırmak yerine ortaya çıkan işlem aşınacak ve kıvrılma ve kesme işlevi kaybedilecektir, bu nedenle kesim işlemi kesintili olacaktır. Bu, kesme kalitesini ve takım ömrünü azaltacaktır. Başka bir husus, elmas boncuklarının sertliğinin, kesme işlemi sırasında üretilen ısı ile azalmasıdır. Sözde elmas tanelerinin kalitesi, ısının etkisi ile sertliğin azaldığı nispeten daha azdır.

2.5. Toz Metalurjisi İle Parça Üretimi

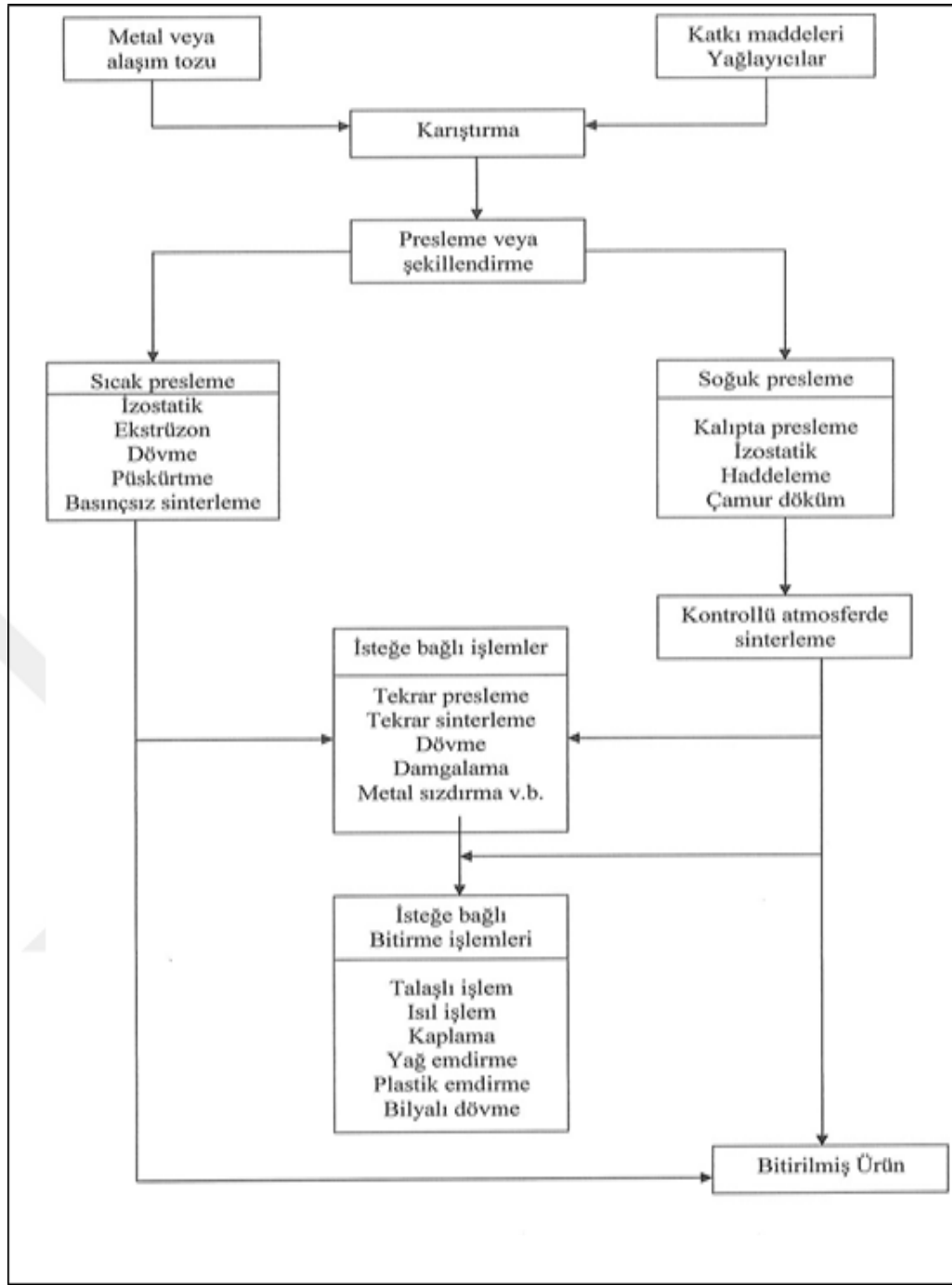
2.5.1. Toz Metalurjisi Yöntemi

Toz metalürjisinin ilk adımı toz seçimidir. İstenilen niteliklere göre toz seçimi önemli etkenlerden biridir. Bu nedenle toz üretimini ve toz özelliklerini belirlemek önemlidir. Üretilen tozda öğütme, tanecik şekli, oksidasyon direnci, akışkanlık önemlidir. T / M'nin de ekonomik olması arzu edilmektedir. Genellikle, soğuk presten sonra, vakumda veya kontrollü bir atmosferde ısıtma ile sinterleme yapılır. Sinterlemeden sonra, tozlara sıcak dövme ile istenen özellikler verilir. Gerekirse işleme de uygulanabilir (Van Doorslaer, 1999).

Toz metalürjisi ile üretilen malzemeler arasında gözeneklilik var. Baskı basıncı, tozların preslenmesi sırasında arttıkça, tozların temas yüzeyi artar ve gözeneklilik azalır. Ayrıca, T / M tarafından üretilen parçalarda gözeneklilik miktarı düştüğünde, mukavemet değerleri artar. T / M yönteminin işlem aşamaları aşağıda kısaca açıklanmaktadır (Erman, 1996).

Karıştırma veya harmanlama: Arzu edilen boyut, şekil ve bileşimin tozlarının yağlayıcı veya bağlama katkıları ve alaşım element tozları ile karıştırılması işlemidir. Bu adım, spesifik karıştırıcılarda homojen hale gelinceye kadar sürdürülür. Harmanlanırken, homojen bir karışım oluşturmak için farklı ebatlarıdaki tozlar karıştırılır.

- Şekillendirme: Toz karışımı sağlam bir kutuda istenen şekil ve ebatta karıştırılır. Böylece toz kütlesi yeterli yoğunluk ve mukavemetle oluşturulur. Sıkıştırma basıncı 0 ila 800 MPa arasında değişir.
- Sinterleme: Parçalar kontrollü bir atmosferde ana bileşenin erime noktasının 1 / 3'ünün altında tutulur. Bu aşamada, toz parçacıkları arasında kimyasal bağlanma, yeniden kristalleştirme ve tane büyümesi gözlemlenir. Kontrollü bir atmosferde sinterleme, oksitlenmeyi önler ve tozun çevreyle reaksiyona girmesini önler. Bu aşamada, parçanın mukavemeti ve yoğunluğu büyük ölçüde artar.
- Sinterlemeden sonraki adımlar: T / M parçası genellikle sinterlemeden sonra kullanıma hazırdır. Ekonomik açıdan arzu edilmemekle birlikte, sinterleme sonrası işlemler de istenebilir. Sinterlemeden sonra istenilen yüzey, boyut, yoğunluk hassasiyetini elde etmek için farklı kalıplarda yapılan baskıya kalibrasyon veya yeniden sinterleme denir. Gözenekleri T / M kısmına doldurmak için yağ ile doldurulabilir. Yoğunluk, mukavemet, sertlik, tokluk, süneklik özellikleri düşük erime noktalı metal gözeneklerle emprenye edilerek iyileştirilebilir. Toplama sırasında çok hızlı olmayan aletler, yüksek hızlar, düşük talaş kalınlığı, uçucu özelliklere sahip soğutucular kullanılmalıdır. Kaplama işleminden önce, yüzeydeki gözenekler, tuz banyosunun gözeneklilikle doldurulmasını önlemek için reçine ile veya deformasyonla kaplanır ve standart kaplama yöntemleri uygulanır. Demir parçalarının yüzeyleri aşınma direnci, korozyon direnci, sertlik ve basınç dayanımı arttırmak için buhar muamelesiyle manyetik demir oksitle kaplanır. İşlem, kuru basınçlı buhar uygulanarak 600 ° C'de gerçekleştirilir. Isıl işlemler standart olarak uygulanabilir. Düşük yoğunluklu parçaların ısıl işlemi sırasında, işlem atmosferi gözeneklerden parçaların iç yapısına nüfuz eder. Diğer bölümlerde olduğu gibi kaynak işlemleri de uygulanabilir. Sızdırma bakır ve bakır alaşımı, yüksek yoğunluklu parçalar başarıyla pirinç kaynaklı ve lehimli olabilir. Yukarıda açıklanan bu işlemler Şekil 2.12'de verilmektedir.



Şekil 2.15. T/M Yöntemiyle Parça Üretimi

T / M Yönteminin Avantajları:

- İşleme ihtiyacı azalır. Erime kayıpları yoktur.
- Düzgün yüzey parçaları dar toleranslarla elde edilebilir.
- Yoğunluk ve erime noktasındaki farklılıklar nedeniyle, başka yöntemlerle üretilmeyen alaşımlar veya karışımlar üretilir.

- Aşınma direncini artırmak için yağ yüzeye emilebilir. Hızla katılaşmış toz üretilebilir.
- Seri üretim için uygundur.

T / M Yönteminin Dezavantajları:

- Kalıptaki toz akışı sınırlıdır. Bu sebeple, üretilecek bölüm şekli sınırlayıcı olabilir.
- Kompleks şekilli parçaların yoğunluğu her noktada aynı olmayabilir.
- Üretilen malzemelerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerini iyileştirmek için ek işleme tabi tutulması gerekebilir.
- Metal tozu daha pahalıdır. Kitle üretimi olmadan üretim yapılması ekonomik değildir.
- Boyutsuz toleranslar, talaş kaldırma işleminden biraz daha pürüzlüdür.

İstenilen ebat, şekil ve paketleme özelliklerine sahip bir metal tozunu güçlü, mükemmel ve yüksek performanslı bir kompakt haline dönüştüren toz metalürjisinde temel adımlar, kompakt bir form oluşturmak ya da tozu sıkıştırmak ve tozun sinterlenerek ısıtılmasıdır.

Bununla birlikte, T / M parçalarının üretimi genellikle aşağıdaki aşamalardan oluşur;

- Toz hazırlama
- Presleme
- Sinterleme
- Yağ emdirme ve kalibrasyon (gerekirse)

2.5.2. Sinterleme

Sadece sıkıştırılmış parçanın mukavemeti oldukça düşüktür. Ham parçadan beklenen şey, kalıptan çıkarıp bazı işlemlere izin verebilmektir. Ham parça hiçbir zaman bir yük taşıma kuvveti taşımaz. Bu nedenle, farklı yöntemlerle şekillendirilmiş tozların sinterlenmesi gereklidir. Isı sayesinde parçacıklar birbirine bağlanır ve bu sayede parçanın kuvveti artar (Ekin, 2012).

Şekillendirilmiş toz karışımının ana bileşeninin ergime sıcaklığının altında

ısıtılmasıyla tozlar arasındaki bağ oluşturulma işlemi sinterleme olarak adlandırılır. Sinterlemenin itici gücü, toplam yüzey alanını azaltarak sistemin toplam serbest enerjisini azaltmaktır. Sinterleme sıcaklığı malzemeye göre değişiklik gösterir..

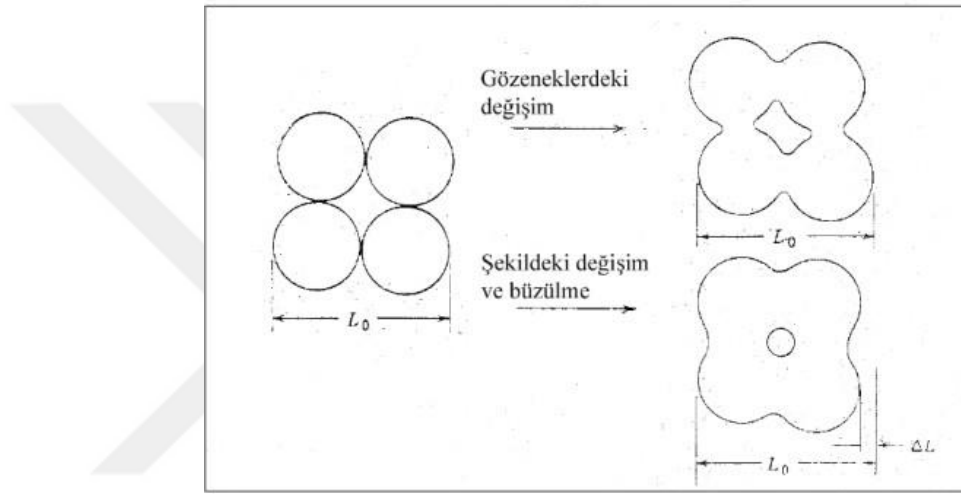
Sinterleme, sıkıştırılmış toz kütesinin belirli özelliklere sahip dayanıklı malzemeye dönüştürüldüğü bir ısıl işlem olarak da tanımlanmaktadır. Sinterlemenin bir sonucu olarak, üretilecek parça son şekli alır ve birçok yeni özellik kazanır. Sinterlemenin başlıca nedeni, endüstrinin öncelikle ilgilendiği sertlik, mukavemet, yorulma ömrü, elektrik iletkenliği, termal genleşme, manyetik doygunluk ve korozyon direnci gibi bileşen özelliklerini iyileştirmektir (Kulaksız, 2007;Çelik, 2009).

Sıkıştırılmış toz kütleleri zayıf olduğu için bu özellikleri ürüne kazandırmak için sinterleme uygulanır. Sinterleme, yüksek sıkıştırılabilirlikteki parçacıklarda düşük sıcaklıkta uygulandığında sıfır boyut değişikliğine neden olabilir. Bundan dolayı, yüksek kesinlik elde edilir, çünkü bağ oluşumu herhangi bir büzülme veya yoğunlaşmaya neden olmaz. Seramik malzemelerin sıkıştırılabilmesi, preslemede yüksek yoğunluğa ulaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, bu malzemeler için daralan yüksek sıcaklıkta sinterleme uygundur. Dahası, bu malzemelerde kalan gözenekler çatlaklar gibi davranır ve zaman içindeki güçlerini azaltır. Sonuç olarak, iyi mekanik özellikler için tam yoğunluğun elde edilmesi arzu edilmektedir(Çelik,2009).

Toz şekillendirme esnasında sıkıştırılır, böylece malzeme içindeki gözeneklilik miktarı azaltılır. Kurumayla tozlar birbirleriyle tamamen temas halindedir. Bununla birlikte, malzeme henüz kompakt hale gelmemiştir. Tozlar arasında boşluklar vardır. Püskürtme sırasında birbiri ile difüzyon yayılmış olan atomik difüzyon tozlarının özellikle de yüzey üzerinde, birbirlerine temas eden tozlar arasında hızlandırarak aralarında bir boyun oluşturur. Bu sayede gözeneklilik miktarı azaltılır ve yoğunlaşma sağlanır.. Sinterleme esnasında, tozların ve gözenekliliğin etkileşimleri ve gözeneklilik morfolojisi değişir (Wang etc.2008).

Sinter bağları, parçacıklar arasında boyunlama yaparak belirgindir. Sinterleme sırasında, partiküller, yüzey enerjisini azaltmak için atom seviyesinde bir araya gelir. Bu sayede, ilk bakışta, yüzey enerjisi ve atomik aktivitenin sinterleme oranını

etkilediğini söyleyebiliriz. Sinterlenmeyi arttıran faktörlerden biri küçük tane boyutu ve diğeri sıcaklıktır. Yüksek sıcaklıklarda, aktif atomların sayısı sıcaklık ile doğru orantılı olarak arttıkça sinterleme oranı artar. Sinterlemeye etkileyen en önemli etkenler sıcaklık, parçacık boyutu, basınç, sinterleme süresi, ısıtma hızı, atmosferdir. Çoğu sinterleme işlemi, sinterlemeden önce malzemedeki kusurları büyütür. Bu nedenle sinterleme öncesi hataları tanımlamak önemlidir. Birçok zaman, bu hatalar sinterleme yapılmadan önce fark edilmektedir, ancak sinterleme ile açıkça görülmektedir. Katkı maddeleri, üretimi daha ekonomik hale getirmek için kullanılır. B u sayede, istenen mikroyapıya ve özelliklere daha kolay ulaşılabilir(Wang etc.2008).



Şekil 2.16. Tozların Gözenek Değişimi (Wang etc.2008)

Sinterleme mekanizması tamamen malzemenin taşınmasına dayanır ve esasen atomların emisyonunu (yüzey ve hacimsel) ve viskoz akış içerir. İşlem, malzemenin taşınmasını kolaylaştırmak için yalnızca yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilir. Sinterleme için itici güç serbest yüzey enerjisindeki azalmadır. Yoğuşma, sinterleme yöntemiyle çeşitli şekillerde sağlanabilir. Bunlar Çizelge 2.5’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.5 Sinterleme Tipleri (Wang etc.2008)

Sinterleme Tipi	Taşıyım Mekanizması	İtici Enerji
Buhar Fazı	Buharlaşıma/Süblümasyon	Buhar basıncındaki fark
Katı-Hal	Yayınma	Serbest enerjideki fark
Sıvı faz	Viskoz akış, yayınma	Yüzey gerilmesi, kapiler basınç
Reaktif faz	Viskoz akış, yayınma	Yüzey gerilmesi, kapiler basınç

2.5.2.1. Sinterlemenin Basamakları

Sinterleme tozların oluştuktan sonra teması ile başlar. Tozlar yalnızca birbirlerine yapışmış veya yapışmış olabilirler ve üretimlerine bağlı olarak deforme olabilirler. Sinterlemenin ilk adımında, boyun atma meydana gelir ve yüzey alanı önemli ölçüde azaltılır. Gözenek yapısı yuvarlandığında, ayrı parçalar gibi görünen granüller daha entegre bir görünüm sergiler. Orta evrede, gözenekler yüzeye açık ince bir çubuk şeklindedir, içteki gaz atmosfere yayılabilir. Bu genellikle istenmeyen bir durumdur(Wang etc.2008).

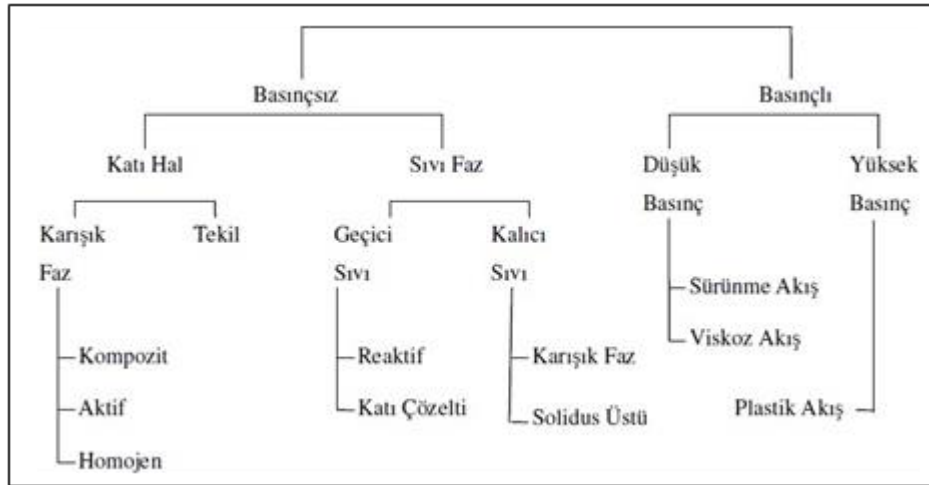
Bu sebeple yapılan işe bağlı olarak sinterleme de bu aşamada durdurulabilir. Son adımda, gözenekler ufalır ve yoğunluk artar. Gözenekler yuvarlaktır. Yüzeye açık olmayan gözeneklere, kapalı yüzey gözenekleri denir, çünkü bunlar kompakt yüzeylere açık değildirler. Bu aşama çok hızlı olacaktır. Elde edilmek istenen malzeme ve özelliklere bağlı olarak sinterleme istenilen aşamaya kadar yapılabilir. Gözenekli yapılarda, sinterleme genellikle orta tabakanın sonunda sona erer(Wang etc.2008).

Çizelge 2.6 Sinterleme Basamakları(Wang etc.2008)

Aşama	Süreç	Yüzey Alan Kaybı	Yoğunlaşma	Tane Büyümesi
Yapışma	Temas oluşması	En az düzeyde (Çok yüksek basınçta şekillendirilmedikçe)	Yok	Yok
Başlangıç	Boyun Büyümesi	Önemli ölçüde (% 50 ye kadar kayıp)	Başlangıçta küçük (az)	En az düzeyde
Orta	Gözeneklerin yuvarlakması ve uzaması	Açık gözeneklerin çoğu kaybolur	Önemli ölçüde	Tane boyutu büyür
Son	Gözeneklerin kapanması ve maksimum yoğunluk	İhmal edilebilir	Çok az	Tane büyümesi çok fazla

2.5.2.2. Sinterleme Çeşitleri

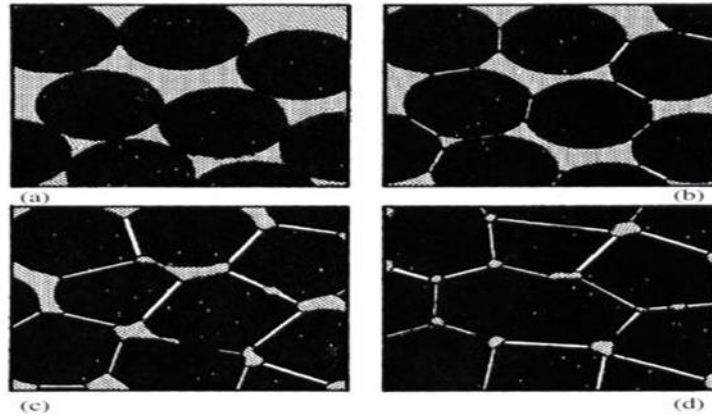
Temelde sinterleme tekniklerini basınçsız ve basınçlı sinterleme olarak tanımlamak mümkündür. Genellikle sinterleme işlemi basınç olmaksızın uygulanmaktadır. Basınçlı sinterleme yeni bir yöntemdir ve bu yöntem sayesinde, kalan gözenekler gittikçe küçülmektedir(Wang etc.2008).



Şekil 2.17. Sinterleme Çeşitleri(Wang etc.2008)

Katılar arasında sinterleme, ekstrüzyon ve malzeme nakli bulunur. Bu işlemin itici gücü, boyun bölgesi ile toz yüzeyi arasındaki serbest enerji veya kimyasal potansiyel farkıdır. Malzemenin katı haldeki sinterlemedeki taşınması şematik olarak

gösterilmektedir. Atomik alanların emisyonu atomların emisyonunun tersidir.



Şekil 2.18. Sinterleme Sırasındaki Yapısal Değişiklikler(Wang etc.2008)

Boyun bölgesi, atom boşluklarının kaynağı ve tozların yüzeyleri göç bölgeleridir. Sıvı faz sinterleme, maliyeti ve üretim avantajlarının kolay olması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir.

Bu yöntemde, sıvı faz, kütle transferi, yoğunlaşma ve mikroyapı genişlemesini hızlandırır. Önceden alaşımlanmış tozlar sinterleme sırasında kalıcı sıvı fazda ısıtıldığında sıvı faz olur ve sıvı faz sinterlemenin yüksek sıcaklık bölümünde kalıcı hale gelir. Geçici sıvı faz sinterlemesinde sıvı, faz fazındaki çözünmesi nedeniyle yeni bir faz oluşturur ve bu nedenle kaybolur.

- **Sıvı Faz Sinterleme**

Günümüzde porselen, dış porselen, otomobil bağlantı elemanları, kesici aletler, refrakter seramikler gibi birçok ürün sıvı faz sinterleme ile üretilmektedir. Sıvı faz sinterleme, kaliteli parçalar üretmenin uygun bir yoludur. Sinterleme esnasında oluşan sıvı faz kapağı, etkiyle parçacıklar üzerinde yeterli iç basınç uygular, çünkü herhangi bir harici basınç gerekmez. Kılcal kuvvet, dış basınç üzerinde büyük oranlarda eşit bir etkiye sahiptir.

Sıvı faz sinterleme, bazı özelliklere sahip çok bileşenli sistemlere uygulanabilir. Sinterleme işleminin herhangi bir aşamasında oluşan sıvı faz gözenekleri doldurur ve difüzyon ve yoğunluk artışını hızlandırır. Sıvı faz sinterleme gibi teknikler malzeme mühendisliği için önerilir çünkü günümüzde yüksek performanslı parça üretimi önemlidir.

Sıvı faz sinterlemesinde sıvı fazı oluşumu için iki temel mekanizma vardır. İlki, farklı

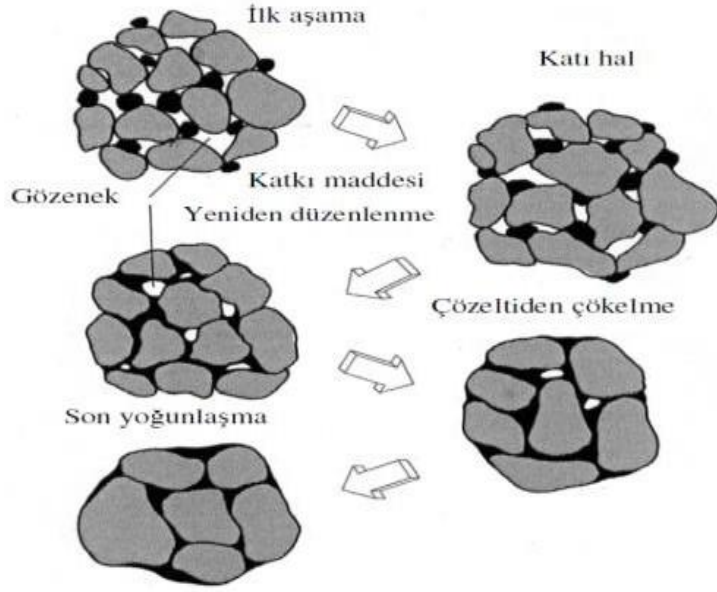
kimyasal bileşimlerde bir toz karışımı kullanmaktır. Sinterleme sırasında, sıvı faz, farklı kompozisyona sahip tozların etkileşiminin bir sonucu olarak oluşur. İkincisi, toz karışımında bulunan bileşenlerden birinin eritilmesi veya ötektik faz oluşumu ile sıvı fazın oluşumudur. Sıvı faz sinterleme;

- 1) Geçici sıvı faz sinterleme
- 2) Sürekli sıvı faz sinterleme
- 3) Solidus sinterleme
- 4) Sinterleme reaksiyonu olarak ayırırız.

Bu sınıflandırma, sıvı faz oluşumunun alaşım oluşumu (geçici SFS veya reaktif sinterleme) ile sinterleme sırasında mı yoksa oluşan sıvının çözünme durumuna bağlı olarak sinterleme sırasında (sürekli SFS) içyapıda sürekli varlığının olup olmadığı göz önünde bulundurulur. Farklı bir yöntemde katı madde, sıvı + katı karışımı, önceden alaşımlanmış tozun katı ve sıvı sıcaklığı arasında sinterlenerek oluşturulmasıyla sinterlenir.

Sıvı faz sinterleme yoğunlaşması belirli aşamalarda gerçekleşir. Başlangıçta, tozlar sadece kompakt formda temas halindedir. Sıvı faz sıcaklığına ısıtılır. Bu ısıtma sırasında katı faz sinterleme oluşur. Birçok sistemde bu katı faz sinterleme, sıvı faz oluşmadan önce yüksek bir yoğunluğa neden olur. Ardından yoğunlaşma, bulunan sıvı miktarı nedeniyle gerçekleşir. Sıvı oluştuktan sonra yoğunlaşma 3 aşamada gerçekleşir. Düzeltme, çözeltilinin yeniden çökmesi, son aşamalı sinterleme. Yeterli sıvı varsa tam yoğunlaşma sağlanabilir. Sıvı miktarı düşükse, katı yapı çözeltilinin çökmesini engeller. Kalan gözenekler, iskelet yapısının katı faz sinterlemesiyle giderilir(Wang etc.2008).

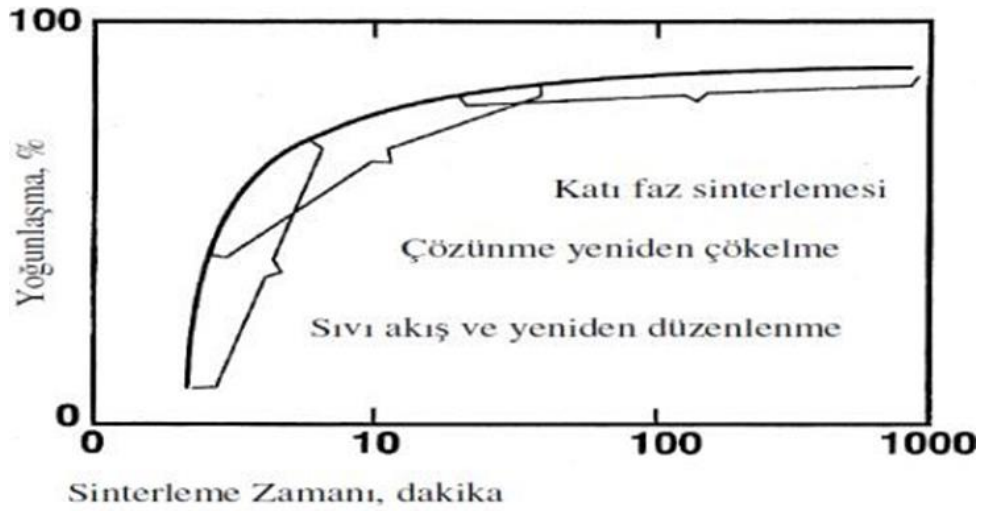
Sıvıları ıslatmak için katı-sıvı yüzey enerjisi katı-gaz yüzey enerjisinden daha düşüktür. Bu sebeple, toplam yüzey enerjisinin düşmesine neden olur. Yeniden düzenlemede, kapların viskozite nedeniyle hareket etmesi önlenir. Bu, gözenekli yapının azaltılması ile viskozitede bir azalmaya yol açar. Tam yoğunluk, yeterli sıvı oluşmuşsa mümkündür. Bununla birlikte, yeniden düzenleme, zerreciklerin dokunması ve katı faz difüzyonuyla engellenmektedir. Yoğunlaşma, yeniden sıralama sırasında yavaşlarken, çözünürlük ve difüzyon daha baskın hale gelir. Bu ikinci aşamaya çözültü çöktürme adı verilir (Sipahi, 2016).



Şekil 2.19. Sıvı Faz Sinterlemesinin Aşamaları(Sipahi, 2016)

Sonuçta tane boyutu azalırken çözelti çökeltmesi, yalnızca tane büyümesine değil aynı zamanda yoğunlaşmaya da neden olacaktır, çünkü büyüyen taneler boşluğu daha iyi doldurmaktadır (Sipahi, 2016).

Sıvı faz sinterlemenin son aşaması, katı yapının yoğunlaştırılması ile belirlenir. Yoğuşma yavaş olmasının sebebi katı tanelerin birbirine dokunuyor olmasıdır. Katı faz sinterleme, son aşamada baskın olan birbirine eklenmiş katı tanelerin yoğunlaşmasının başında da mevcuttur. Ancak bu kadar etkili değildir. Mikroyapı genişlemesi devam eder ve eğer kalan gözenekler içinde gaz sıkışırsa, bir önceki aşamaya göre genişlemesine sebep olur. Son aşamada uzun süre tutulursa, malzemenin özellikleri bozulacaktır. Bu sebeple pratikte kısa sinterleme tercih edilir. Yeniden düzenleme çok hızlı iken katı faz sinterleme fazı oldukça yavaştır. Burada zaman ölçeği yaklaşık olarak verilir. Konsantrasyon seviyesi de sıvı miktarına bağlı olduğundan, bu şeklin farklı varyasyonlarını görmek mümkündür(Sipahi, 2016).



Şekil 2.20. Sıvı Faz Sinterlemesinin Aşamalarının Zamana Göre Değişimi(Sipahi, 2016)

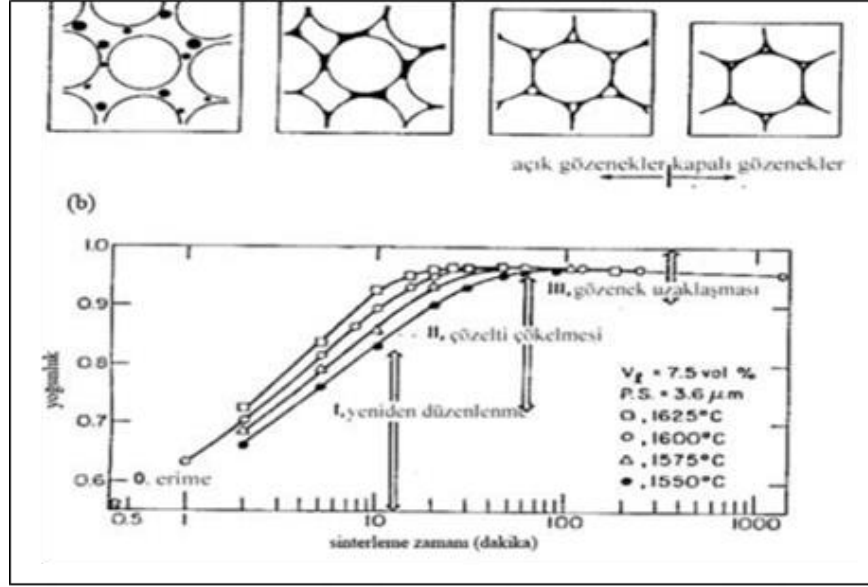
Sıvı faz sinterlenmesini etkileyen faktörler:

Sıvı faz sinterlemesinde, yüzey enerjisi yoğunlaşma için itici güçtür. Birinci aşama, yeniden yapılanma safhasıdır. Bu aşamada sıvı formlar ve katı yapı ıslanır. Islaklık kimyasal reaksiyonlarla desteklenmektedir. Kimyasal reaksiyonların tamamlanması ile yüzey enerjisi artar ve tane sınırı boyunca sıvı, katı üzerinde boynu olan bir yapıya ulaşır.

Yeniden düzenleme esnasında, kabarcıklar, ısınmaya neden olan sıvı ile birlikte küçük gözenekleri dolaştırarak enerjii düşürmeye eğilim gösterirler. Islatma sıvısı bu parçacıkları birlikte çözer.

Sıvı faz, dar gözeneklerden akmayı ister ve kılcal damar bir etki yaratır. Kılcal damarlar, enerji yeniden düzenlemeye, yoğunlaşmaya ve yüzey düzleşmesine neden olur. Burada sıvının temas açısı önemli bir rol oynamaktadır. Islatma sıvısı, küçük bir temas açısına sahip olursa, parçacıkların birbirine yapışmasını sağlar. Temas açısı büyüdükçe, partiküller birbirlerinden ayrılırlar (Sipahi, 2016).

Kılcal etki nedeniyle ıslanan parçacıklar arasındaki temas basınç altındadır. Bu, temas basıncına, tanecik boyutuna, yüzey enerjisine ve temas boyutuna bağlıdır. Küçük partiküllü sıvı faz sinterlemenin ilk aşamasında, bu kuvvet parçaların yeniden düzenlenmesine neden olur. Bununla birlikte, gözenek boyutu değişir. Daha büyük gözenekler büyür, küçük gözenekler küçülür. Başlangıçta yoğunluğu yüksek olan yerler daha yoğunlaşmıştır(Sipahi, 2016).



Şekil 2.21. Sıvı Faz Sinterlemesinin Farklı Sıcaklıklarda Yoğunluğun Değişimi(Sipahi, 2016)

Yeniden düzenleme, katı parçacıklar arasında yeni temas alanlarının oluşumuna neden olur. Kontak oluşumu, parçacıkların bir araya toplanmasının öncüsüdür. Düşük açılı temas oluşturan parçacık sınırının olasılığı% 0.5 ila% 5 arasındadır. Bu gibi temaslar için hızlı bir kombinasyonun olması beklenir. Örneğin, katı, sonuçtaki sıvıda çözünebilir veya çözünemiyebilir. Bu fark sinterleme hızını ve mikro yapı oluşumunu önemli ölçüde etkiler (Sipahi, 2016).

Bununla birlikte, katkı maddesinin sıvıdaki çözünürlüğü düşük veya yüksek olabilir, bu da sinterleme davranışlarını farklı şekilde etkiler. Anlaşılacağı üzere, katıdaki sıvı çözünürlük düşükse ve sıvıdaki katı eriyebilirlik düşükse, yoğunlaşma ve yeniden düzenlemede bir sınırlama vardır. Aksine, sıvı içinde yüksek bir çözünürlüğe sahip olduğunda, katı maddenin çözünürlüğü düşük olduğunda yüksek bir yoğunluk elde edilebilir. Bu nedenle katı çözünürlük yoğunlaşmaya neden olur. Fazla sıvı solüsyon veya katı solüsyon kütle akış yönünde bir fark yaratır. Katı madde ve sıvı birbiri içinde eriyemezse yoğunlaşma daha az olur(Sipahi,2016).

Maddenin sıvı içinde çözülmesi, önce parçacıkların küçülmesine ve katı parçacıkların birbirinden ayrılmasına ve yeniden düzenlenmesine yardımcı olur. Yüksek çözünürlükte sıvı maddenin akışkan içindeki katı çözünürlüğü, geçici sıvıda bu şekilde düşük şişme olduğunda gözlenir. Sıvı katı içinde bir alaşım oluşturur. Sonuç olarak,

katı çözünürlük ne kadar küçük olursa, o da o kadar geniş olur. Çözeltiye katılan katkıları, daha küçük bir damla suyu veya katkı maddesi kullanılarak daha küçük bir genişleme ajanının indirgenmesini sağlandı. Katkı maddesinin sıvıdaki çözünürlüğü düşük olduğunda katkı maddesi daha etkili hale gelir. Hem sıvıdaki katı çözünürlük hem de katılarda sıvı çözünürlük yüksek olduğunda karma etki gözlenir. Bir yandan yoğunlaşma, bir taraftan diğerinde genişleme vardır (Çonkar,2012).

Özetle, sıvı fazda Sinterleme için sıvıda katı çözünürlük ve katılarda sıvı çözünürlük olmak üzere iki tip çözünürlük vardır. Katıdaki aşırı sıvı çözünürlüğü, geçici sıvı kutusu, aşırı duyarlılık ve ısıtma sırasındaki kablonun genişlemesidir.

Sinterlemedeki bir diğer önemli faktör, sıvı katı fazlar (nemlendirme ve ısıtma durumu) arasındaki ara yüzey enerjisine ve sıvı fazın katı-katı sınırlarına nüfuz etmesine ilişkindir. Bu değişkenlerin partikül boyutu, sinterleme sıcaklığı, sinterleme atmosferi ve ham yoğunluk gibi proses parametreleri ile oluşturulacak iç yapı üzerinde belirgin bir etkisi vardır. Bu varyasyon, sıvı fazın sinterlenmesini hem metaller hem de seramik için esnek bir üretim yöntemi haline getirir(Çonkar,2012).



Şekil 2.22. Çözünürlüğün Sinterlenmeye Etkisi (Çonkar,2012).

Sıvı oluşumu başlangıçta yüzey üzerinde oluşur ve kılcal damar yoluyla yayılır. Yoğunlaşma eriyik oluşuktan hemen sonra meydana gelir ve doğru parçacık boyutuna ve viskoziteye basınç ve sıvı kalınlığı ile ters orantılıdır. Çekme davranışı, işlem sırasında koşulları ve malzeme özelliklerini etkiler (Çonkar,2012).

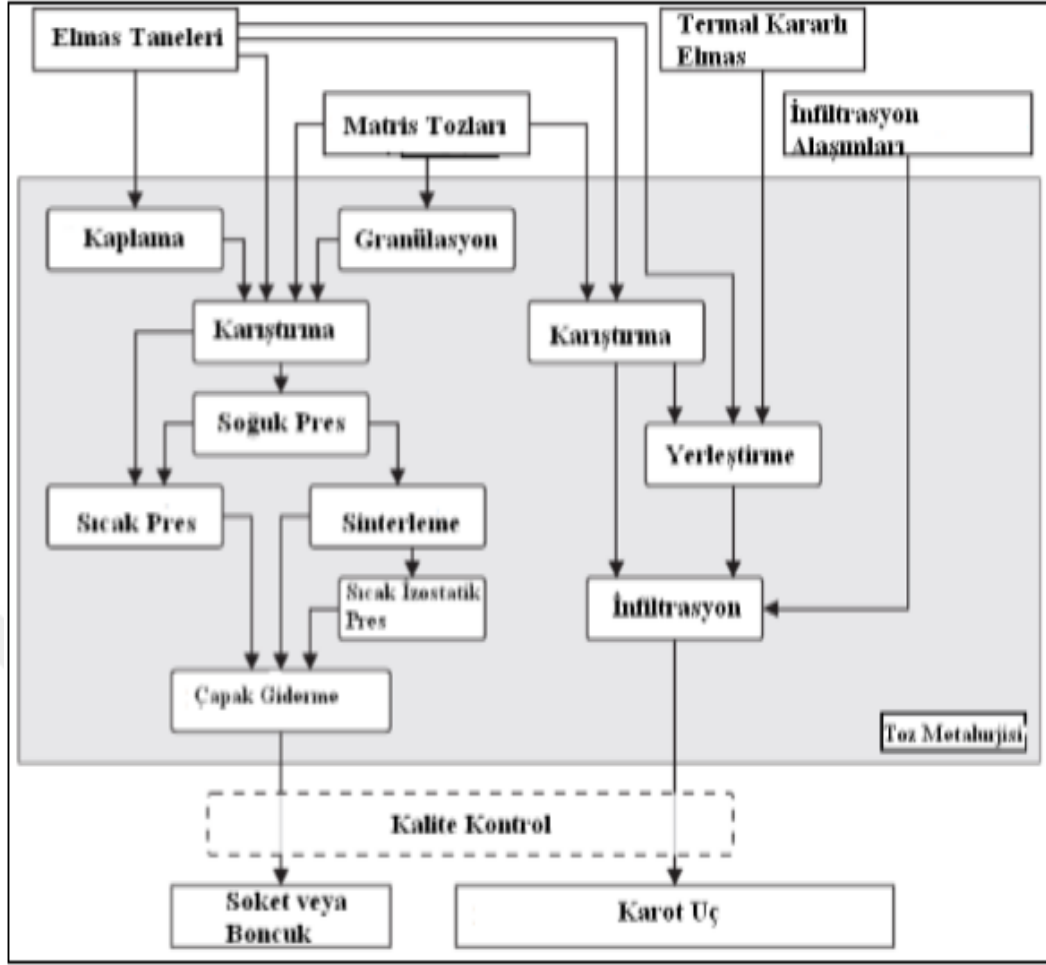
2.5.3. Tozların Hazırlanması

Matris tozları, önceden belirlenmiş bileşim, tane boyutu ve dağılımı içinde karıştırılır. Bağlayıcı olarak% 2 oranında parafin ve mono etilen glikol gibi katkı maddeleri ekleyerek ayrıştırmayı önlemeyi amaçlıyor. Sıcak ve soğuk pres koşullarında çelik aşınmasını ve oksitlerini azaltmak için de kullanılır (Sipahi, 2016).

İnce metal tozlarının akışkanlık kazandırmak için granülasyon yapılır. Granülasyon için tozlar, mum, parafin, glikol gibi organik çözücüler ile karıştırılır. Sinterlemeden önce, bu katkılar toz yığından uzaklaştırılmalıdır, aksi takdirde yuvalarda istenmeyen kalıntı boşluklar oluşacaktır. Mekanik granülasyonda toz mekanik olarak preslenir ve elde edilen yapı öğütülür. Isıl granülasyonda, toz karışımı önceden sinterlenmiş ve ortaya çıkan kek öğütülmüştür. Karıştırma, aynı zamanda yüksek hızda dönen mikserler yardımıyla gerçekleştirilir.

2.5.4. Matris-Elmas Karışımının Hazırlanması

Karıştırma işleminin nihai ürün özellikleri üzerinde bir etkisi vardır. Matris tozlarının ve elmas tanelerinin homojen dağılımı yuvanın aşınmasını kolaylaştırır. Elmas parçacıklarını matriste homojen olarak dağıtmak zordur. Uygulanan kaplama işlemi aşınma direncini artırır ve aynı zamanda Şekil 2.23'de gösterildiği gibi elmas tanelerinin kaya içine batma uzunluğunu artırır(Çonkar,2012).



Şekil 2.23. Matris-Elmas Karışımı(Çonkar,2012).

2.5.5. Soğuk ve Sıcak Presleme

2.5.5.1. Sıcak Presleme

Geleneksel serbest sinterleme ile sıcak pres sinterlemesi ile karşılaştırıldığında; daha kısa süreler (genellikle 2-3 dakika) ve daha düşük sıcaklık gerektirir. Buna ek olarak, bu teknik, soğuk prese göre daha yüksek yoğunluklara erişir (Kahraman, 2014).

Ticari amaçla üretilen sentetik elmasların yüksek sıcaklık mukavemetine sahip olmamasına rağmen sıcak pres sinterleme tekniği, MKT (mermer kesme aleti) matrisinin mükemmel mekanik özelliklerinden dolayı elmas kesme aletlerinin üretiminde önemli bir yere sahiptir(Kahraman, 2014).

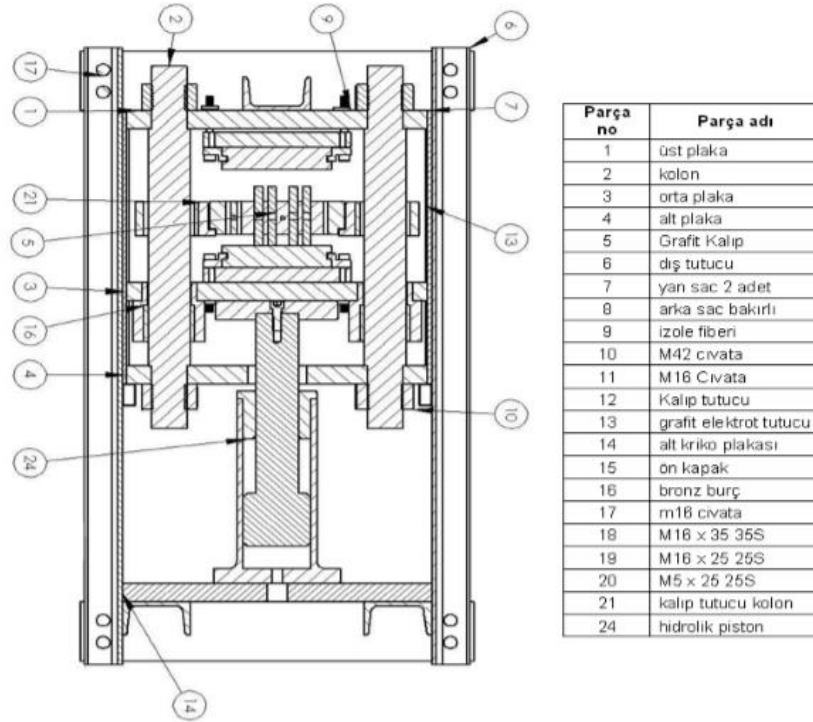
Sıcak pres sinterlemesi prosesinde üç farklı ısıtma tekniği kullanılır. Bunlar, indirekt olarak, dolaylı olarak dirençli ve doğrudan dirençli ısıtma yöntemidir. İndüksiyonla ısıtma, kalıptaki tozların yüksek frekanslı akımla ısıtılması ilkesine dayanır. Dolaylı

dirençli ısıtma tekniğinde, kalıp ısı bölgesinde konumlandırılır ve numuneler elektrik akımı ile ısıtılmış grafit yardımıyla ısıtılır. Doğrudan dirençli ısıtma tekniğinde, kalıp doğrudan elektrik enerjisi ile ısıtılır. Grafit kalıp ve metal toz parçacıkları ısı direnci ile yayılır; Bu nedenle direkt rezistif ısıtma tekniğinde ısı dağılım oranı çok yüksektir (Kahraman, 2014; Conkar, 2012).

Sıcaklık ve basınç, malzemedeki boşluk kalmaması için aynı anda uygulanan işlemlerdir. Geleneksel (serbest sinterleme / sinterleme) yöntemle karşılaştırıldığında, sıkıştırma gerilimleri altında 2-3 dakika sıcak pres sinterlemesi uygun sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Sentetik elmasın direncinin yüksek sıcaklıklarda düşük olması ve matrisin mekanik özelliklerinin iyi olması istenildiği için sıcak pres teknikleri elmas kesme aleti üretiminde yaygınlaşmıştır(Kahraman, 2014; Conkar, 2012).

Bu sistem su soğutmalı bakır elektrotlarla sürekli çalışmaya uygundur. Cihazın çekişi 25 kW'tır. Sıcaklık ölçümü için, termokulp belirli sıcaklık ve sürelerde ısıtma gücünü kontrol etmek için uygun bir yere entegre edilmiştir. PLC yazılımı sayesinde, sistemdeki tüm değişkenler manometre, ampermetre, voltmetre ve sıcaklık ile bilgisayar ekranından görülebilir ve makinenin tüm kontrolü bilgisayardan yapılabilir(Kahraman, 2014; Conkar, 2012).

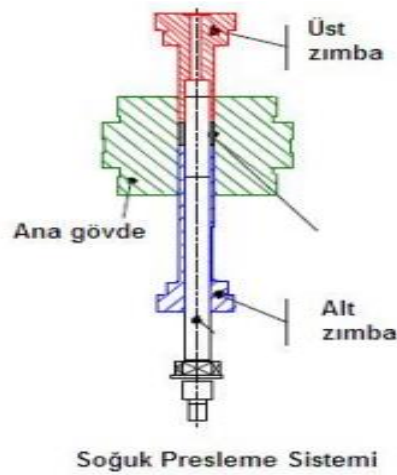
Özellikleri: koruyucu gaz atmosferinde çalışma, basınç ve sıcaklık zamanlamalarını kontrol etme, üretim parametrelerini ve adımlarını önceden ayarlama, çalışma sırasında proses sıcaklığı ve basıncı sabit tutma, anlık sıcaklık gösterimi ve 1200 ° C sıcaklık.



Şekil 2.24. Sıcak Pres Sinterlemesi İşlemi

2.5.5.2. Soğuk Presleme

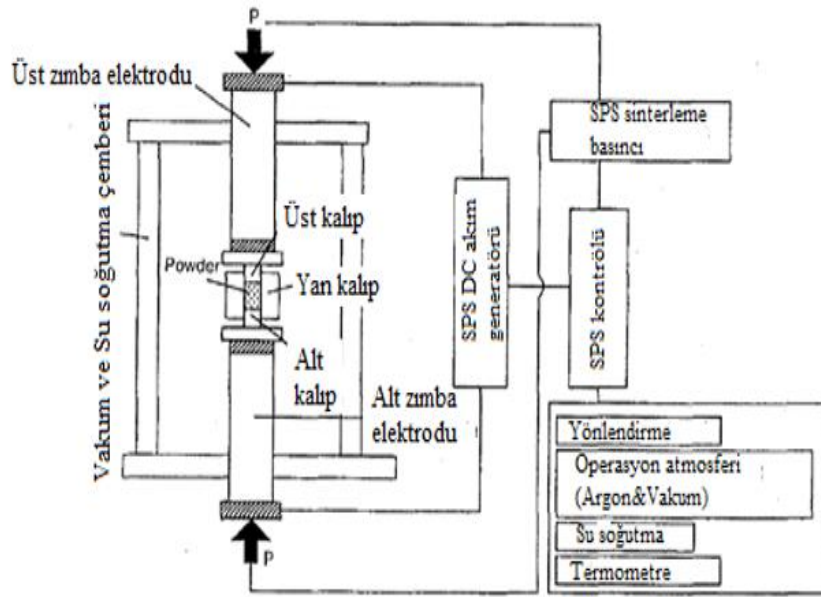
Genellikle serbest sinterleme çelik kalıplarda orta ve düşük basınç uygulayarak her iki tarafta yapılır. Geleneksel preslerde tozlar doğru elmas-matris karışımını belirlemek için titreşimli besleyiciler ve hassas ölçümler ile desteklenir(Kahraman, 2014; Conkar, 2012).



Şekil 2.25. Soğuk Presleme İşlemi

2.5.6. Spark Plazma Sinterleme

Bu yöntemde, mekanik basınç ve elektrik enerjisini birleştirerek tozlar istenilen yoğunluk ve özelliklere ulaşır. Düşük sıcaklıklarda kısa sürede gerçekleştirilen kıvılcım plazma sinterlemesinde hava, vakum ve atıl atmosfer kullanılarak grafit kalıp kullanılarak daha yoğun malzemeler üretilir. İşlem süresi genellikle saniye ile dakika arasındadır. Kullanılan tozlar çoğunlukla iletken ve iletken olmayan toz karışımlarıdır. Yüksek yoğunluklu elektrik enerjisi tozlardan geçer ve düşük basınç altında tozları yoğunlaştırır. AC ve DC kombine kullanımı, tozların bağlanmasını hızlandırır ve homojen parçacık yoğunlukları sağlar. Şekil 2.26'da gösterilen bu yöntem, güvenlik, güvenilirlik, yüksek sinterleme hızı ve sinterleme enerjisinin kontrolü gibi diğerlerinden daha avantajlıdır(Kahraman, 2014; Conkar, 2012).



Şekil 2.26. Spark Plazma Sinterleme Sistemi(Çonkar,2012).

2.5.7. Sıcak İzostatik Presleme

Sıcak izostatik presleme, sıcaklığın her iki tarafından da sıcak atıl gaz ile uygulanan bir yöntemdir. Ham parçalar ön sinterlemeye tabi tutulur ve daha sonra sıcak izostatik presleme için uygun hale gelir. Bu yöntemde, 200 MPa'ya kadar olan basınçlara ulaşılır ve böylece sıcak pres sinterlemesi yöntemine göre yoğunlaşma sıcaklığında azalma elde edilebilir. Bu yöntem, sıcak pres koşullarının 1100 ° C'ye yükselmesi gereken

durumlarda (elmas bozulması tehlikesi) gözenekleri gidermek için yeni teknolojik seçenekler sunar.

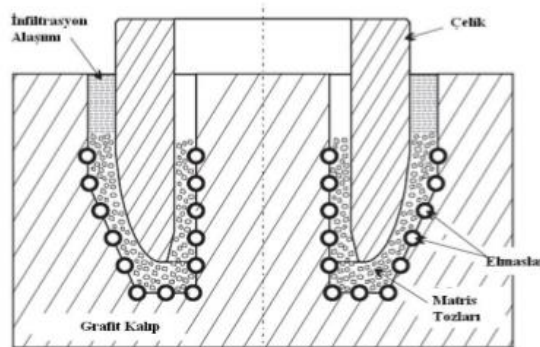
2.5.8. Lazerle Sinterleme

Lazer sinterleme yöntemi küçük dairesel testerelerin üretiminde kullanılabilir. Bu tür testereler taş, beton ve asfalt kesiminde kullanılabilir(Kahraman, 2014; Conkar, 2012).

Bu işlem, düşük karbonlu bir çelik gövde üzerine elmas içeren bir matristen malzeme sokularak yapılır. Elmas partikülleri ve matris kontrollü bir şekilde karıştırma ünitesine aktarılır ve daha sonra, matrisin eridiği ve atıl bir atmosfer altında alt yüzeye bağlandığı bir meme vasıtasıyla lazer ışınlarının odak noktasına püskürtülür. Bu işlem sırasında çelik gövdeye bağlı sinterlenmiş gövdenin kenarı döner(Kahraman, 2014; Conkar, 2012).

2.5.9. İnfiltrasyon

Bu, metal tozlarının birbirine bağlı gözeneklerini, grafit kalıp içinde düşük erime noktasına sahip olan bir alaşım ile doldurma işlemidir. Şekil 2.27’te kesit görünümü, elmas ara parçaları ve çekirdek ara parçaları üretilirken kullanılır. Çinko, nikel, kalay ve manganez içeren kobalt esaslı malzemeler, sızma alaşımı olarak kullanılır. Islatma yeteneğini artırmak, sızma sıcaklığını düşürmek ve çözeltideki katı matris bileşenlerin çözünmesini azaltmak için demir, molibden, silikon, gümüş, fosfor ve krom düşük oranlarda eklenebilir. Dolum için kullanılacak alaşımların erime noktasına ve viskozitesine bağlı olarak, bu işlem indirgenmiş bir atmosfer altında ve vakum altında 950-1200 ° C’de gerçekleştirilmektedir(Kahraman, 2014; Conkar, 2012).



Şekil 2.27. İnfiltrasyon Yöntemi(Çonkar,2012).

2.5.10. Diğer Birleştirme Yöntemleri

Elmas partiküllerinin ve metal tozlarının üretiminde kullanılan bir takım yöntemler vardır. (Lehimleme, lazer gravür veya ekstrüzyon gibi). Sinterleme ve lazerle lehimleme endüstriyel olarak uygulanmıştır (Kahraman, 2014; Conkar, 2012).

2.5.10.1. Sert Lehimleme

Bu işlemde, bir metal yüzeye elmas içeren bir lehim macunu uygulamak ve daha sonra ısıtma ile yüzeye yapışmış elmas parçacıkları elde etmek için yapılan bir işlemdir. Elmas ayrıca sıralı bir şekilde düzenlenebilir. Bu noktada daha uzun bir kesme ömrüne sahip daha homojen bir yapı elde edilebilir. Elmas parçacıkları daha sonra yüzeye serpilir ve yüzeye yapışır.

Hem aktif hem de nikel esaslı lehimler bu uygulama için uygundur. Aktif lehim daha yumuşak ve gümüş esaslı alaşımlardır ve aktif element olarak titanyum içerir, titanyum alaşımının ısıtma kabiliyetini artırır ve elmas ile kimyasal bağ oluşturur. Nikel bazlı alaşımlar mekanik olarak bunlardan daha güçlüdür ve krom ve silikondan oluşan bir karışım içerir. Bu elementler, aktif lehimleme esnasında titanyumdan daha aktif bir rol oynamaktadır. Optimum lehim sıcaklıkları 900-950 °C ila 1000-1050 °C aralığındadır.

Sert lehimleme yöntemiyle üretilen ürünlerin genel avantajı elmas tüketiminin düşük olması; elmas dağılımı kontrol edilebilir ve elmaslar yüzey kısımdadır. Sonuç olarak lehimleme ile üretilen kesiciler daha yüksek kesme hızlarına, daha düşük enerji tüketimine ve daha uzun takım ömrüne ulaşabilir.

Sert lehimleme işlemi, lazer kaplama ile endüstriyel öneme kavuşmaya başlamıştır. Bu teknoloji, kesme aleti üzerindeki lehim-elmas karışımı homojen bir şekilde kaplamaya dayanmaktadır. Bu uygulama için aktif lehim ve nikel bazlı lehimler uygundur. Aktif lehimler, bağlama için aktif element olarak titanyum içeren gümüş alaşımlardır. Nikel esaslı alaşımlar mekanik olarak güçlüdür, krom ve silikon yapıştırma sağlamak için eklenir. Bu işlemin, 900-1000 ° C arasında gerçekleşen başlıca avantajları daha az elmas kullanımı ve gelişmiş elmas penetrasyon derinliğidir(Kahraman, 2014; Conkar, 2012).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Elmas, yüksek sertlik nedeniyle delme, kesme, parlatma, öğütme uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal taş kesme bu uygulamalardan biridir. Elmas takviyeli metal matris kompozit, mermer, granit ve traverten gibi doğal taşları kesmek için kullanılır. Bu kompozitler düz testere, dairesel testere ve elmas boncuk gibi 3 çeşittir. Elmas boncuklar düşük maliyet ve yüksek performans nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Elmas boncuklar, 8 mm'lik bir iç çapa, 10 mm'lik bir dış çapa ve 10 mm'lik bir uzunluğa sahip silindirik kesicilerdir. Dış çapı 8 mm ve iç çapı 5 mm olan bir çelik halkaya kaynak yapılır. Bu çelik halkalar 5 mm çapında bir çelik halata geçerler. Bu çelik halatlar çember üzerinde bir araya getirilir ve aletin kesilmesini sağlamak için çemberin hareketi ile döner. Halatlar bu dönüş hareketi sırasında bir taşıyıcı görevi görürler. Elmas boncuklar yaylar vasıtasıyla birbirlerine bağlıdır. Yaylar ipi çarpmalara karşı korur ve boncukların sola veya sağa hareket etmesini önler. X'i kesmeden önce Y ve Z eksenlerinde delikler açılır. X ve y eksenlerinde kesme yapıldığında Z ekseninden sağlanır. Kesme sırasında ilk elmas kaya ile temas eder ve külücü aşınır. Kırık talaş parçacıkları matrisi korozyona uğratar. Kesim sırasında, matris ve elmas paralel bir hızda aşınmalıdır. Matris hızlı bir şekilde aşınırsa, elmas ömrü bitmeden önce kırılır. Elmas daha çabuk aşınırsa, matriste gömülür ve kesmeyi gerçekleştiremez. En çok kullanılan matris, elmas araçlarında elmaslar ile aynı hızda aşınma, güçlü arayüz ve sertlik nedeniyle Co'dur. Bununla birlikte, Co'ın stratejik ve pahalı olduğundan, matristeki kobalt miktarı azaltılmalıdır. Co yerine Ni, Fe, Ti, W, Cu, Sn, Zn kullanılabilir. Fakat hiçbiri Co'ın performansını gösteremez. Matris boşlukları bronz veya pirinç yardımı ile doldurulur. Co, Ni, Fe, Ti, W matrisleri bağlayıcı elementlerdir. Elmas kesiminde bu elementler elmas tutucudur. Sokette sentetik veya doğal elmas kullanılabilir. Doğal elmasın aşınmaya ve yıpranmaya karşı daha direnci vardır ve yapışma gücü sentetik elmasa göre daha yüksektir. Fakat pahalı ve stratejik olduğu için kullanımı yaygın değildir. Sentetik ve doğal elmas maliyeti düşürmek ve performansı artırmak için birlikte kullanılır. Kaplama, aşınmaya direnci arttırmak için sentetik elmasan imal edilmiştir. Ancak doğal elmasların performansını gösteremezler. Kaplama malzemesi olarak Ti, V, W, Si, Cr gibi metaller kullanılır. Ayrıca WC, SiC gibi seramik malzemeler de kullanılabilir. Sentetik elmas kaplaması elmas-metal arayüzünün direncini artırır. Kaplama ayrıca elmasın daha fazla çıkıntı yapmasını sağlar. Küp-oktohedral elmas, aşınma direnci ve bağlanma kuvveti

nedeniyle kullanılır. Elmas miktarı kaya sertliğine bağı olarak 10 ila 50 konsantrasyon arasında değişir. Elmas boyutu kayanın sertliğine göre 100 ABD'dir.

Elmas miktarı ile boyut arasındaki oran, matrisin yapısını bozmamak için iyi ayarlanmalıdır. Elmas Boncukların Elektrokaplama, Lehimleme ve Toz Metalurjisi için 3 çeşit üretim yöntemi vardır. Elektrokaplama ve Lehimleme yöntemlerinde kesme hızı daha yüksek ancak ömrü kısadır. Sonuç olarak, talep edilen uygulamalarda acil üretim kullanılır. Uzun ömür ve yüksek hızlarından dolayı, en yaygın üretim metodu Toz Metalurjisi'dir. Toz Metalurjisinde metal ve elmas homojen bir şekilde karıştırılır, daha sonra kalıba konur ve preslenir. Presleme işleminden sonra, tozları birbirine tutturmak için sinterleme yapılır. Sinterleme süreci, basınç ve basınçsız olmak üzere iki bölüme ayrılır. Sinterlenmiş elmas kompozitlerinin çalışma basıncı (SPS) ve basınçsız (CS) olmak üzere ikiye ayrılmıştır ve elmas kompozitlerin mekanik, fiziksel, yapısal ve mikroyapısal karşılaştırılmıştır. % 65 Co,% 3 Ni,% 32 Bronz, 20 Konsantre elmas toz karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra kalıba boşaltılmıştır ve serbest sinterleme işlemi yapılmıştır. Elde edilen ıslak numunelerin bir kısmı 850°C / 10 dakikada SPS'ye tabi tutuldu. Diğer bölüm farklı sıcaklıklarda (950, 1050 ve 1150°C) ve periyotlarda (60, 120, 180 ve 240 dakika) CS yapılmıştır. Fiziksel (yoğunluk), mekanik (sıkıştırma, sertlik), yapısal (XRD) ve mikroyapısal (SEM, OM) testleri uygulanmış ve farklı yöntemlerle sinterlenmiş bu numuneler ile karşılaştırılmıştır. Yoğunluk Arşimet yöntemi ile, 1 mm / dk hızında sıkıştırma kuvveti ve Rockwell B yöntemi ile sertlik değerleri ile belirlendi. Mikroyapıların karşılaştırılmasında SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ve Optik Mikroskop kullanıldı. Farklı yöntemlerle sinterlenmiş numunelerin fazlarını belirlemek için X-Işını Kırınımı (XRD) yöntemi kullanılmıştır. Serbest sinterlemede sıcaklık arttıkça, sertlik, yoğunluk ve basınç direnci azaldı. Fakat 240 dakika içinde mekanik ve fiziksel özellikler düşmeye başladı. Bunun nedeni tane büyümesidir. Serbest sinterlemede en iyi fiziksel ve mekanik özellikler 950°C / 180 dk'dır. (Selvi, 2013).

Çonkar (2012) yaptığı çalışmada elmas kesici ve doğal taşların kesme performansı deneysel ve teorik olarak araştırılmıştır. Kesme deneylerinde otomatik şanzımanlı bir otomatik şanzıman kullanılmıştır. Deneylerde beş farklı doğal taş (mermer, andezit, traverten) ve düzgün bir elmas kesme aleti tercih edilmiştir. Doğal taşların fiziko-mekanik ve kimyasal özellikleri deneysel olarak belirlenmiştir. Farklı parametrelerde (çevresel hız, ilerleme) sondaj işlemleri gerçekleştirildi ve optimum parametreler tespit

edildi. Bu parametre ile beş farklı doğal taş açılmış ve kesici takımın performansı belirlenmiştir. Performans testlerinde tek bir parametreyle bir dizi deney yapıldı ve aletin güç tüketimi, spesifik enerji, aşınma ve çapı hatalı bulunmuştur. Son olarak doğal taşlardan elde edilen fiziko-mekanik özellikler ile sondaj testi sonuçları arasındaki ilişkiyi belirlemek için regresyon analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, doğal taşların bazı özellikleri, kesme performansı üzerinde belirleyici bir faktör olarak görülmüştür.

Selvi (2013) yaptığı çalışmada elmas kesiciler için SPSs yönteminin en iyi yöntem olarak görüldüğünü, CS ile üretilen numunelerin en iyi özellikleri 950°C / 180 dk olduğunu saptanmıştır. Bir saat içinde sinterleme sıcaklığı arttıkça mekanik ve fiziksel özellikler azaldığı bulgusuna da ulaşılmışlardır.

Kahraman (2014) yaptığı çalışmada 4 farklı kompozisyonla birlikte, serbest sinterlemede kullanılan hazır karışım toz metalurjisi ile üretilmiştir. Silindirik matris malzemeleri arasında sertlik, yoğunluk, basma dayanımı, XRD, SEM ve optik mikroskop verileri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, elmas kesme boncuklarında istenen temel nitelikleri olan basma dayanımı ve sertlik özellikleri açısından Fe-Co-Cu içerikli MX 4885 numunesinin en uygun malzeme olduğu kararlaştırılmıştır.

Sipahi (2016) yaptığı çalışmada AlSi12 ve CuAl2 tozları toz metalurjisi yöntemleriyle üretmiştir. Bu tozların karıştırılarak elde edilen metal matris kompozitlerinin malzeme özellikleri üzerine CuAl2 oranının etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Tozlar mekanik toz üretim yöntemleri ile üretilmiş ve üç ayrı eksen ile sıcak presle 10 dakika preslenerek 300 ° C'de sinterlenmiştir. Farklı miktarlarda CuAl2 içeren numuneler ışık mikroskopisi ile incelendi. Numunelerin mikroyapıları incelendiğinde genel olarak homojen bir yapıya sahip oldukları görülmüştür. Sertlik testi, yoğunluk testi ve yüzey aşınma testleri gerçekleştirilmiştir. Sertlik testi analizlerinde CuAl2 miktarı arttıkça sertlik değerleri arttığı gözlenmiştir. Yoğunluğun belirlenmesinde, CuAl2 oranı ile yoğunluk da beklendiği gibi artmıştır. Bunların hepsine ek olarak, aşınma direncinin CuAl2'nin artışı ile doğrudan orantılı olarak arttığı gözlenmiştir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Malzeme ve Metot

Sıcak pres sinterlemesi ile üretilen soketler Ekip soket firmasında yapılmıştır, Serbest sinterleme ile üretilen soketlerin presleme işlemi, makro sertlik testleri Vossloh Rail Technologies Ltd. Şti laboratuvarlarında yapılmıştır, mikro sertlik, yoğunluk, mikro yapı incelemesi ve sinterleme işlemi ise Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği laboratuvarlarında yapılmıştır. Abrasif aşınma testleri ise Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü Laboratuvarlarındaki aşınma deney cihazı ile gerçekleştirilmiştir. SEM analizleri Cumhuriyet Üniversitesi İleri teknoloji araştırma ve uygulama merkezinde yapılmıştır. X-Işınları difraktometresi (XRD) analizleri Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesinde yapılmıştır.

4.2. Soket Malzemelerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, içerikleri birbirinden 3 farklı kompozisyona sahip ve iki farklı yöntemde kullanılmak üzere, 3 çeşit soketten 20'şer adet üretilmiştir. Üretilen soket matriksleri içerisindeki kobalt ve demir oranları birbirleriyle ters oranda kullanılmak suretiyle % 15 - % 75 oranları arasında değiştirilmiştir. Soketlerden 1. grup sıcak pres sinterlemesi ile, 2.grup soketler serbest sinterleme ile üretilmesi için hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 3 farklı sıcaklıkta (800-900-1000 °C) sinterleme işlemine tabi tutulmuştur. soketlerin imalatında kullanılan tozlardan karbonil demir tozu Baymet Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den, Cobalt tozu Umicore, bronz tozu Pometon firmasından temin edilmiştir. Soketlerin imalatında kullanılan tozların miktarları ve tozların ortalama tane boyutları Çizelge 4.1' ve Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Soket İmalatında Kullanılan Tozların Boyutları

Kullanılan toz	Toz boyutları
Karbonil demir tozu	< 75 µm
Kobalt tozu	37 µm
Bronz tozu 85 /15	35 µm

Çizelge 4.2 Soket İmalatında Kullanılan Tozların Miktarları

Sıcak Presle Sinterlemesi İle Üretilen Soket grup No: 1	Fe (Ağ. %)	Co (Ağ. %)	Bronze (Ağ. %)
M ₁	75	15	10
M ₂	55	35	10
M ₃	35	55	10
Serbest Sinterleme İle Üretilen Soket grup No: 2			
M ₁	75	15	10
M ₂	55	35	10
M ₃	35	55	10

Soketlerin içeriğindeki demir-kobalt oran değişiminin ve sıcak pres sinterlemesi ile serbest sinterleme yöntemleri ile üretilen soketin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amacı ile değişik içerikteki numuneler üzerinde mikro sertlik, makro sertlik ve aşınma deneyleri uygulanmıştır.

4.2.1. Soketlerin Üretiminde Kullanılacak Tozların Miktar Hesapları

Bu çalışmada 10 x 24 x 10 (mm) boyutları soket üretimi için baz alınmıştır. Soketlerdeki çeşitliliği belirleyecek olan içerecekleri Fe-Co miktar değişimi, sıcak pres sinterlemesi ile serbest sinterleme yöntemi ve farklı sıcaklıklardaki sinterleme olacaktır. Kullanılan demir-kobalt- Çizelge 4.3 'de belirtilmiştir.

Soketlerin üretimi için kullanılacak toz miktarları şu şekildedir.

Çalışmada 10x24x10 (mm) boyutlarında soket üretimi için ;

Fe 'in yoğunluğu = Yoğunluk, 7,86 g/cm³.

Co 'in yoğunluğu = Yoğunluk, 8,90 g/cm³

Bronze 'un yoğunluğu = Yoğunluk, 8,66 g/cm³

M₁ kompozisyonu için;

Teorik yoğunluk = 0,75 x 7,86 + 0,15 x 8,90 + 0,1 x 8,66 = 8,1 gr/cm³

Soket hacmi = 1 x 2,4 x 1 = 2,4 cm³

M = d x V formülünden = 2,4 x 8,1 = 19,44 gr bir soket içine koyulacak toz miktarı bulunur.

1 soket içerisine koyulacak toz miktarı ≈ 20 gr alınmıştır ve hesaplamalar sırasında küçük ihmal edilebilir değerler çift sayılara yuvarlanmıştır.

20 adeti sıcak pres sinterlemesi için, 20 adeti serbest sinterleme için soket üretilen ve 3 farklı sinterleme sıcaklığı olacağı için toplamda

M_1 Soket sayısı $(20+20) \times 3 = 120$ adet soket üretilecektir.

$120 \times 20 = 2400$ g. olarak toplam ağırlık belirlendi

% 75 Fe = 1800 g.

% 15 Co = 360 g.

% 10 Bronze = 240 g.

M₂ kompozisyonu için;

Teorik yoğunluk = $0,45 \times 7,86 + 0,45 \times 8,90 + 0,1 \times 8,66 = 8,4$ gr / cm³

Soket hacmi = $1 \times 2,4 \times 1 = 2,4$ cm³

$M = d \times V = 2,4 \times 8,4 = 20,17$ gr bir soket içine koyulacak toz miktarı bulunur.

1 soket içerisine koyulacak toz miktarı ≈ 20 gr alınmıştır.

20 adeti sıcak pres sinterlemesi için, 20 adeti serbest sinterleme için soket üretilecek ve 3 farklı sinterleme sıcaklığı olacağı için toplamda

M_2 Soket sayısı $(20+20) \times 3 = 120$ adet soket üretilecektir.

$60 \times 20 = 2400$ g.

% 55 Fe = 1320 gr

% 35 Co = 840 gr

% 10 Bronz = 240 gr

M₃ kompozisyonu için;

Teorik yoğunluk = $0,35 \times 7,86 + 0,55 \times 8,90 + 0,1 \times 8,66 = 8,5$ gr / cm³

Soket hacmi = $1 \times 2,4 \times 1 = 2,4$ cm³

$M = d \times V = 2,4 \times 8,5 = 20,42$ gr bir soket içine koyulacak toz miktarı bulunur.

1 soket içerisine koyulacak toz miktarı ≈ 20 gr alınmıştır.

20 adeti sıcak pres sinterlemesi için, 20 adeti serbest sinterleme için soket üretilecek ve 3 farklı sinterleme sıcaklığı olacağı için toplamda

M_3 Soket sayısı $(20+20) \times 3 = 120$ adet soket üretilecektir.

$120 \times 20 = 2400$ g.

% 35 Fe = 840 gr

% 55 Co = 1320 gr

% 10 Bronz = 240 gr

4.2.2. Tozların Karıştırılması

Yapılan hesaplamalara göre sıcak pres sinterlemesi ve serbest sinterlemede

kullanılacak 2 farklı grup toz ayrı ayrı karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Her bir toz kompozisyonu için karışım süreleri 45 dakikadır. Karıştırma işlemi 45 derece eğimli Turbula Mixer karıştırma makinesi ile yapılmıştır. T2F turbula karıştırıcının görüntüsü Şekil 4.1'de verilmiştir. Tozların daha rahat karışabilmesi, daha fazla homojen dağılabilmesi ve akışkanlığın istenen şekilde olması için % 2 glialkol (C₂H₅OH) (% 25 gliserin + % 75 alkol) eklenmiştir. Hesaplana ağırlıklar üzerinden her bir kompozisyon için hesaplama yapılmıştır.

M₁ kompozisyonu için; 48 g glialkol

M₂ kompozisyonu için; 48 g glialkol

M₃ kompozisyonu için; 48 g glialkol eklenmiştir

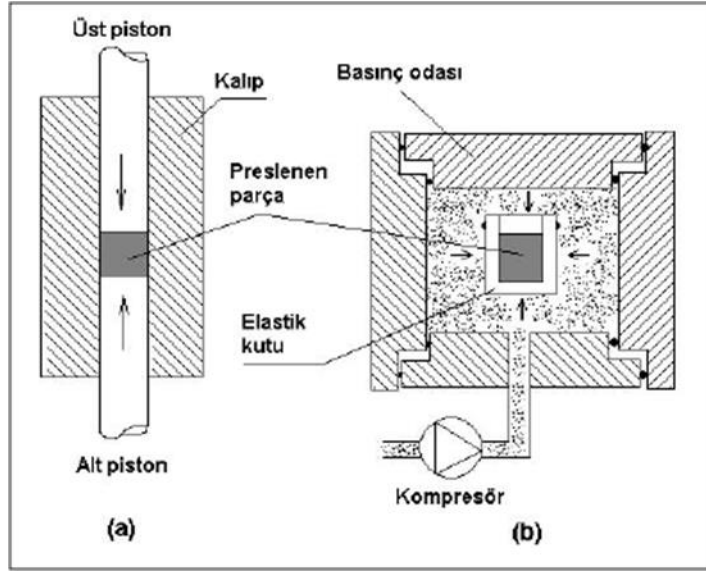


Şekil 4.1. T2F Turbula Karıştırıcının Şematik Olarak

4.2.3. Tozların Preslenmesi

Parçaların imalat sürelerindeki önemli bir faktör tozların preslenmesidir. Bu sebepten tek eksenli pres kullanarak presleme işlemi önemli bir parça şekil verme adımıdır. Tozların preslenmesindeki temel hedef dayanımın ve ham yoğunluk sağlamaktır. Sıkıştırma işlemi, serbest haldeki toz parçalarını bir yük altında, istenilen şekle dönüştürülmesi için yoğunluk artırma işlemi olarak tanımlanabilir.

Farklı sıkıştırma yöntemleri olmakla beraber en çok kullanılanı tek eksenli bir kalıp ile presleme işlemidir. T/M üretim ile üretilen parçanın dayanımı presleme ve sinterleme sonrası yoğunluğu ile doğrudan alakalıdır. Sinterleme de asıl istenen istenilen yoğunluğa ve dolayısıyla fiziksel dayanıma ulaşabilmektir. (Gürçay, E. 2005)



Şekil 4.2. Serbest Sinterleme, (a) Tek Yönlü Presleme, (b) Soğuk İzostatik Presleme(Gürçay, E. 2005)

4.2.4. Sıcak Presleme

Sıcak preslemede, ısı ve basıncın aynı anda uygulanmasıdır. Isı ve basınç etkisi ile matris malzemesi ve elmas karışımı yoğunlaşır. Tüm boşlukların tamamı veya tamamına yakını giderilir. Tüm partiküller arasında oluşacak üniform bir akış ile bağ kuvvetlenir. Sıcak pres sinterlemesi tek aşamalı bir proses olduğundan oldukça hızlıdır ve endüstride yoğun olarak uygulanmaktadır. Yapılan deneysel çalışmada soketler sıcak pres sinterlemesi yöntemiyle üretilmiştir. Sıcak sinterleme presi görünümü Şekil 4.3’de verilmiştir.



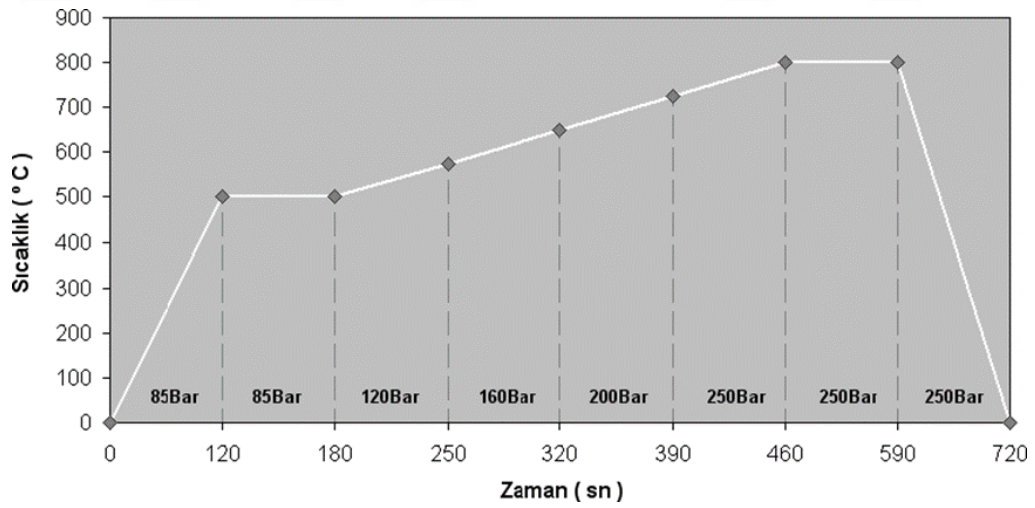
Şekil 4.3. Sıcak Sinterleme Presi (Dr. Fritsch DSP 510)



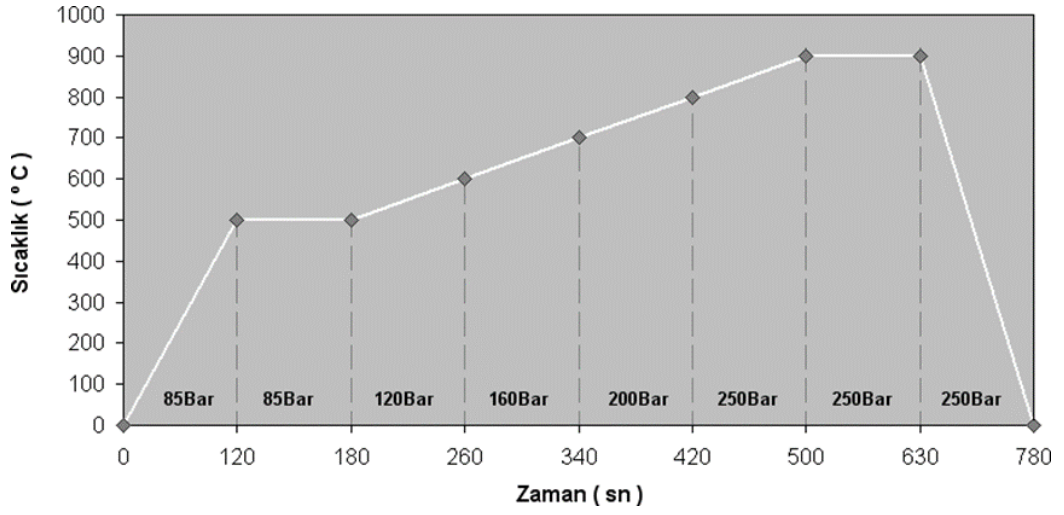
Şekil 4.4. Kalıp İçerisinde Sinterlenmiş Soketlerin Sıcak Pres İçerisindeki Görünümü

4.2.5. Sıcak Pres Sinterlemesi

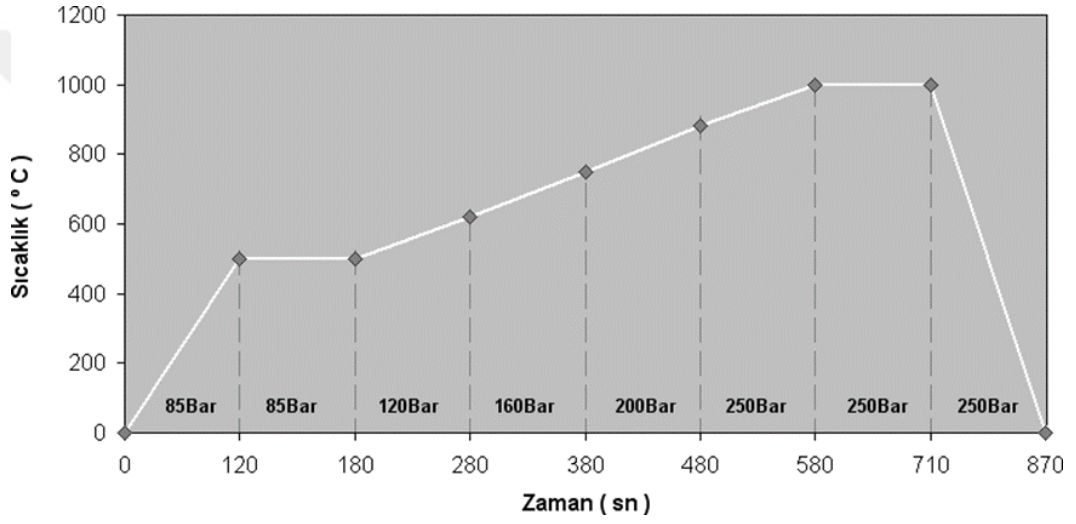
Öncede homojen olarak karıştırılan metal tozları önceden hazırlanmış grafit kalıplara tartılarak yerleştirilmiştir. Grafit kalıplara koyulan tozlar yüksek akım sayesinde, grafitte oluşan ısının etkisiyle sıcak pres sinterlemesi yöntemiyle 800-900-1000°C'de Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de belirtilen ısıl işlem rejimi kullanılarak sinterlenmiştir.



Şekil 4.5. 800 °C'de Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Isıl İşlem Grafiği



Şekil 4.6. 900 °C’de Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Isıl İşlem Grafiği



Şekil 4.7. 1000 °C’de Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Isıl İşlem Grafiği



Şekil 4.8. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Sinterlendikten Sonra Grafit Kalıp İçerisinde Görünümü



Şekil 4.9. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Sinterlendikten Sonra Nihai Görünümü

4.2.6. Soğuk Presleme

Serbest sinterleme ile üretilecek olan soketler için bir sıkıştırma kalıbı tasarlanmış ve üretilmiştir. Kalıbın yapılacağı çelik malzeme seçilirken soketin yoğunluğu ve tasarımı göz önüne alınmıştır. Bu kriterlerin dikkate alınmasındaki amaç, baskı sırasında kalıbın deformasyona maruz kalmaması veya soketin deformasyona uğramaması içindir.

Kalıp parçalarında, herhangi bir sorun yaşanmaması adına, bu konuda profesyonel bir firma olan Defar Kalıp Makine San.Tic.Ltd.Şti.'e yaptırılmıştır. Kalıpların ısıtma işlemleri de Defar Kalıp Makine San.Tic.Ltd.Şti. tarafından yaptırılmıştır. Sertlikler 52-54 Rc dir. Kullanılan kalıpların fotoğrafları şekil 4.10 gösterilmiştir. Kalıplar yapıldığı çelik 1.2767 (VNC4) 45NiCrMo16



Şekil 4.10. Serbest Sinterleme Yapılacak Soketlerin Preslenmesi İçin Yapılan Kalıplar

Tozlar preslenmeden önce, her kompozisyon için hesaplanan soket miktarlarının tartma işlemi; Vossloh Rail Technologies Ltd Şti. firmasının laboratuvarlarında bulunan DESİS –THB-3000 marka 0,01 g duyarlılıkta elektronik tartı cihazında yapılmıştır.

Soket üretiminde en önemli basamaklarından biri presleme işlemidir. Yapılan hesaplamalar sonucunda sıkıştırılacak toz miktarı ve sıkıştırma miktarı belirlenerek, bu verilere göre, sıkıştırma gerçekleştirilmiştir. Presleme işlemi, Vossloh Rail Technologies Ltd Şti. 400 KN kapasiteli, 0,001KN hassasiyete sahip LATZKE marka çekme- basma deney cihazında 800 Mpa sıkıştırma basıncı uygulanarak yapılmıştır. Presleme işlemi çekme- basma deney cihazında yapılmış, Bu cihaz şekil 4.11 gösterilmiştir. Kalıbın kırılmaması için kuvvet kademeli olarak artırılarak asıl uygulanacak kuvvet bulunmuştur. Bu pres kuvvetinde birkaç numune basıldıktan sonra bu parçaların boyut ölçüleri ve yoğunlukları kontrol edilmiştir. Tüm soketler bu pres kuvveti kullanılarak basılmıştır.



Şekil 4.11. Soğuk Preslemenin Yapıldığı LATZKE Marka Çekme- Basma Deney cihazında

4.2.7. Serbest Sinterleme

Sinterleme, preslenmiş parçalara kontrollü bir atmosferde ve yüksek sıcaklıkta istenilen nihai özelliklerin kazandırılması amacıyla yapılan bir işlemdir.

Sinterleme işlemi tüm numuneler için 3 farklı sıcaklıkta 800-900-1000°C’de 60 dakika bekletilerek yapılmıştır. Sinterleme işlemi Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü laboratuvarında Carbolite marka, atmosfer kontrollü tüp fırında yapılmıştır. Şekil 4.12 Carbolite marka fırın gösterilmiştir. Gaz atmosferi olarak argon gazı kullanıldı. Sinterleme işlemi tamamlandıktan sonra fırın içinde soğumaya bırakıldı.

Soğuk preslemede sonra serbest sinterleme işlemi sıklıkça kullanılmaktadır. Üreticiler tarafından üretim hacimlerinin çokluğu, ekonomikliği ve de üretim sırasındaki bazı kolaylıklarından ötürü serbest sinterleme tercih edilmektedir. (Janusz Konstanty)



Şekil 4.12. Sinterlemenin Yapıldığı Carbolite Marka Tüp Fırın

4.2.8. Yoğunluk Ölçümleri

Ölçümler Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

Yoğunluk ölçümünün uluslar arası standart ise, ASTM-D-792: Yoğunluk ve Özgül Ağırlık Standardı için Standart Test Metotlarıdır. Her iki yöntemle üretilen soketlerin arşimet prensibi kullanılarak yoğunlukları hesaplanmıştır. Ölçümleri ise Şekil 4.13’de yer alan AND GR-200 marka analitik terazi kullanılarak yapılmıştır.

Arşimet itmesi $F = V (\text{cisim}) \times d (\text{sıvı})$ ‘dır.

Suyun yoğunluğu yaklaşık 1 g/cm^3 olduğu için bu deneyde $F = V$ ‘dir.

Deneyde $F = GH (\text{cismin havadaki ağırlığı}) - GS (\text{cismin sıvıdaki ağırlığı})$ olduğundan,

$V = GH - GS$ olur.

Buradan cismin yoğunluğu: $dC = m/ V = GH / (GH - GS)$ olur



Şekil 4.13. AND GR-200 Marka Arşiment Terazisi

4.2.9. Mikro ve Makro Sertlik Ölçümü

İki farklı yöntem kullanılarak üretilen soketlerin matriksindeki değişen Fe - Co oranı ve farklı sıcaklıklardaki sinterlemenin, soketlerin sertliği üzerindeki etkisini araştırmak ve soketlerdeki sertlik dağılımının ne kadar homojen olduğunu görmek amacıyla soketler üzerinde mikro sertlik deneyi yapılmıştır. Deney Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü laboratuvarındaki mikro-sertlik cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.14.)



Şekil 4.14. Mikro Sertlik Ölçüm Cihazı

İki farklı yöntemle üretilen 3 farklı içerikte, 3 farklı sıcaklıkta sinterlenen soketler çapaklarından arındırılıp, 320–600–800–1000’lik SiC zımpara ile parlatılmış ve ölçüme hazır hale getirilmiştir. Soketlerin her birinin bir yüzeyinin 8 farklı noktasından mikro sertlik ölçümü yapılmıştır. Ölçümler yapılırken, aynı yerden ve daha önce ölçüm alınan yere çok yakın olmamasına dikkat edilmiştir. Ölçümler Vickers sertliği cinsinden yapılmış olup her ölçümde sabit yük (0,98 N) kullanılmıştır.

Üretilen soketlerin matriksindeki değişen Fe–Co oranı, preslenme şekilleri ve

sinterleme sıcaklığının sertliği üzerindeki etkisini araştırmak ve soketlerdeki sertlik dağılımlarının ne kadar homojen olduğunu gormek amacıyla soketler üzerinde makro sertlik deneyi yapılmıştır. Deneyler Erzincan Organize Sanayi Blgesindeki Vossloh Rail Technologies Ltd. şti. firmasına ait laboratuarda bulunan WOLPERT 930 N – 930-102 N makro- sertlik cihazı ile gerçekleştirilmiştir (şekil 4.15).

lmler uluslararası standart olan “ TS 207-1 EN ISO 6507-1 Metal Malzemeler - Vickers Sertlik Deneyi” gore yapıldı



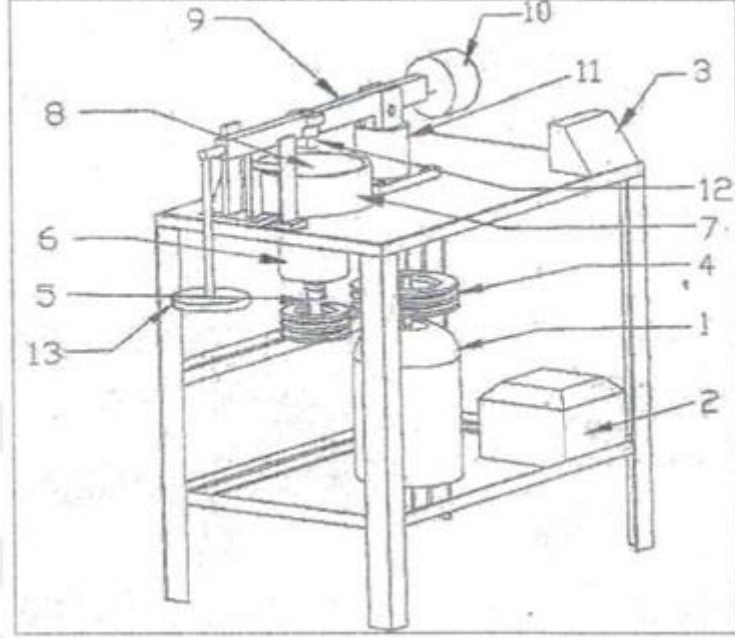
şekil 4.15. Brinell Sertlik Testlerinin Yapıldığı WOLPERT 930 N – 930-102 N Sertlik lm Cihazı

Üretilen soketlerin her biri için temiz bir yüzey elde etmek için ilk olarak 320 kumluk SiC zımpara ve sonrasında da 600 kumluk SiC aracılığı ile parlatılmış ve ve lme hazır hale getirilmiştir. Soketlerin her birinin bir yüzeyinin 3 farklı noktasından makro sertlik ölümü yapılmıştır. Her sertlik ölümü yapılırken aynı noktaya yakın ölüm yapılmamasına dikkat edildi. lmler Brinell sertliği cinsinden yapılmış olup her ölümde sabit yük (100 kgf) kullanılmıştır. lmler uluslararası standart olan “TS EN ISO 6506-1 Metalik Malzemeler - Brinell Sertlik Deneyi” gore yapıldı.

4.2.10. Pin On Disk Metoduyla Aşınma Deneyi

Üretilen soketlerin, üretim yntemleri, matriksindeki değişen Fe - Co oranı ve sinterleme sıcaklıklarındaki değişimin soketlerin aşınma davranışları üzerindeki etkisini araştırmak için abresif aşınma deneyleri yapılmıştır. Deneyler Gazi

Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü Laboratuvarlarındaki aşınma deney cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Üretilen soketlerin aşınma deneyleri pim-disk türü cihaz ile kuru ortamda yapılmıştır. Numuneler, disk yüzeyine dik bir biçimde cihaza monte edilmiştir.



Şekil 4.16. Aşınma Deney Cihazının Şematik Görünümü

1. elektrik motoru, 2. Hız kontrol cihazı, 3. Hız kontrol paneli, 4. Kayış kasnak sistemi, 5. Mil, 6. Mil yatağı, 7. Koruyucu çanak, 8. Sertleştirilmiş disk, 9. Taşıyıcı kol, 10. Dengeleme ağırlığı, 11. Yatak, 12. Pens sıkma tertibatı, 13. Ağırlık.



Şekil 4.17. Aşınma Deney Düzenegi, (Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü)

4.2.11. Taguchi Methodu

Taguchi, deney tasarımında analiz değişkeni ya da performans kriteri olarak kullanılması amacıyla, bir dizi, adına “sinyal/gürültü (signal/noise) oranı” denilen, kriter tanımlamıştır. (Taylan, D. 2009) Taguchi, yöntemleri azaltmak amacıyla, deney tasarımında performans kriteri olarak kullanılmak üzere, sinyal/gürültü (S/N) oranı olarak adlandırılan bir dizi istatistik geliştirmiştir. Taguchi, uygulamadaki problemleri, hedefin türüne göre üçe ayırmış ve her biri için farklı bir sinyal/gürültü oranı tanımlamıştır. (Şirvancı, M.1997) “En küçük en iyi” durumunda, y'nin hedef değeri sıfırdır. Bu durumda sinyal/gürültü oranı Şöyle tanımlanmaktadır

$$S / N = -10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

“En büyük en iyi” durumda y'nin hedef değeri sonsuzdur ve sinyal/ gürültü oranı aşağıdaki tanımlanmaktadır

$$S / N = -10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

“Hedef değer en iyi” durumunda, y için belli bir hedef değer (örneğin, ürün boyutları gibi) verilmiştir. Bu durumda,

$$S / N = 10 \cdot \log \left(\frac{\bar{y}^2}{s^2} \right)$$

Yukarıda S/N oranları için belirtilen eşitliklerde “y” performans karakteristiği değerini, “s²” ise varyansı ifade etmektedir (Taylan, D. 2009)

Deney tasarımı Taguchi Yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Kalite karakteristiğini belirlerken, ölçülecek aşınma oranının en az olması istendiğinden dolayı “en küçük en iyi” prensibi uygulanmıştır.

Üretilen 3 farklı kompozisyona sahip ve farklı iki yöntemle üretilen soketlerin aşınma davranışları, zımpara boyutu, uygulanan yük, kayma mesafesi veya zamanı ve malzeme tipi parametreleri Taguchi, yöntemi uygulanarak geliştirilmiştir.

Kontrol faktörleri ve seviyeleri Çizelge 4.3 verilmiştir. Taguchi L₁₈ dikey dizinine göre

yapılan deney tasarımı Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Kontrol Faktörleri Ve Seviyeleri

Parametreler	Kod	1.Seviye	2.Seviye	3.Seviye
Zımpara Boyutu (μm)	A	180	400	
Malzeme Tipi	B	M ₁	M ₂	M ₃
Uygulana Yük (N)	C	5	15	25
Kayma Mesafesi, (m)	D	24	48	72

Çizelge 4.4 L₁₈ Dikey Dizine Göre Deney Tasarımı

Deney numarası	Değişkenler	(A) Abrasive Zımpara boyutu (Mesh)	(B) Malzeme tipi, Kompozisyon	(C) Yük, (N)	(D) Kayma mesafesi veya zaman, (s)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	1	1	1	1
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	1	1	2	2
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	1	1	3	3
4	A ₁ B ₂ C ₁ D ₁	1	2	1	1
5	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	1	2	2	2
6	A ₁ B ₂ C ₃ D ₃	1	2	3	3
7	A ₁ B ₃ C ₁ D ₂	1	3	1	2
8	A ₁ B ₃ C ₂ D ₃	1	3	2	3
9	A ₁ B ₃ C ₃ D ₁	1	3	3	1
10	A ₂ B ₁ C ₁ D ₃	2	1	1	3
11	A ₂ B ₁ C ₂ D ₁	2	1	2	1
12	A ₂ B ₁ C ₃ D ₂	2	1	3	2
13	A ₂ B ₂ C ₁ D ₂	2	2	1	2
14	A ₂ B ₂ C ₂ D ₃	2	2	2	3
15	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	2	2	3	1
16	A ₂ B ₃ C ₁ D ₃	2	3	1	3
17	A ₂ B ₃ C ₂ D ₁	2	3	2	1
18	A ₂ B ₃ C ₃ D ₂	2	3	3	2

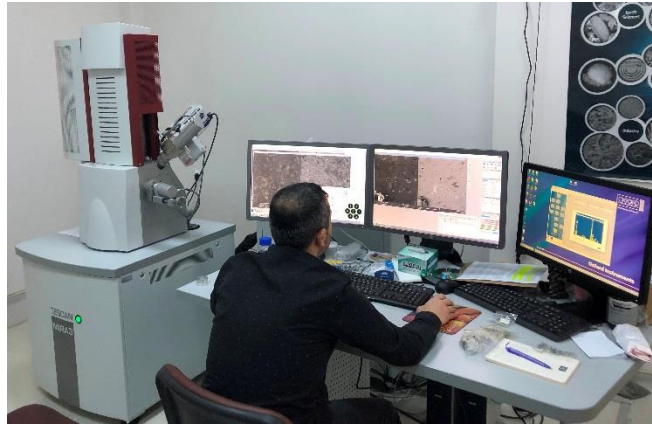
Deney sonuçlarına %95 güven aralığında Varyans Analizi (ANOVA) uygulanarak F_c ve R_a üzerinde değişkenlerin etki seviyeleri belirlenmiştir. Optimizasyon çalışmaları ve varyans analizleri Minitab 16 paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

4.2.12. Mikro Yapı Analizi ve Karakterizasyonu

Mikro yapı çekimleri Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği laboratuvarlarında yapılmıştır. Şekil 4.18. SOIF XJP-6A Model Trinoküler Invert Metal Mikroskop görünümü verilmiştir. SEM analizleri Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama merkezinde yapılmıştır. SEM cihazın markası Tezcan Mira 3 XMU dur. Şekil 4.19. SEM cihazının görünümü verilmiştir.



Şekil 4.18. SOIF XJP-6A Model Trinoküler Invert Metal Mikroskopu



Şekil 4.19. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) Görünümü

4.2.13. X-Işınları Difraktometresi (XRD) Analizler

Numunelerin XRD analizleri Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında (EÜTAM) yapılmıştır. XRD çekimlerin yapıldığı cihazın markası Panalytical, Empyrean dır. Şekil 4.20. görünümü verilmiştir.



Şekil 4.20. Panalytical Marka XRD Cihazının Görünümü



5. DENEYSEL BULGULAR

5.1. Deneysel Yoğunluk Ölçümü

Her iki yöntemle üretilen soketlerin yoğunluk ölçüm sonuçları **çizelge 5.1** ve **5.2** de verilmiştir. Olması gereken teorik sonuçlarda aynı çizelgelerde verilmiştir.

Malzemenin porozite oranının hesaplama formülü

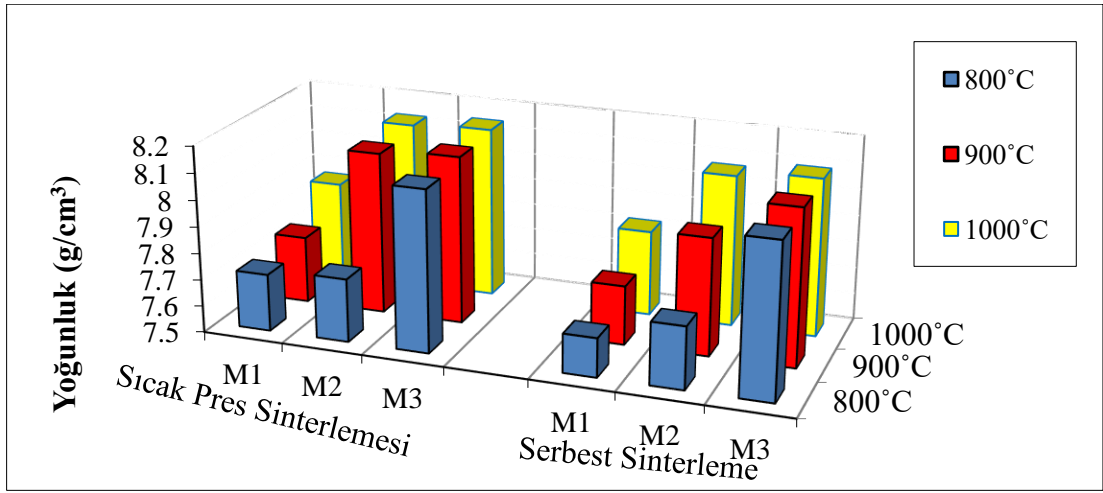
$$\% \text{ Porosity} = \frac{\rho_{th} - \rho_{exp}}{\rho_{th}} \times 100 .$$

Çizelge 5.1 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin Yoğunluk Ölçümleri

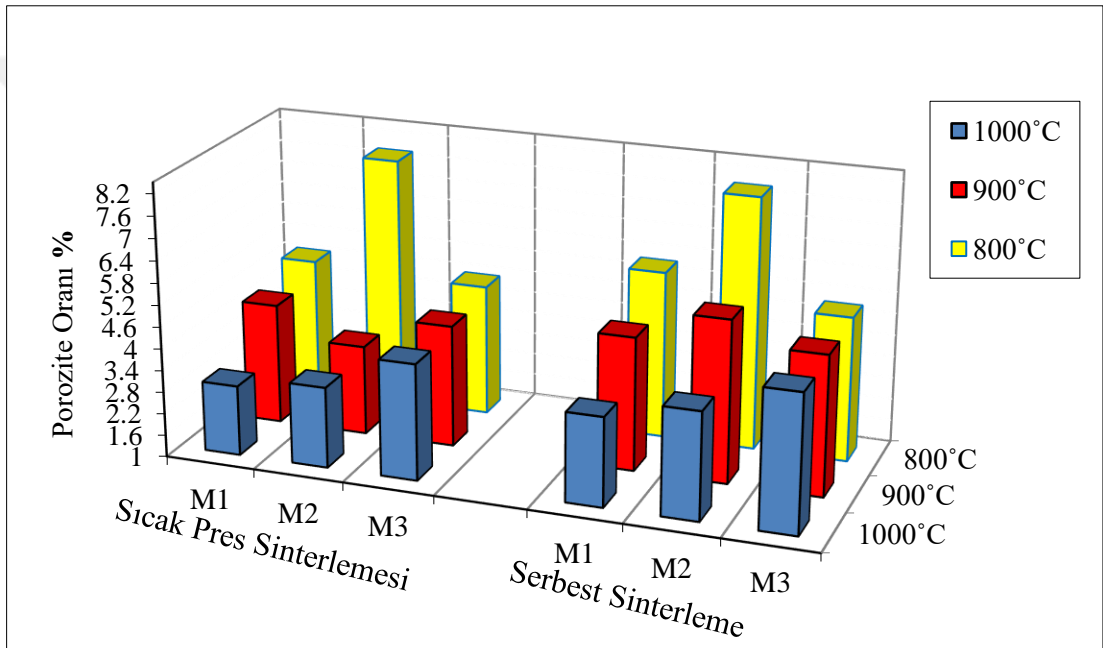
Kompozisyon	Sıcaklık (°C)	Deneysel Yoğunluk (g/cm ³)	Teorik yoğunluk(g/cm ³)	Porozite Oranı %
M ₁	800	7,715	8,100	4,753
M ₁	900	7,751		4,308
M ₁	1000	7,863		2,92
M ₂	800	7,738	8,400	7,88
M ₂	900	8,110		3,455
M ₂	1000	8,130		3,214
M ₃	800	8,108	8,500	4,611
M ₃	900	8,131		4,341
M ₃	1000	8,144		4,188

Çizelge 5.2 Serbest Sinterleme İle Üretilen Soketlerin Yoğunluk Ölçümleri

Kompozisyon	Sıcaklık (°C)	Deneysel Yoğunluk (g/cm ³)	Teorik yoğunluk(g/cm ³)	Porozite Oranı %
M ₁	800	7,646	8,100	5,604
M ₁	900	7,722		4,667
M ₁	1000	7,821		3,444
M ₂	800	7,733	8,400	7,940
M ₂	900	7,941		5,464
M ₂	1000	8,069		3,940
M ₃	800	8,077	8,500	4,976
M ₃	900	8,088		4,847
M ₃	1000	8,094		4,776



Şekil 5.1. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Soketlerin Yoğunluğunun Sinterleme Sıcaklığına Göre Değişimi



Şekil 5.2. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Soketlerin Porozite Oranını Malzeme Türünün Sıcaklığına Göre Değişimi

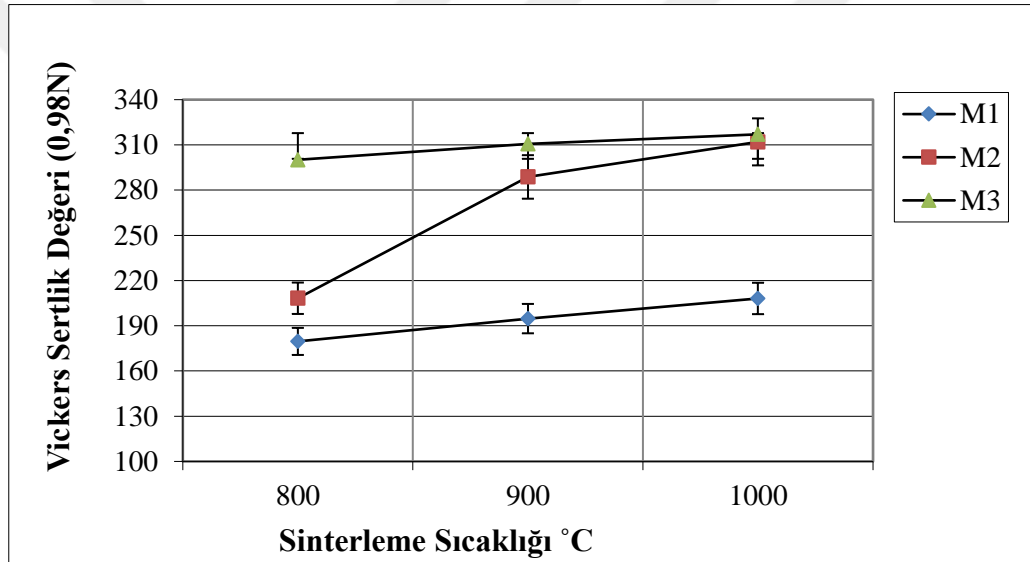
Yapılan yoğunluk ölçümlerinde görüneceği gibi her iki üretim yönteminde de sinterleme sıcaklığının artışı ile yoğunluğunda artış ve porozite oranında bir düşüş gözlemlendi. Aynı malzemelerde sıcak pres sinterlemesi ile üretilen malzemelerin, aynı sinterleme sıcaklığında serbest sinterleme ile üretilen malzemelerden yüksek olduğu tespit edildi. En yüksek yoğunluk değerleri 1000°C de tespit edilmiştir.

5.2. Mikro Sertlik Ölçüm Sonuçları

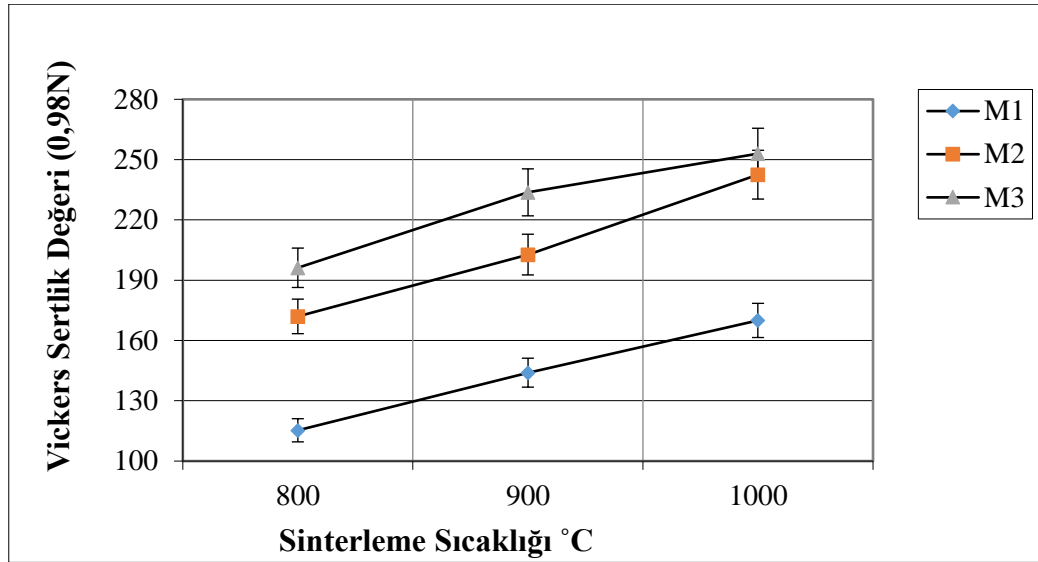
Her iki yöntemle üretilen soketlerin üzerinden Vickers sertliği cinsinden alınan mikro sertlik deney sonuçlarının Çizelge 5.3 verilmiştir.

Çizelge 5.3 Her İki Yöntemle Üretilen Soketlerin Vickers Mikro Sertlik (0,98N) Ölçüm Sonuçları

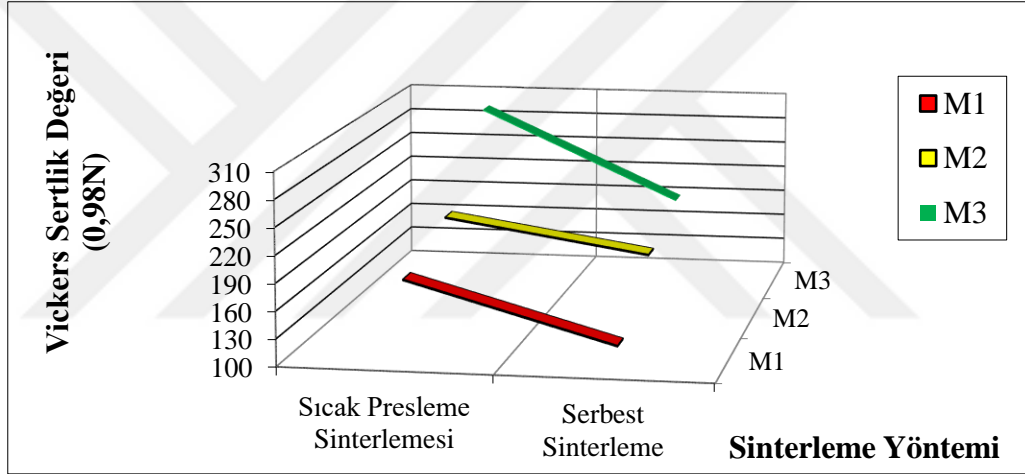
Malzeme Türü	Sinterleme Sıcaklığı (°C)	Sıcak Pres Sinterlemesi Ortalama Sertlik Değerleri	Serbest Sinterleme Ortalama Sertlik Değerleri
M ₁	800	179	115
M ₁	900	195	144
M ₁	1000	208	170
M ₂	800	208	172
M ₂	900	289	203
M ₂	1000	312	243
M ₃	800	300	196
M ₃	900	311	234
M ₃	1000	317	253



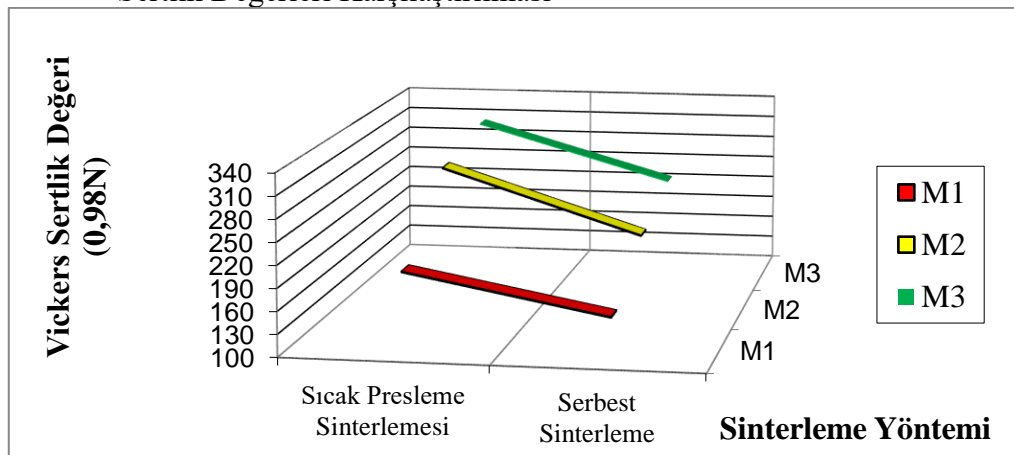
Şekil 5.3. Sıcak Pres Sinterlemesi ile Üretilmiş Soketlerin Sinterleme Sıcaklığına Göre Ölçülen Mikro Sertlik Değerleri



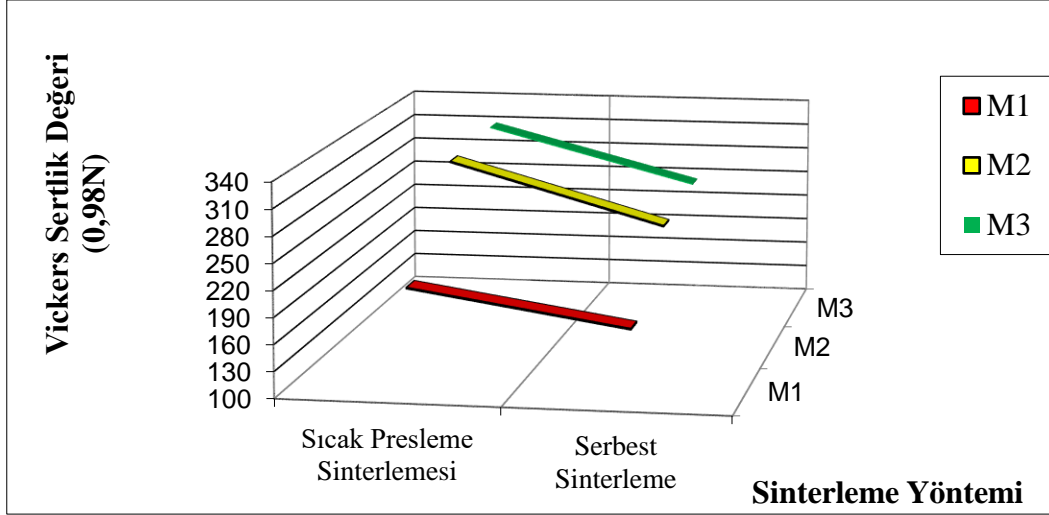
Şekil 5.4. Serbest Sinterleme İle Üretilmiş Soketlerin Sinterleme Sıcaklığına Göre Ölçülen Mikro Sertlik Değerleri



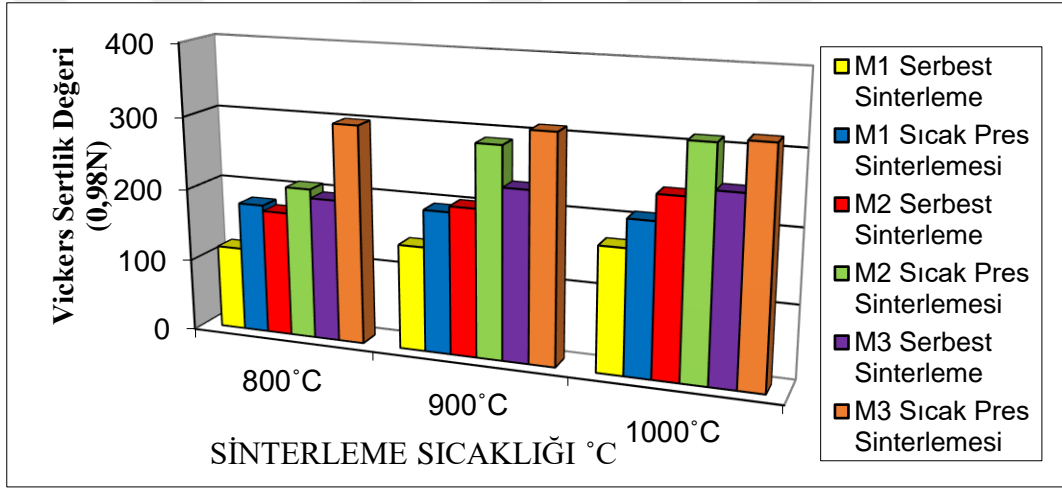
Şekil 5.5. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 800°C Sinterlenmiş Soketlerin Mikro Sertlik Değerleri Karşılaştırılması



Şekil 5.6. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 900°C Sinterlenmiş Soketlerin Mikro Sertlik Değerleri Karşılaştırılması



Şekil 5.7. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 1000°C Sinterlenmiş Soketlerin Mikro Sertlik Değerleri Karşılaştırılması



Şekil 5.8. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Soketlerin Sinterleme Sıcaklıklarındaki Mikro Sertlik Değerlerinin Karşılaştırılması.

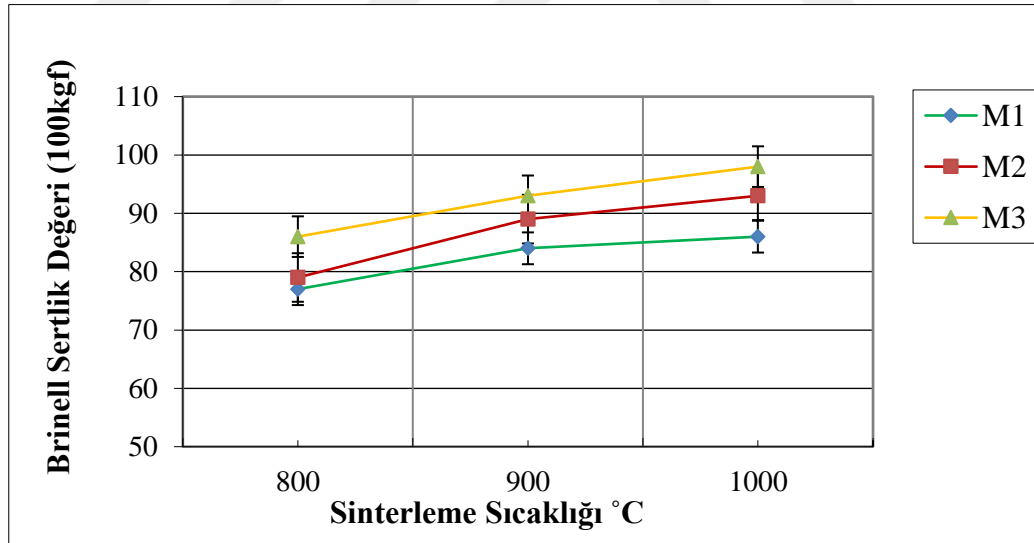
Mikro sertlik deneyinin ölçüm sonuçları incelendiğinde, sertlik dağılımının her soket numunesi için oldukça homojen olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar şunu göstermektedir, soketlerin matriksinde homojen bir yapının meydana geldiği anlamına gelmektedir. Ortalama sertlik sonuçlarına bakıldığında, sıcak pres sinterlemesi ile üretilen soketlerin sertliklerinin, serbest sinterleme ile üretilene göre daha yüksektir. Her iki üretim yöntemi ile üretilen soketlerde de sinterleme sıcaklığının ve kobalt miktarının artmasıyla birlikte, demir miktarının azalması sertlik değerlerinde bir artışa neden olmuştur.

5.3. Makro Sertlik Ölçümü Sonuçları

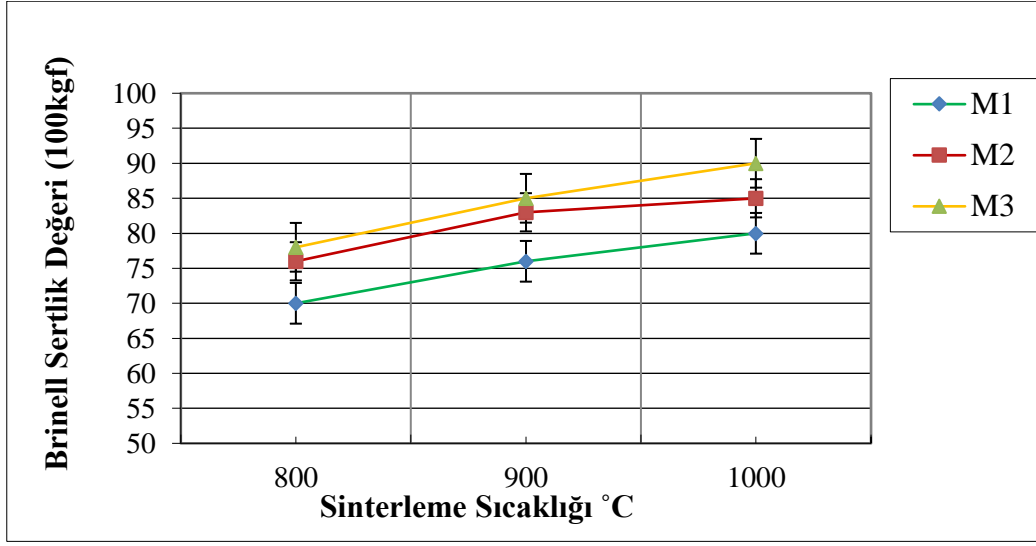
Soketlere ait Brinell sertliği cinsinden alınan makro sertlik deney sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Her İki Yöntemle Üretilen Soketlerin Makro Sertlik (HBN, 100kgf) Ölçüm Sonuçları

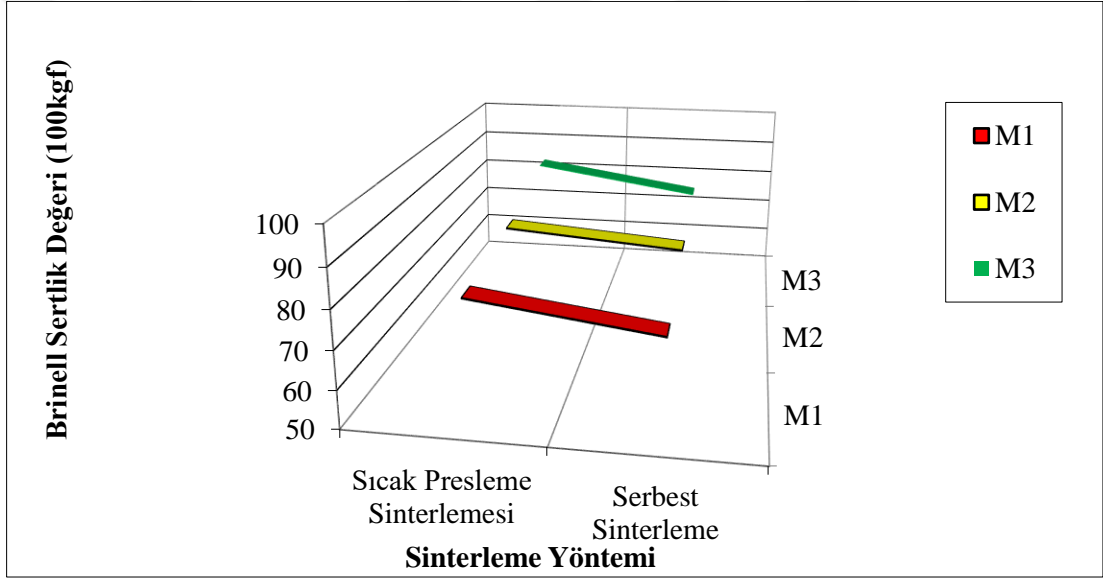
Malzeme Türü	Sinterleme Sıcaklığı (°C)	Sıcak Pres Sinterlemesi Ortalama Sertlik Değerleri	Serbest Sinterleme Ortalama Sertlik Değerleri
M ₁	800	77	70
M ₁	900	84	76
M ₁	1000	86	80
M ₂	800	79	76
M ₂	900	89	83
M ₂	1000	93	85
M ₃	800	86	78
M ₃	900	93	85
M ₃	1000	98	90



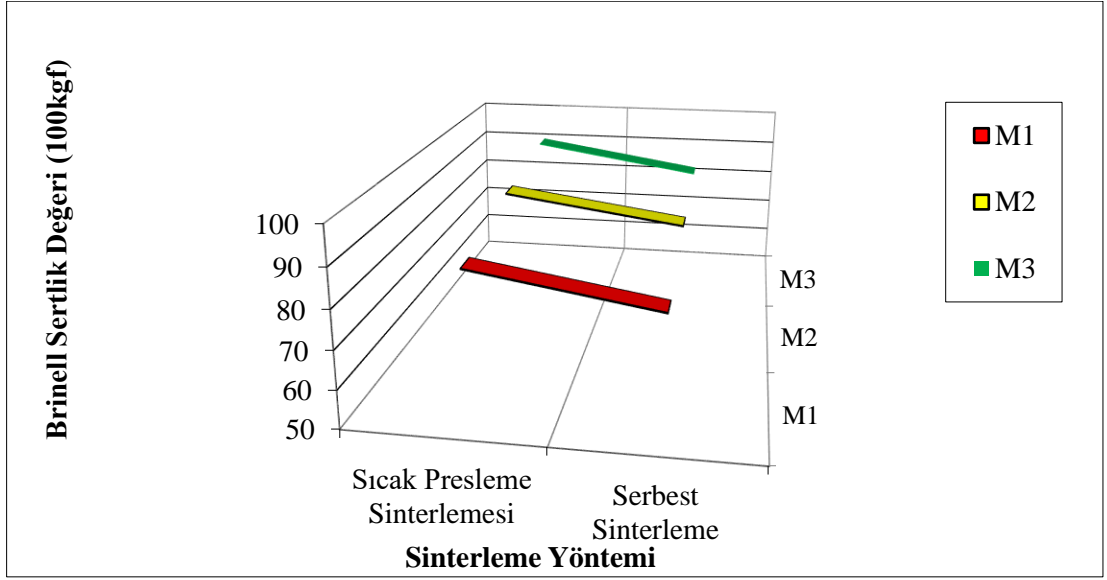
Şekil 5.9. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen M₁ – M₂ – M₃ Kompozisyonuna Sahip Numunelerin HB 100 kgf Yük Altında Sertlik Ölçüm Değerleri



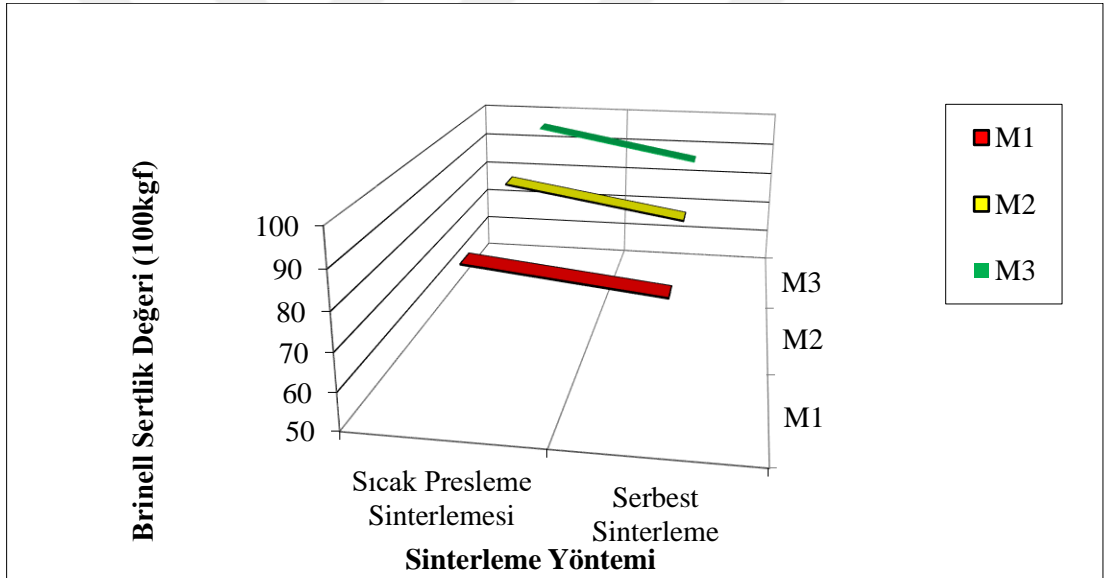
Şekil 5.10. Serbest Sinterleme ile üretilen M₁ – M₂ – M₃ Kompozisyonuna Sahip Numunelerin HB 100 kgf Yük Altında Sertlik Ölçüm Değerleri



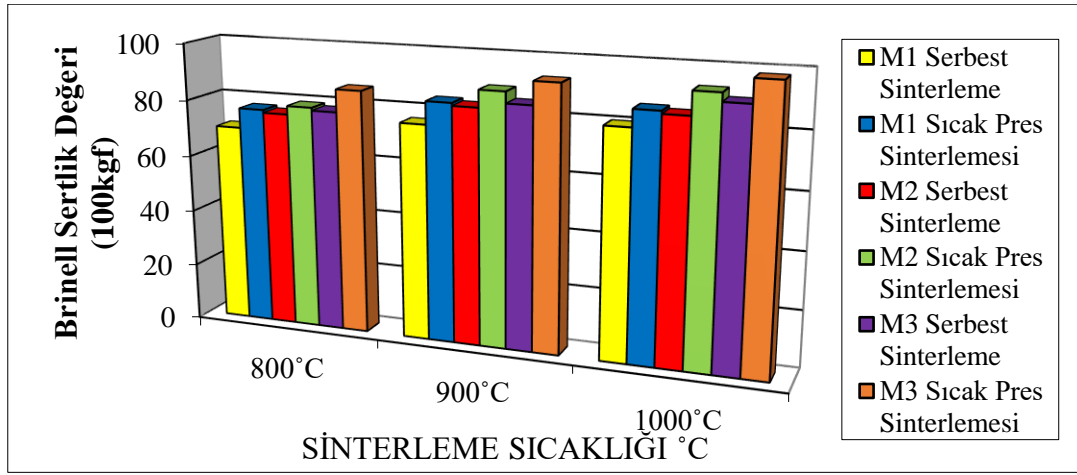
Şekil 5.11. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 800°C Sinterlenmiş Soketlerin Brinell Sertlik Değerleri Karşılaştırılması



Şekil 5.12. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 900°C Sinterlenmiş Soketlerin Brinell Sertlik Değerleri Karşılaştırılması



Şekil 5.13. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Ve 1000°C Sinterlenmiş Soketlerin Brinell Sertlik Değerleri Karşılaştırılması



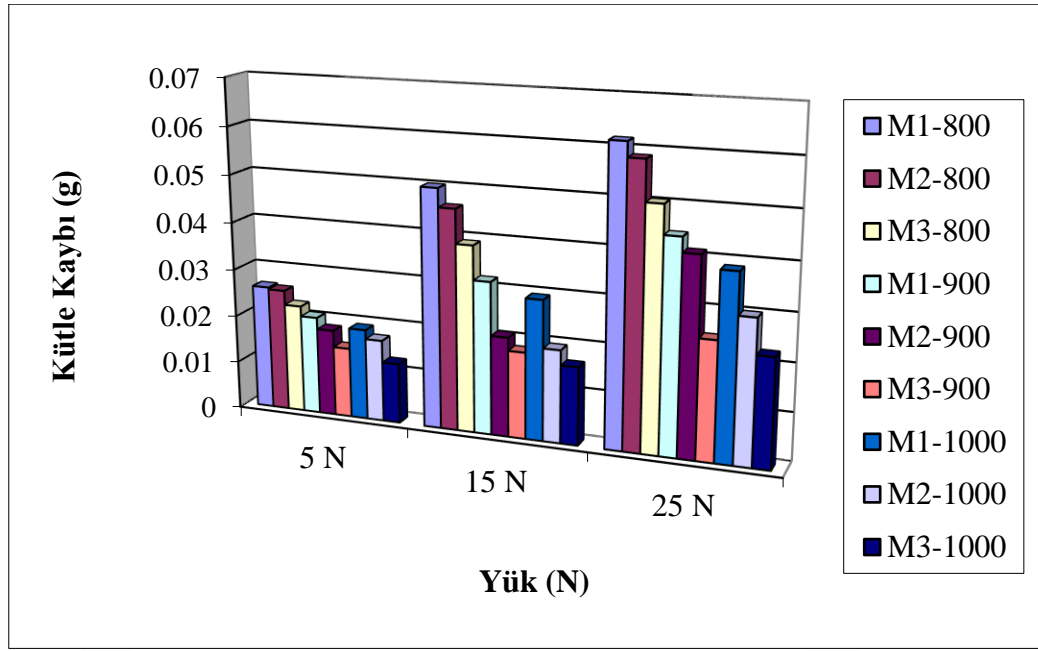
Şekil 5.14. İki Farklı Yöntem İle Üretilen Tüm Soketlerin Bütün Sinterleme Sıcaklıklarındaki Makro Sertlik Değerlerinin Karşılaştırılması.

Makro sertlik deneyinin ölçüm sonuçları incelendiğinde, sıcak pres sinterlemesi ile üretilen soketlerin, serbest sinterleme ile üretilene göre daha sert olduğu tespit edilmiştir. Her iki yöntemde de sinterleme sıcaklığı arttıkça sertliğin arttığı gözlemlenmiştir. Üretilen bütün soketlerin matrisinde homojen bir yapı oluşumu meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ortalama makro-sertlik sonuçlarına bakıldığında demir miktarının artmasıyla matrisde sertliğin bir miktar düştüğü fakat kobalt miktarının artması ile sertlik değerlerinde bir artış meydana gelmiştir.

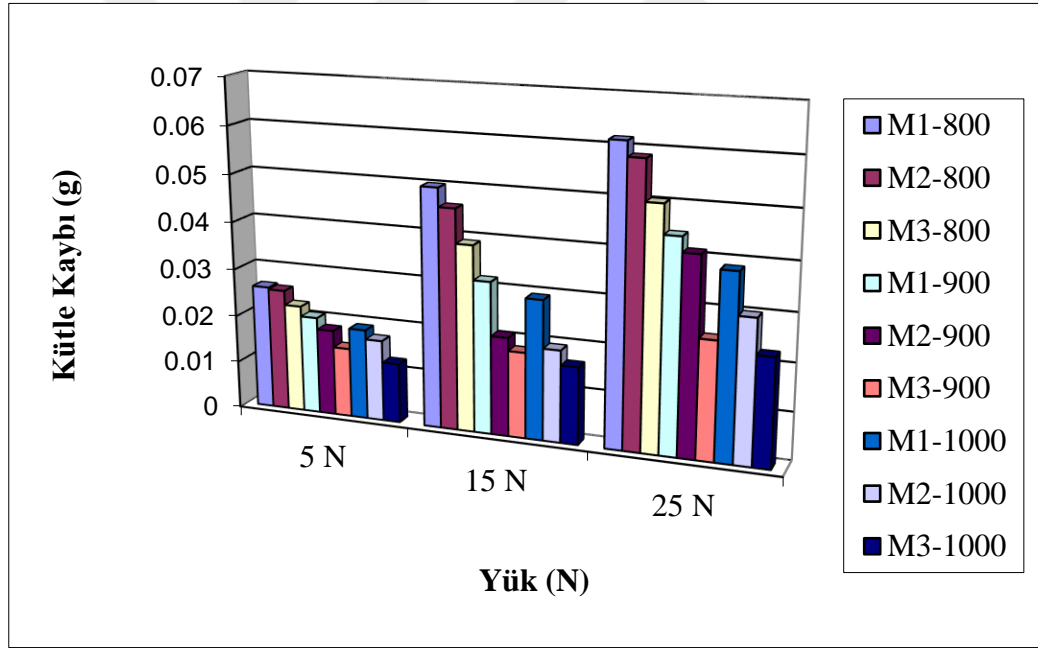
5.4. Pin On Disk Metoduyla Abresif Aşınma Deneyi

Abresif aşınma deneylerinde numunelerde 180 mesh ve 400 mesh zımparalar kullanılmıştır. Deneyler; 5, 15 ve 25 N yük altında 3,6 km kayma mesafesinde, 1 m/sn sabit hızda, oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Üretilen soketlerin aşınma miktarları; 0,0001 gr ölçme hassasiyetine sahip bir elektronik terazide, deney öncesi ölçülen ağırlıklarından deney sonrası tespit edilen ağırlıklarının çıkarılması ile bulunmuştur. Aşınma deneyine ait grafikler Şekil 5.15'den Şekil 5.24'e kadar belirtilmiştir.

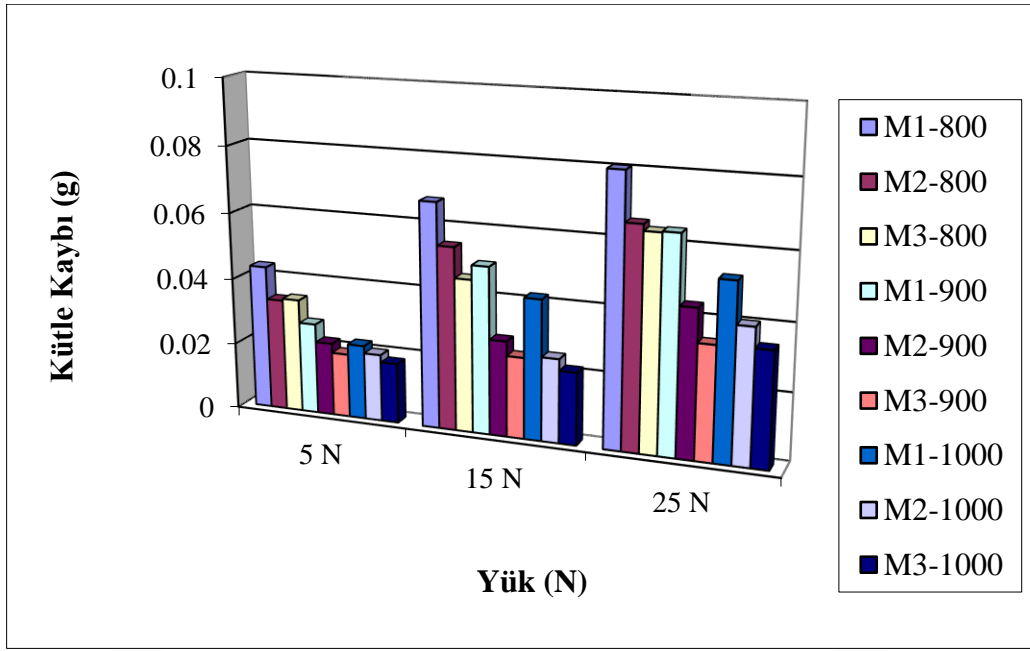
Aşınma işlemi; döner bir disk üzerine pens aracılığı ile bağlanan numunenin taşıyıcı kola istenen kuvvetle bastırılması yoluyla yapılmıştır. Döner disk üzerine 180 mesh ve 400 mesh lik zımparalar yerleştirilmiştir. Deney aynı kayma hızında yapıldığından dolayı, her izde çap değişeceğinden çevresel hızdan dolayı kayma hızı da değişecektir. Kayma hızını aynı kalabilmesi için diskin devir sayısının farklı olması gerekmektedir. Bu nedenle numunenin temas ettiği noktaların çapları bilindiğinden her bir iz için aynı devir sayıları hesaplanmıştır.



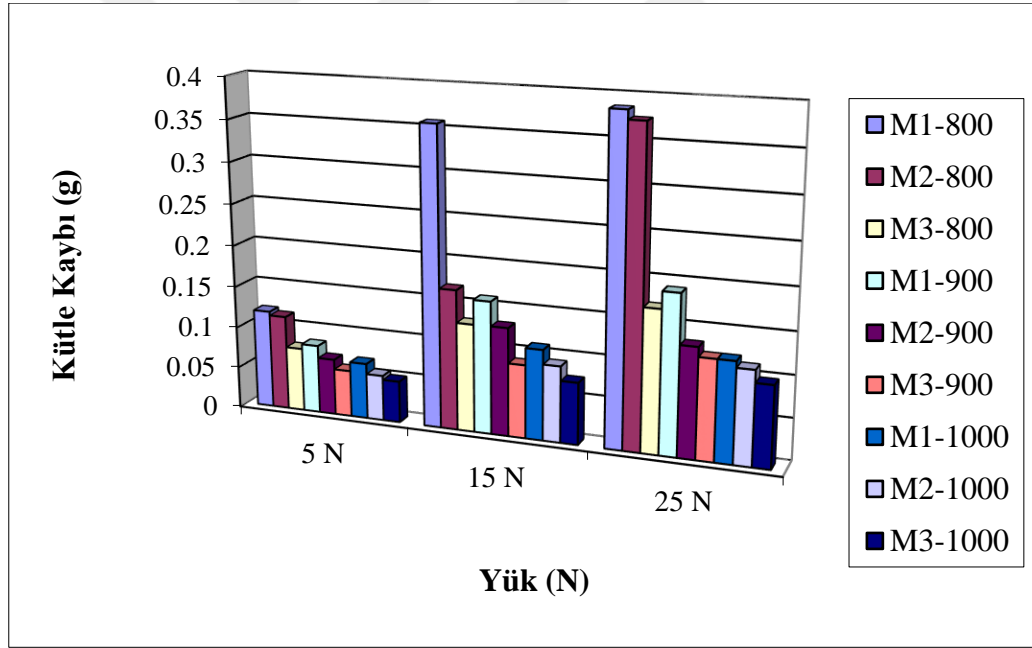
Şekil 5.15. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin, 400 Mesh Zımparada 3,6km Kayma Mesafesinde Abrasif Aşınma Deneyi Sonuçları



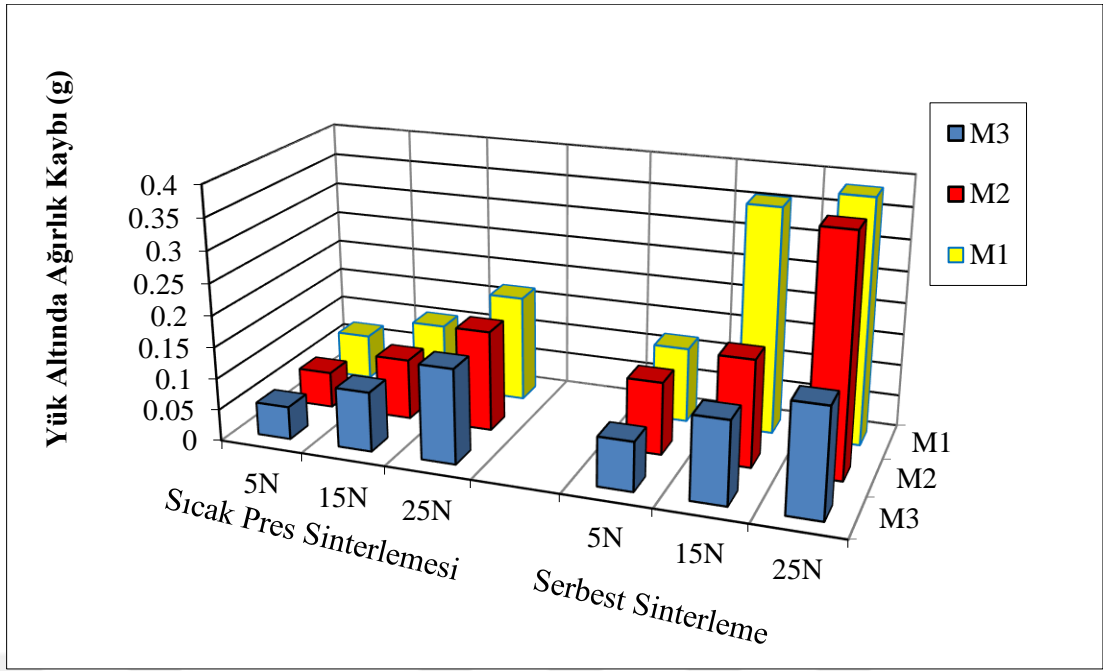
Şekil 5.16. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin, 180 Mesh Zımparada 3,6 km Kayma Mesafesinde Abrasif Aşınma Deneyi Sonuçları



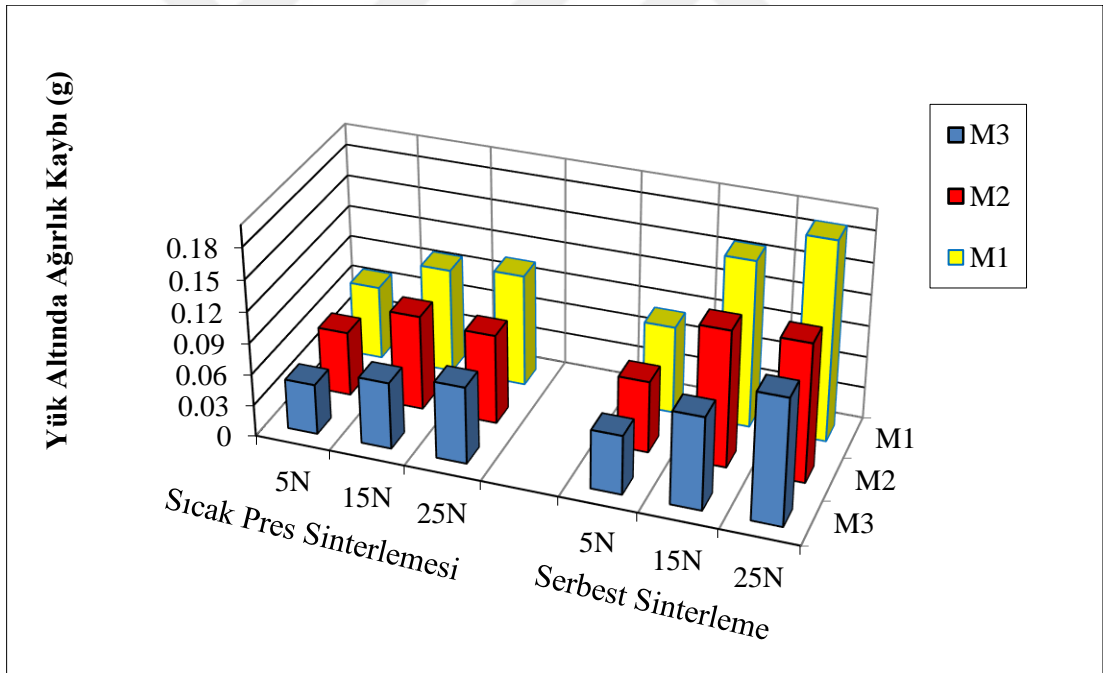
Şekil 5.17. Serbest Sinterleme İle Üretilen Soketlerin, 400 Mesh Zımparada 3,6 km Kayma Mesafesinde Abrasif Aşınma Deneyi Sonuçları



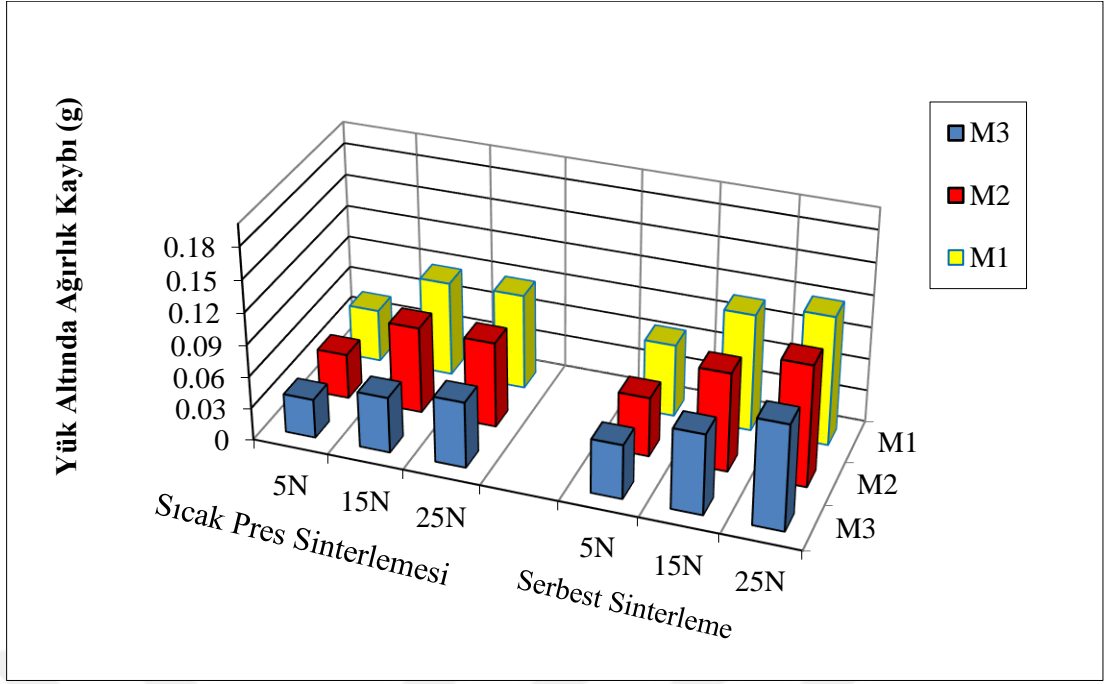
Şekil 5.18. Serbest Sinterleme İle Üretilen Soketlerin, 180 Mesh Zımparada 3,6km Kayma Mesafesinde Abrasif Aşınma Deneyi Sonuçları



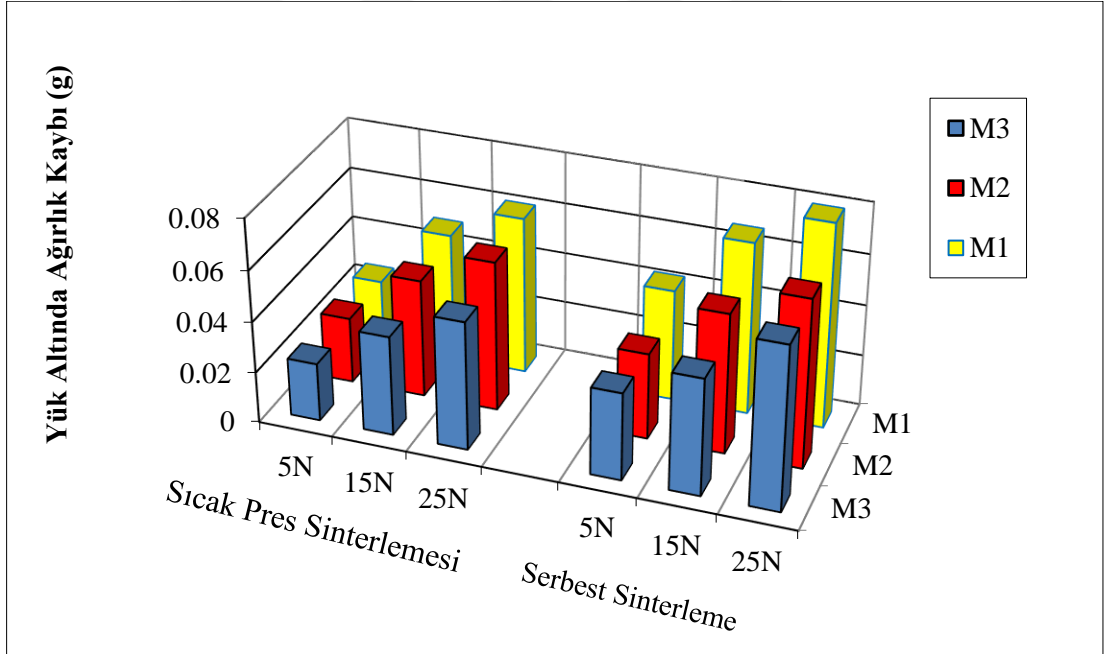
Şekil 5.19. 800°C Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 180 Mesh İçin Ağırlık Kaybı



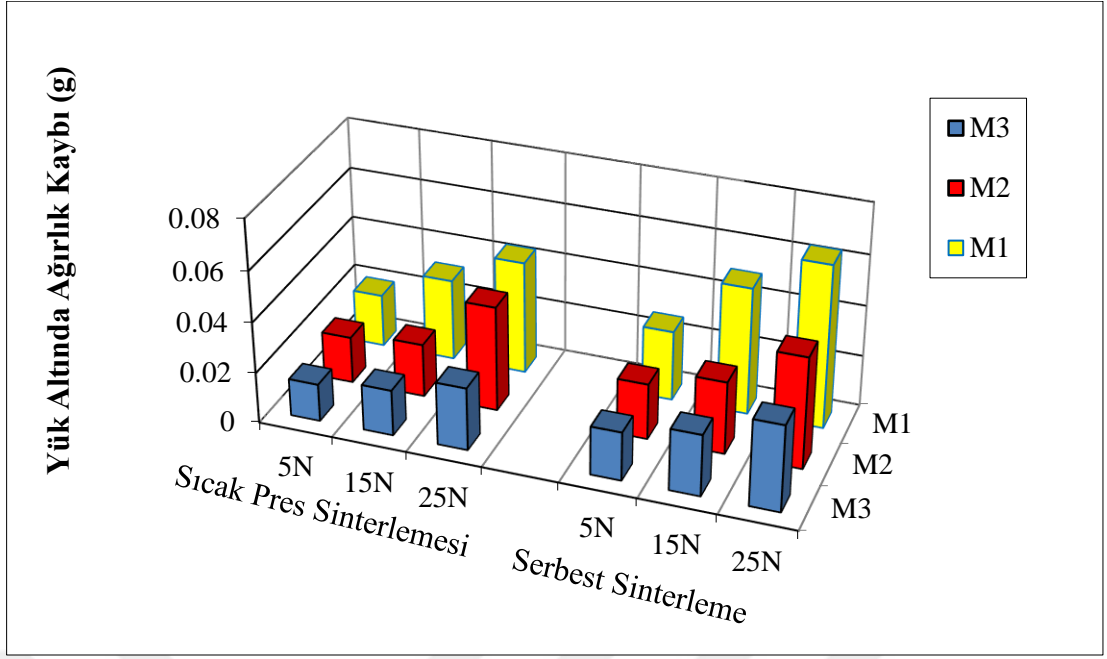
Şekil 5.20. 900°C Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 180 Mesh İçin Ağırlık Kaybı



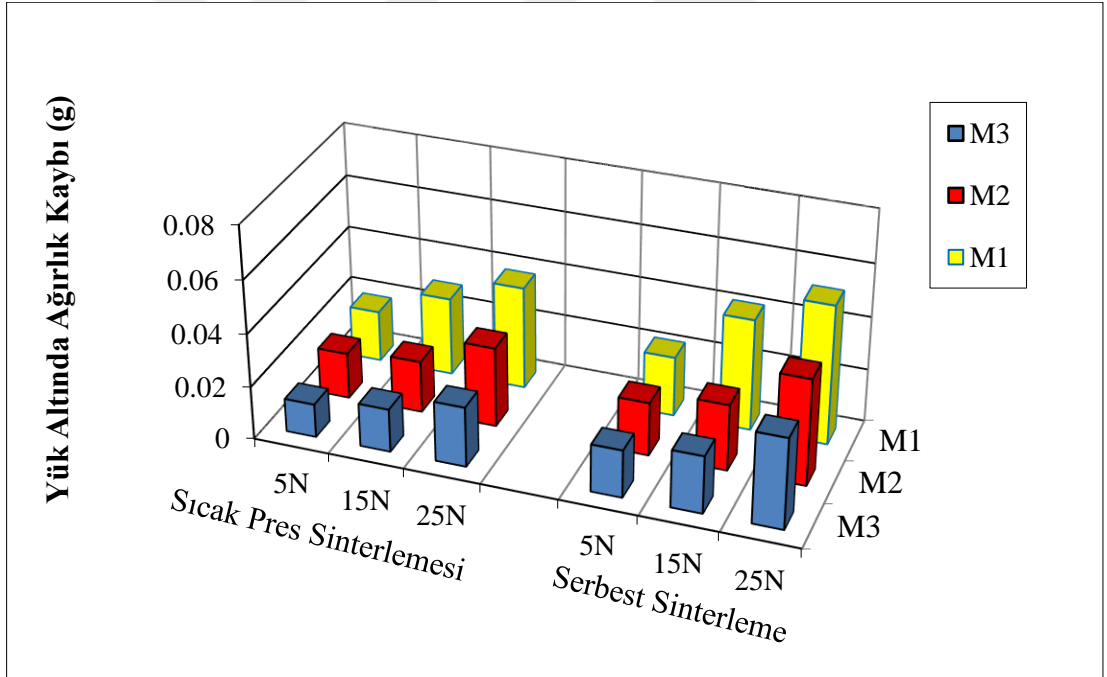
Şekil 5.21. 1000°C Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 180 Mesh İçin Ağırlık Kaybı



Şekil 5.22. 800°C Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 400 Mesh İçin Ağırlık Kaybı



Şekil 5.23. 900°C Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 400 Mesh İçin Ağırlık Kaybı



Şekil 5.24. 1000°C Serbest Sinterleme ve Sıcak Presleme Sinterlemesi İle Üretilen Soketlerin 400 Mesh İçin Ağırlık Kaybı

5.5. Taguchi Metodu

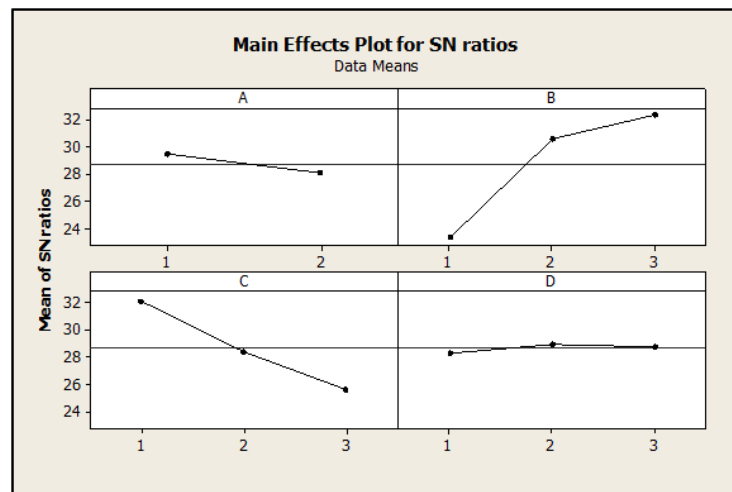
Aşınma karakteristiğinde hangi parametrenin daha etkin olduğunun belirlenmesi için her bir sinterleme sıcaklığı için deneysel tasarım yapılmıştır. Deneysel tasarımı Taguchi Yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Kalite karakteristiğini belirlerken, aşınmanın en az olması istendiğinden dolayı “en küçük en iyi” prensibi uygulanmıştır. Ayrıca geliştirilen modelin yeterliği ANOVA analizi ile ispatlanmıştır.

$$S/N = -10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

Kurulan matematiksel modellerdeki terimlerin istatistiksel anlamlılığı varyans analizi (F-testi) ile belirlenir. Elde edilen P değerinin seçilen %95 güvenirlilik oranından ($\alpha=0,05$) daha düşük olması ile modeller istatistiksel olarak anlamlıdır. (Subaşı, 2010). P:0,0001 değerinin 0,05'ten küçük olması modelin doğru olduğunu açıklayan bir model olduğunu göstermektedir. Diğer bir istatistiksel karşılaştırma kriteri ise R^2 ve R^2_{adj} değerleridir. Bu değerlerin 1'e yakın olması kurulan matematiksel modelin bağımsız girdi değişkenleri ile yanıt arasındaki ilişkiyi iyi temsil ettiğinin bir ölçüsü olarak dikkate alınır. (Subaşı, 2010) R^2 ile R^2_{adj} değerlerinin arasındaki fark ise modelde olası anlamsız faktörlerin modelden çıkartılarak tekrar hesaplanması ile elde edilir (Günel, 2003).

Çizelge 5.5 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 800°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları

Deneysel Numarası	Değişkenler	(A) Abrasive Zımpara boyutu (Mesh)	(B) Malzeme tipi, Kompozisyon	(C) Yük, (N)	(D) Kayma mesafesi veya zaman, (s)	Ağırlık Kaybı, (g)	S/N oranı (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	180	M ₁ -800 °C	5	24-30s	0,0717	22,8896169
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	180	M ₁ -800 °C	15	48-60s	0,1058	19,5102866
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	180	M ₁ -800 °C	25	72-90s	0,1693	15,4268608
4	A ₁ B ₂ C ₁ D ₁	180	M ₂ -800 °C	5	24-30s	0,0172	35,2894311
5	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	180	M ₂ -800 °C	15	48-60s	0,0194	34,2439654
6	A ₁ B ₂ C ₃ D ₃	180	M ₂ -800 °C	25	72-90s	0,03	30,4575749
7	A ₁ B ₃ C ₁ D ₂	180	M ₃ -800 °C	5	48-60s	0,0126	37,9925891
8	A ₁ B ₃ C ₂ D ₃	180	M ₃ -800 °C	15	72-90s	0,0163	35,7562479
9	A ₁ B ₃ C ₃ D ₁	180	M ₃ -800 °C	25	24-30s	0,0227	32,8794829
10	A ₂ B ₁ C ₁ D ₃	400	M ₁ -800 °C	5	72-90s	0,0261	31,6671899
11	A ₂ B ₁ C ₂ D ₁	400	M ₁ -800 °C	15	24-30s	0,05	26,0205999
12	A ₂ B ₁ C ₃ D ₂	400	M ₁ -800 °C	25	48-60s	0,0617	24,1942967
13	A ₂ B ₂ C ₁ D ₂	400	M ₂ -800 °C	5	48-60s	0,0257	31,8013375
14	A ₂ B ₂ C ₂ D ₃	400	M ₂ -800 °C	15	72-90s	0,0461	26,7259815
15	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	400	M ₂ -800 °C	25	24-30s	0,0586	24,6420477
16	A ₂ B ₃ C ₁ D ₃	400	M ₃ -800 °C	5	72-90s	0,0227	32,8794829
17	A ₂ B ₃ C ₂ D ₁	400	M ₃ -800 °C	15	24-30s	0,039	28,1787079
18	A ₂ B ₃ C ₃ D ₂	400	M ₃ -800 °C	25	48-60s	0,0503	25,9686403



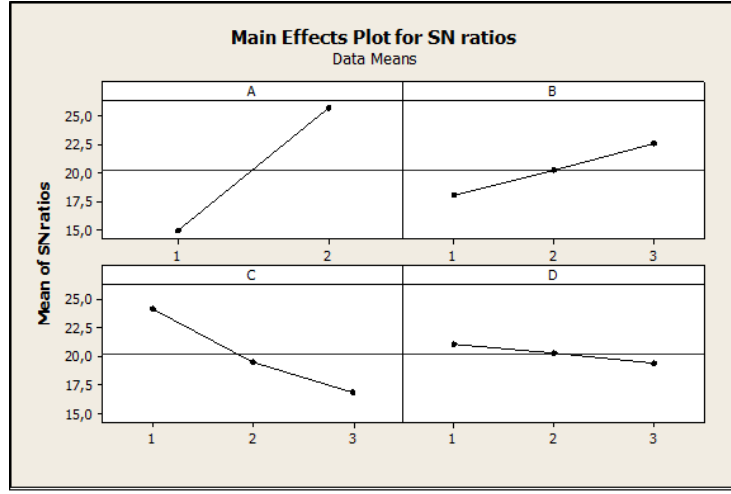
Şekil 5.25. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 800°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler

Çizelge 5.6 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 800°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F	P	Katkı oranı %
A	1	8,498	8,498	0,41	0,536	1,378
B	2	272,688	136,344	6,59	0,015	44,217
C	2	127,186	63,593	3,07	0,091	20,623
D	2	1,347	0,673	0,03	0,968	0,218
Hata	10	206,992	20,699			33,564
Toplam	17	616,71				100,000
$R^2 = 66,4\%$ $R^2_{adj} = 42,9\%$						

Çizelge 5.7 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 800°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları

Deney numarası	Değişkenler	(A) Abrasive Zımpara boyutu (Mesh)	(B) Malzeme tipi, Kompozisyon	(C) Yük, (N)	(D) Kayma mesafesi veya zaman, (s)	Ağırlık Kaybı, (g)	S/N oranı (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	180	M ₁ -800 °C	5	24-30s	0,1192	18,4744749
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	180	M ₁ -800 °C	15	48-60s	0,3578	8,92719328
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	180	M ₁ -800 °C	25	72-90s	0,3857	8,27500722
4	A ₁ B ₂ C ₁ D ₁	180	M ₂ -800 °C	5	24-30s	0,1147	18,8087316
5	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	180	M ₂ -800 °C	15	48-60s	0,1687	15,4576983
6	A ₁ B ₂ C ₃ D ₃	180	M ₂ -800 °C	25	72-90s	0,3748	8,52400836
7	A ₁ B ₃ C ₁ D ₂	180	M ₃ -800 °C	5	48-60s	0,0773	22,2364101
8	A ₁ B ₃ C ₂ D ₃	180	M ₃ -800 °C	15	72-90s	0,1302	17,7077803
9	A ₁ B ₃ C ₃ D ₁	180	M ₃ -800 °C	25	24-30s	0,1706	15,3604195
10	A ₂ B ₁ C ₁ D ₃	400	M ₁ -800 °C	5	72-90s	0,0435	27,2302149
11	A ₂ B ₁ C ₂ D ₁	400	M ₁ -800 °C	15	24-30s	0,0674	23,4268021
12	A ₂ B ₁ C ₃ D ₂	400	M ₁ -800 °C	25	48-60s	0,0804	21,894879
13	A ₂ B ₂ C ₁ D ₂	400	M ₂ -800 °C	5	48-60s	0,0337	29,447402
14	A ₂ B ₂ C ₂ D ₃	400	M ₂ -800 °C	15	72-90s	0,0548	25,2243888
15	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	400	M ₂ -800 °C	25	24-30s	0,0659	23,6222917
16	A ₂ B ₃ C ₁ D ₃	400	M ₃ -800 °C	5	72-90s	0,0343	29,2941176
17	A ₂ B ₃ C ₂ D ₁	400	M ₃ -800 °C	15	24-30s	0,0457	26,801676
18	A ₂ B ₃ C ₃ D ₂	400	M ₃ -800 °C	25	48-60s	0,064	23,8764005



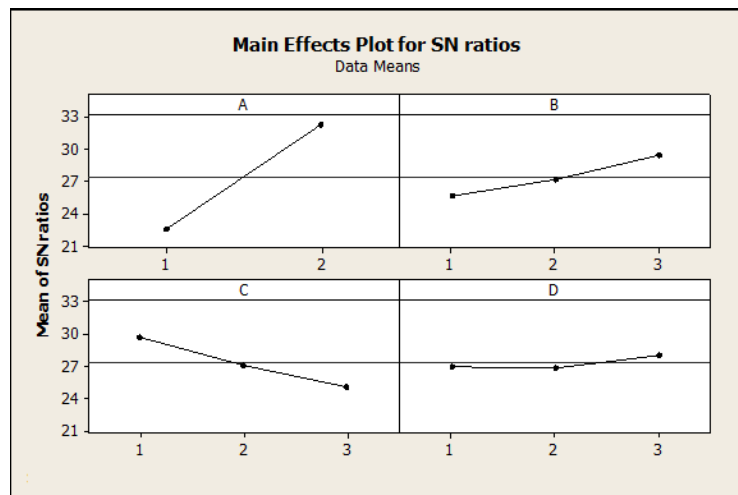
Şekil 5.26. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 800°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler

Çizelge 5.8 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 800°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA Tabloları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F	P	Katkı oranı %
A	1	0,11034	0,11034	25,39	0,001	46,584
B	2	0,02364	0,011822	2,72	0,114	9,981
C	2	0,04325	0,021623	4,97	0,032	18,260
D	2	0,01617	0,008085	1,86	0,206	6,827
Hata	10	0,04347	0,004347			18,353
Toplam	17	0,23686				100,000
$R^2 = 81,6\%$ $R^2_{adj} = 68,8\%$						

Çizelge 5.9 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 900°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları

Deney numarası	Değişkenler	(A) Abrasive Zımpara boyutu (Mesh)	(B) Malzeme tipi, Kompozisyon	(C) Yük, (N)	(D) Kayma mesafesi veya zaman, (s)	Ağırlık Kaybı, (g)	S/N oranı (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	180	M ₁ -900 °C	5	24-30s	0,0702	23,0732578
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	180	M ₁ -900 °C	15	48-60s	0,0999	20,0086902
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	180	M ₁ -900 °C	25	72-90s	0,107	19,4123245
4	A ₁ B ₂ C ₁ D ₁	180	M ₂ -900 °C	5	24-30s	0,0613	24,2507905
5	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	180	M ₂ -900 °C	15	48-60s	0,0903	20,886245
6	A ₁ B ₂ C ₃ D ₃	180	M ₂ -900 °C	25	72-90s	0,0853	21,3810194
7	A ₁ B ₃ C ₁ D ₂	180	M ₃ -900 °C	5	48-60s	0,0479	26,3932897
8	A ₁ B ₃ C ₂ D ₃	180	M ₃ -900 °C	15	72-90s	0,0637	23,9172114
9	A ₁ B ₃ C ₃ D ₁	180	M ₃ -900 °C	25	24-30s	0,0736	22,6624437
10	A ₂ B ₁ C ₁ D ₃	400	M ₁ -900 °C	5	72-90s	0,0206	33,7226556
11	A ₂ B ₁ C ₂ D ₁	400	M ₁ -900 °C	15	24-30s	0,0319	29,9241863
12	A ₂ B ₁ C ₃ D ₂	400	M ₁ -900 °C	25	48-60s	0,0443	27,0719255
13	A ₂ B ₂ C ₁ D ₂	400	M ₂ -900 °C	5	48-60s	0,0182	34,7985722
14	A ₂ B ₂ C ₂ D ₃	400	M ₂ -900 °C	15	72-90s	0,0208	33,6387333
15	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	400	M ₂ -900 °C	25	24-30s	0,0412	27,7020557
16	A ₂ B ₃ C ₁ D ₃	400	M ₃ -900 °C	5	72-90s	0,0147	36,6536533
17	A ₂ B ₃ C ₂ D ₁	400	M ₃ -900 °C	15	24-30s	0,0181	34,8464285
18	A ₂ B ₃ C ₃ D ₂	400	M ₃ -900 °C	25	48-60s	0,0248	32,1109664



Şekil 5.27. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 900°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler

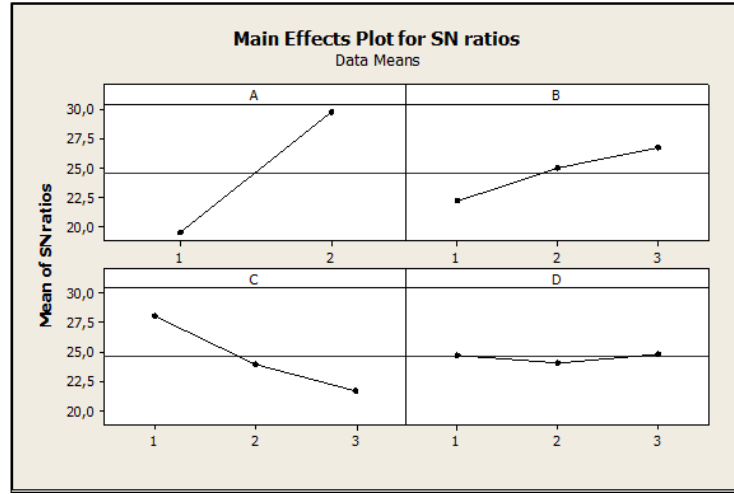
Çizelge 5.10 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 900°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F	P	Katkı oranı %
A	1	434,967	434,967	425,29	0,0001	77,017
B	2	46,075	23,037	22,52	0,0001	8,158
C	2	68,148	34,074	33,32	0,0001	12,067
D	2	5,349	2,674	2,61	0,122	0,947
Hata	10	10,228	1,023			1,811
Toplam	17	564,766				100,000
$R^2 = 98,2\%$ $R^2_{adj} = 96,9\%$						

Anova tablosuna baktığımızda $R^2 = 98,2\%$ ve $R^2_{adj} = 96,9\%$ değerlerinin 1'e yakın çıkması ve P:0,0001 değerinin 0,05'ten küçük olması modelin doğru olduğunu açıklayan bir model olduğunu göstermektedir. Katkı oranına bakıldığında $A > C > B$ olarak sıralanabilir. Aşınmaya en büyük etkinin sırasıyla zımpara boyutunun etkidiği görülmektedir.

Çizelge 5.11 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 900°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları

Deney numarası	Değişkenler	(A) Abrasive Zımpara boyutu (Mesh)	(B) Malzeme tipi, Kompozisyon	(C) Yük, (N)	(D) Kayma mesafesi veya zaman, (s)	Ağırlık Kaybı, (g)	S/N oranı (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	180	M ₁ -900 °C	5	24-30s	0,0833	21,5871
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	180	M ₁ -900 °C	15	48-60s	0,1594	15,9502337
3	A ₁ B ₁ C ₂ D ₃	180	M ₁ -900 °C	25	72-90s	0,1907	14,3929861
4	A ₁ B ₂ C ₁ D ₁	180	M ₂ -900 °C	5	24-30s	0,0683	23,3115859
5	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	180	M ₂ -900 °C	15	48-60s	0,1305	17,6877898
6	A ₁ B ₂ C ₂ D ₃	180	M ₂ -900 °C	25	72-90s	0,1322	17,5753709
7	A ₁ B ₃ C ₁ D ₂	180	M ₃ -900 °C	5	48-60s	0,0564	24,9744179
8	A ₁ B ₃ C ₂ D ₃	180	M ₃ -900 °C	15	72-90s	0,0886	21,0513256
9	A ₁ B ₃ C ₂ D ₁	180	M ₃ -900 °C	25	24-30s	0,1207	18,3658546
10	A ₂ B ₁ C ₂ D ₃	400	M ₁ -900 °C	5	72-90s	0,0274	31,2449887
11	A ₂ B ₁ C ₂ D ₁	400	M ₁ -900 °C	15	24-30s	0,05	26,0205999
12	A ₂ B ₁ C ₂ D ₂	400	M ₁ -900 °C	25	48-60s	0,0643	23,8357805
13	A ₂ B ₂ C ₁ D ₂	400	M ₂ -900 °C	5	48-60s	0,022	33,1515464
14	A ₂ B ₂ C ₂ D ₃	400	M ₂ -900 °C	15	72-90s	0,0286	30,8726793
15	A ₂ B ₂ C ₂ D ₁	400	M ₂ -900 °C	25	24-30s	0,044	27,1309465
16	A ₂ B ₃ C ₁ D ₃	400	M ₃ -900 °C	5	72-90s	0,0192	34,3339754
17	A ₂ B ₃ C ₂ D ₁	400	M ₃ -900 °C	15	24-30s	0,0243	32,2878745
18	A ₂ B ₃ C ₂ D ₂	400	M ₃ -900 °C	25	48-60s	0,0341	29,3449124



Şekil 5.28. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 900°C ‘de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler

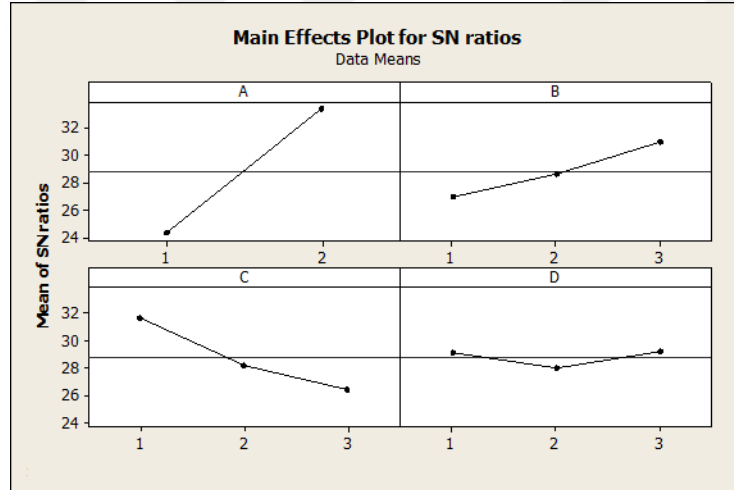
Çizelge 5.12 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 900°C ‘de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F	P	Katkı oranı %
A	1	483,881	483,881	634,37	0,0001	71,111
B	2	63,252	31,626	41,46	0,0001	9,295
C	2	123,745	61,873	81,12	0,0001	18,185
D	2	1,956	0,978	1,28	0,319	0,287
Hata	10	7,628	0,763			1,121
Toplam	17	680,462				100,000
$R^2 = 98,9\%$ $R^2_{adj} = 98,1\%$						

Anova tablosuna baktığımızda $R^2 = 98,9\%$ ve $R^2_{adj} = 98,1\%$ değerlerinin 1'e yakın çıkması ve P:0,0001 değerinin 0,05'ten küçük olması modelin doğru olduğunu açıklayan bir model olduğunu göstermektedir. Katkı oranına bakıldığında $A > C > B$ olarak sıralanabilir. Aşınmaya en büyük etkinin sırasıyla zımpara boyutunun etkidiği görünmektedir.

Çizelge 5.13 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 1000°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları

Deney numarası	Değişkenler	(A) Abrasive Zımpara boyutu (Mesh)	(B) Malzeme tipi, Kompozisyon	(C) Yük, (N)	(D) Kayma mesafesi veya zaman, (s)	Ağırlık Kaybı, (g)	S/N oranı (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	180	M ₁ -1000 °C	5	24-30s	0,049	26,1960784
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	180	M ₁ -1000 °C	15	48-60s	0,0883	21,0807859
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	180	M ₁ -1000 °C	25	72-90s	0,0891	21,0024459
4	A ₁ B ₂ C ₁ D ₁	180	M ₂ -1000 °C	5	24-30s	0,0419	27,5557195
5	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	180	M ₂ -1000 °C	15	48-60s	0,0807	21,8625293
6	A ₁ B ₂ C ₃ D ₃	180	M ₂ -1000 °C	25	72-90s	0,0797	21,9708336
7	A ₁ B ₃ C ₁ D ₂	180	M ₃ -1000 °C	5	48-60s	0,0362	28,8258286
8	A ₁ B ₃ C ₂ D ₃	180	M ₃ -1000 °C	15	72-90s	0,0519	25,6966528
9	A ₁ B ₃ C ₃ D ₁	180	M ₃ -1000 °C	25	24-30s	0,0615	24,2224977
10	A ₂ B ₁ C ₁ D ₃	400	M ₁ -1000 °C	5	72-90s	0,0191	34,3793327
11	A ₂ B ₁ C ₂ D ₁	400	M ₁ -1000 °C	15	24-30s	0,0293	30,6626476
12	A ₂ B ₁ C ₃ D ₂	400	M ₁ -1000 °C	25	48-60s	0,0386	28,2682539
13	A ₂ B ₂ C ₁ D ₂	400	M ₂ -1000 °C	5	48-60s	0,0172	35,2894311
14	A ₂ B ₂ C ₂ D ₃	400	M ₂ -1000 °C	15	72-90s	0,0194	34,2439654
15	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	400	M ₂ -1000 °C	25	24-30s	0,03	30,4575749
16	A ₂ B ₃ C ₁ D ₃	400	M ₃ -1000 °C	5	72-90s	0,0126	37,9925891
17	A ₂ B ₃ C ₂ D ₁	400	M ₃ -1000 °C	15	24-30s	0,0163	35,7562479
18	A ₂ B ₃ C ₃ D ₂	400	M ₃ -1000 °C	25	48-60s	0,0227	32,8794829



Şekil 5.29. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 1000°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler

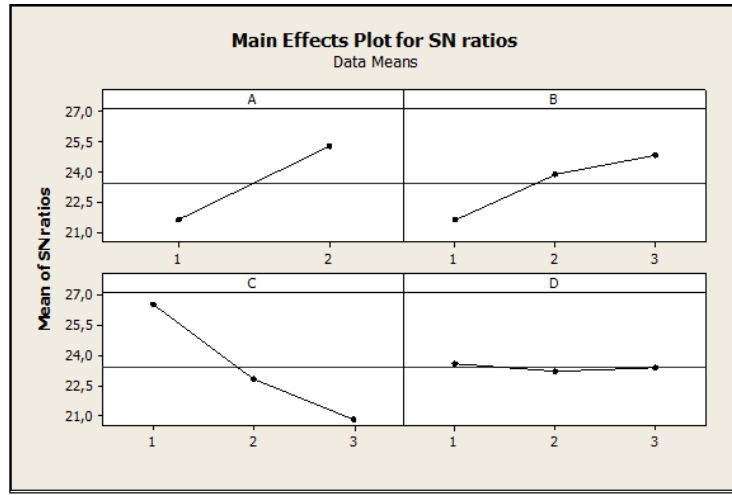
Çizelge 5.14 Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 1000°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F	P	Katkı oranı %
A	1	369,16	369,16	664,25	0,0001	71,964
B	2	47,63	23,815	42,85	0,0001	9,285
C	2	85,386	42,693	76,82	0,0001	16,645
D	2	5,248	2,624	4,72	0,036	1,023
Hata	10	5,558	0,556			1,083
Toplam	17	512,981				100,000
$R^2 = 98,9\%$ $R^2_{adj} = 98,2\%$						

Anova tablosuna baktığımızda $R^2 = 98,9\%$ ve $R^2_{adj} = 98,2\%$ değerlerinin 1'e yakın çıkması ve P:0,0001 değerinin 0,05'ten küçük olması modelin doğru olduğunu açıklayan bir model olduğunu göstermektedir. Katkı oranına bakıldığında $A > C > B$ olarak sıralanabilir. Aşınmaya en büyük etkinin sırasıyla zımpara boyutunun etkidiği görülmektedir.

Çizelge 5.15 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 1000°C de Sinterlenmiş Numunelerin Deneysel Planlaması Ve Abrasif Aşınma Testi Sonuçları

Deney numarası	Değişkenler	(A) Abrasive Zımpara boyutu (Mesh)	(B) Malzeme tipi, Kompozisyon	(C) Yük, (N)	(D) Kayma mesafesi veya zaman, (s)	Ağırlık Kaybı, (g)	S/N oranı (dB)
1	A ₁ B ₁ C ₁ D ₁	180	M ₁ -1000 °C	5	24-30s	0,0677	23,3882266
2	A ₁ B ₁ C ₂ D ₂	180	M ₁ -1000 °C	15	48-60s	0,1093	19,2275968
3	A ₁ B ₁ C ₃ D ₃	180	M ₁ -1000 °C	25	72-90s	0,1207	18,3658546
4	A ₁ B ₂ C ₁ D ₁	180	M ₂ -1000 °C	5	24-30s	0,0552	25,1612184
5	A ₁ B ₂ C ₂ D ₂	180	M ₂ -1000 °C	15	48-60s	0,092	20,7242435
6	A ₁ B ₂ C ₃ D ₃	180	M ₂ -1000 °C	25	72-90s	0,113	18,9384311
7	A ₁ B ₃ C ₁ D ₂	180	M ₃ -1000 °C	5	48-60s	0,0504	25,9513893
8	A ₁ B ₃ C ₂ D ₃	180	M ₃ -1000 °C	15	72-90s	0,0748	22,521968
9	A ₁ B ₃ C ₃ D ₁	180	M ₃ -1000 °C	25	24-30s	0,0981	20,1666199
10	A ₂ B ₁ C ₁ D ₃	400	M ₁ -1000 °C	5	72-90s	0,0504	25,9513893
11	A ₂ B ₁ C ₂ D ₁	400	M ₁ -1000 °C	15	24-30s	0,0748	22,521968
12	A ₂ B ₁ C ₃ D ₂	400	M ₁ -1000 °C	25	48-60s	0,0981	20,1666199
13	A ₂ B ₂ C ₁ D ₂	400	M ₂ -1000 °C	5	48-60s	0,0337	29,447402
14	A ₂ B ₂ C ₂ D ₃	400	M ₂ -1000 °C	15	72-90s	0,0548	25,2243888
15	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁	400	M ₂ -1000 °C	25	24-30s	0,0659	23,6222917
16	A ₂ B ₃ C ₁ D ₃	400	M ₃ -1000 °C	5	72-90s	0,0343	29,2941176
17	A ₂ B ₃ C ₂ D ₁	400	M ₃ -1000 °C	15	24-30s	0,0457	26,801676
18	A ₂ B ₃ C ₃ D ₂	400	M ₃ -1000 °C	25	48-60s	0,064	23,8764005



Şekil 5.30. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 1000°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin SN Oranları İçin Ana Etki Parametrelerini Gösteren Grafikler

Çizelge 5.16 Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 1000°C 'de Sinterlenip Abrasif Aşınma Deneyi Uygulanmış Numunelerin ANOVA tabloları

Kaynak	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F	P	Katkı oranı %
A	1	58,539	58,539	130,91	0,0001	30,039
B	2	31,832	15,916	35,59	0,0001	16,334
C	2	99,599	49,7993	111,36	0,0001	51,109
D	2	0,435	0,2174	0,49	0,629	0,223
Hata	10	4,472	0,4472			2,295
Toplam	17	194,876				100,000
$R^2 = 97,7\%$ $R^2_{adj} = 96,1\%$						

Anova tablosuna baktığımızda $R^2 = 97,7\%$ ve $R^2_{adj} = 96,1\%$ değerlerinin 1'e yakın çıkması ve $P:0,0001$ değerinin 0,05'ten küçük olması modelin doğru olduğunu açıklayan bir model olduğunu göstermektedir. Katkı oranına bakıldığında $C>A>B$ olarak sıralanabilir. Aşınmaya en büyük etkinin uygulanan yük olduğu görünmektedir. Bütün sıcaklıklara incelendiğinde bulunan R^2 değerleri ve R^2_{adj} (düzeltilmiş regresyon katsayısı) 800°C de sinterlenmiş soketler hariç hepsi 1 yakın bulunmuştur.

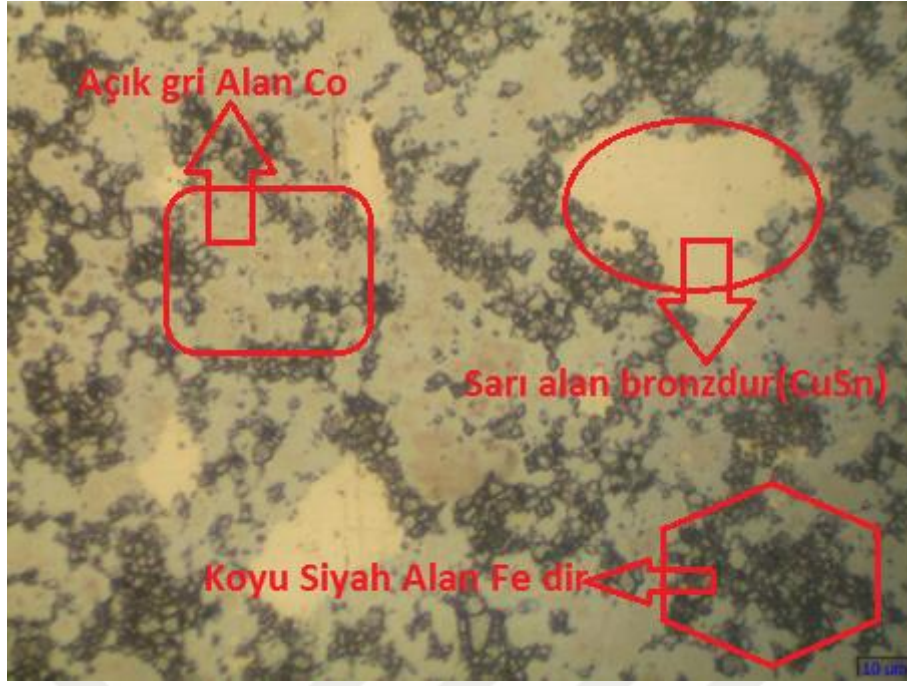
Abrasiv aşınma deneyi sonuçlarına bakıldığında, ağırlık kaybı azaldıkça S/N oranının arttığı Çizelge 5.9-5.11-5.13-5.15 görünmektedir. En düşük aşınma kaybı, S/N oranı en yüksek olanlarda elde edilmiştir. Şekil.27-28-29-30'da bu sonuçları destekleyici grafikler çıkmıştır(Sahin,Y.2005). Sıcak pres sinterlemesi yönteminin, serbest sinterlemeye göre daha pozitif verilere sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Kullanılan

zımpara çeşidine göre 400 mesh'lik zımparada meydana gelen aşınma kaybı 180 mesh'lik zımparaya göre daha az olmuştur. 180 mesh'lik zımparadaki tane boyutunun daha iri olmasından kaynaklı aşınma çok daha fazladır

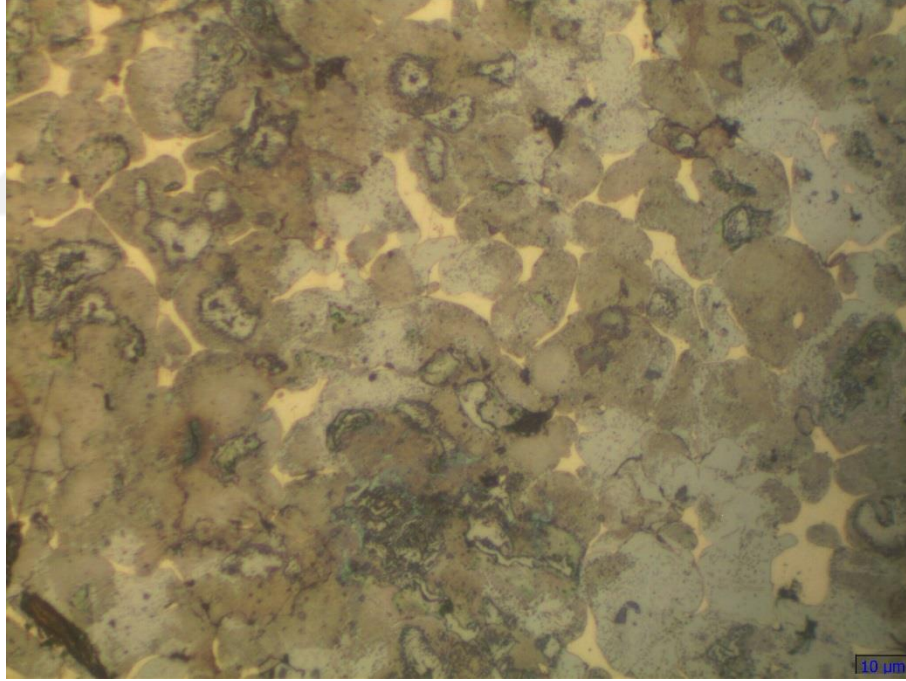
Her iki yöntemle üretilene soketlerin matris yapı içerisindeki kobaltın miktarının artmasıyla beraber soketteki aşınma sonrası kütle kaybının azaldığı görülmüştür. Sinterleme koşulları bakıldığında ise, her iki yöntemde de sıcaklık 800 °C'den 1000 °C'ye doğru arttığında aşınma kaybının azaldığı, sinterleme sıcaklığının artması ile aşınma direncinin arttığı ortaya çıkmıştır. Aşınmanın azalmasının temel nedeni kobaltın artmasıyla beraber matristeki sertliğin artışı olarak tespit edilmiştir. Aşınmış numuneler incelendiğinde her iki yöntemle üretilen % 55 Co - % 35 Fe içeren soketlerin % 15 Co - % 75 Fe içeren numunelere oranla daha az aşındığı ve aynı zamanda sıcak pres sinterlemesi ile üretilen numunelerin, serbest sinterleme ile üretilen numunelere göre aşınma direncinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca uygulanan taguchi metotla etkileşim grafikleri ve ana değişken parametreleri her bir sıcaklık için ayrı ayrı çizilmiştir. Grafiklere bakıldığında aşınma direncinin artıran en etkili parametrenin malzemenin kompozisyonu ve sinterleme sıcaklığı olduğu görülmüştür.

5.6. Optik Mikroskop Mikroyapı İncelemeleri

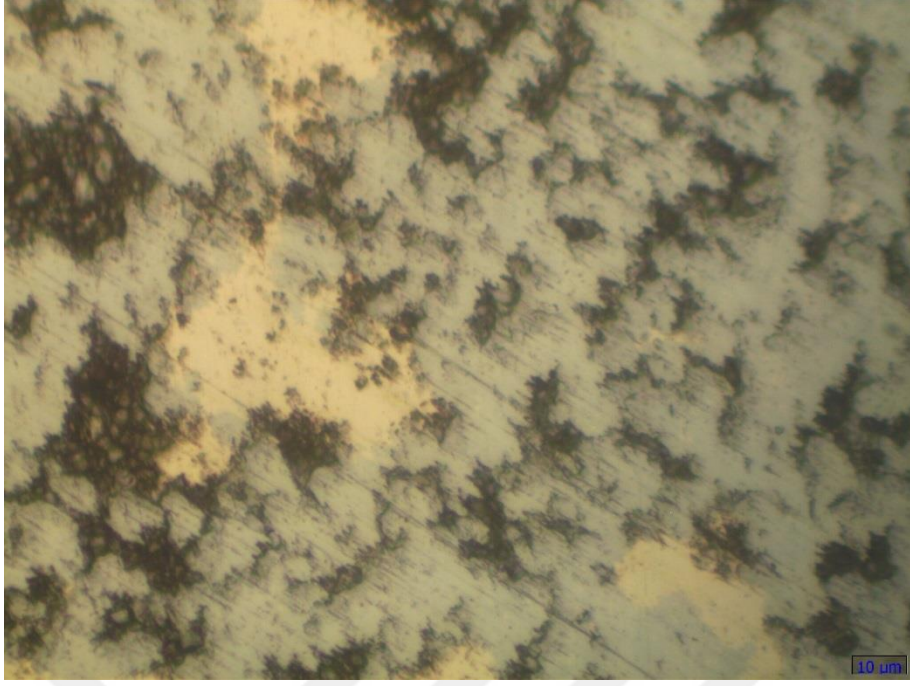
Hazırlanan deney numunelerinin sinterleme işleminden sonra mikro yapılarını belirlenmesi için metalografik inceleme yapılmıştır. Bunun için numuneler sırasıyla 180-320-600-800-1000 ve 1200 meshe kadar zımparaya tabi tutularak yüzeyleri temizlenmiş, sonrasında 3 µ ve 1 µ 'luk elmas pasta ile yüzeyleri parlatılarak, hazırlanan amonyum persülfat (20 g (NH₄)₂S₂O₃ + 80 ml damıtık su) çözeltisi ve nital ile dağlanmıştır. Yapılan dağlamalarda amonyum persülfat ile daha iyi görüntü alınabildiği için, incelemelerde amonyum persülfat kullanılmıştır. Mikro yapı analizleri Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü laboratuvarındaki optik mikroskop cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemle üretilen soketlerde en iyi sonuçlar 1000°C sinterlenmiş numunelerde alınmıştır. Bu yüzden 1000°C de numunelerde Mikro Yapı incelemeleri yapılmıştır. Amonyum persülfat ayırıcı ile yapılan dağlama sonrasındaki ışık mikroskobu görüntüsü verilmiştir.



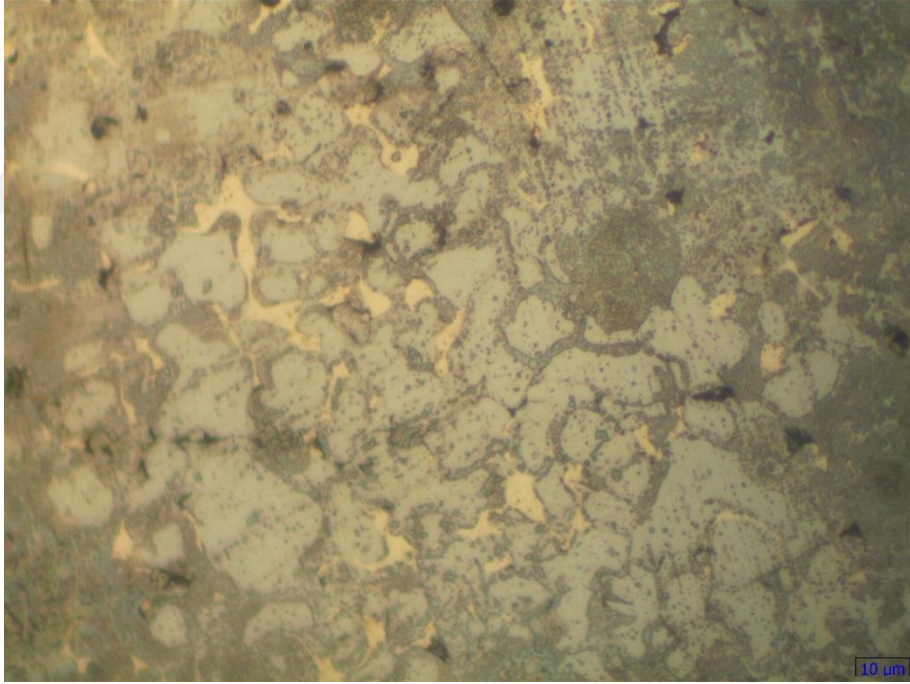
Şekil 5.31. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen M₁ Kompozisyona Sahip ve 1000°C’de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafi.



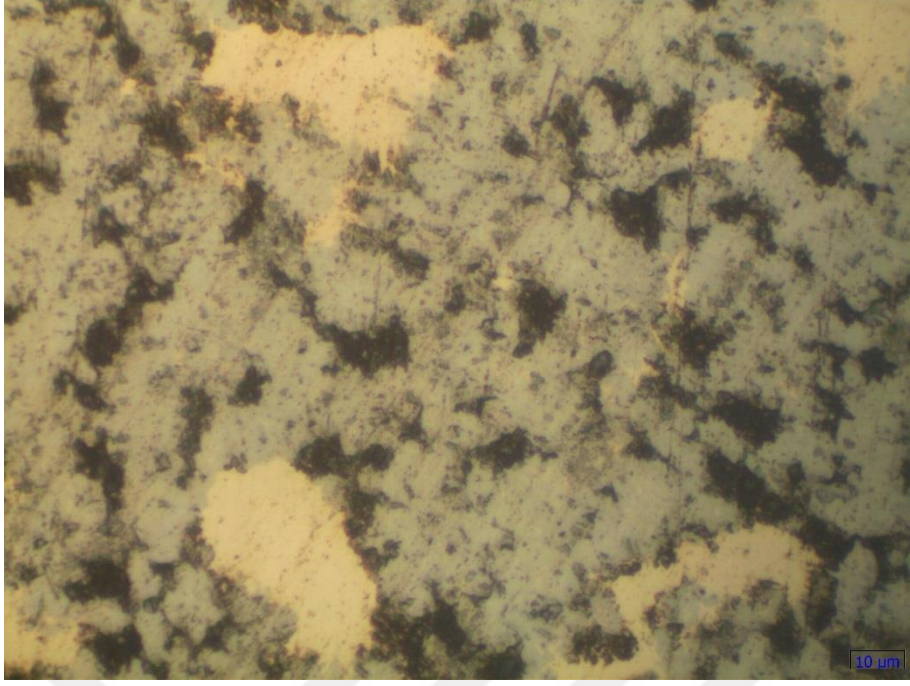
Şekil 5.32. Serbest Sinterlenmiş M₁ Kompozisyona Sahip ve 1000°C’de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafi.



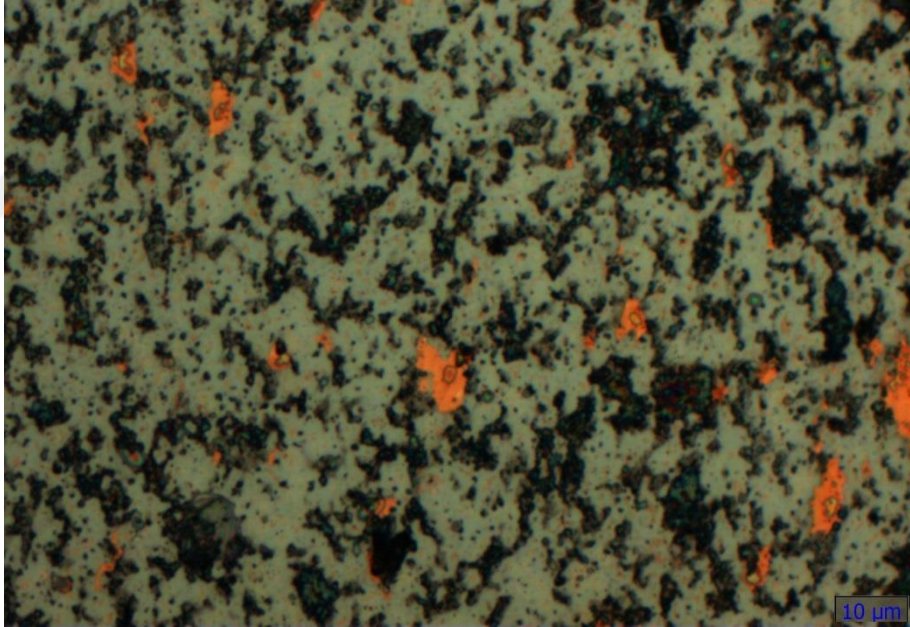
Şekil 5.33. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen M_2 Kompozisyona Sahip ve $1000^{\circ}C$ 'de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafı.



Şekil 5.34. Serbest Sinterleme İle Üretilen M_2 Kompozisyona Sahip Ve $1000^{\circ}C$ 'de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafı.



Şekil 5.35. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen M_3 Kompozisyona Sahip ve $1000^{\circ}C$ 'de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafi.



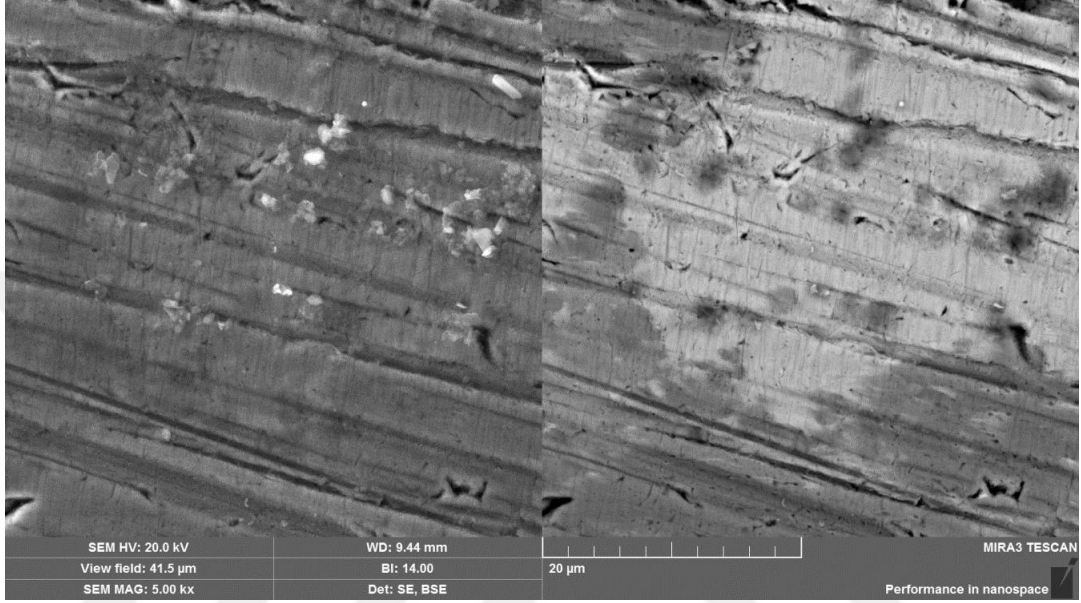
Şekil 5.36. Serbest Sinterleme İle Üretilen M_3 Kompozisyona Sahip ve $1000^{\circ}C$ 'de Sinterlenmiş Soketlerin Dağlanmış Mikroyapı Fotoğrafi

Açık sarı renkli faz bronzdur. Açık gri renkli bölge ana matrix cobalt ve koyu olan yerler Fe fazının olduğu bölgedir. Mikro yapı fotoğrafları incelendiğinde sıcak pres sinterlemesi olan malzemelerde daha büyük boyutta bronzlar olduğu, serbest sinterlemede ise bronzların daha fazla dağılarak küçük alanlar kapladığı gözlenmiştir. Bunu sebebi ise sıcak presleme sırasında sinterlemenin beraber yapılmasından kaynaklı bronz kaçacak yer bulamamış ve bulunduğu yere hapsolmuş fakat serbest

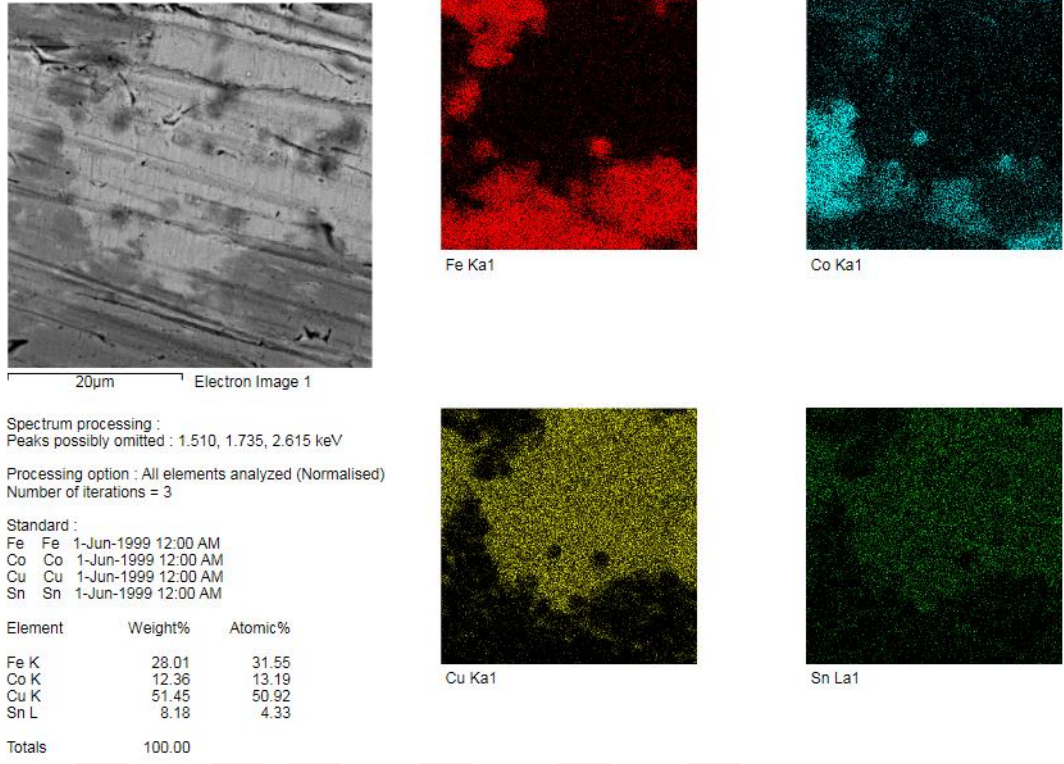
sinterlemede presleme işlemleri soğuk yapıldığından dolayı daha çok boşluk kaldığı için bronzun rahatlıkla dağılabildiği mikro yapı fotoğraflarında görünmektedir.

5.7. Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM) İnceleme

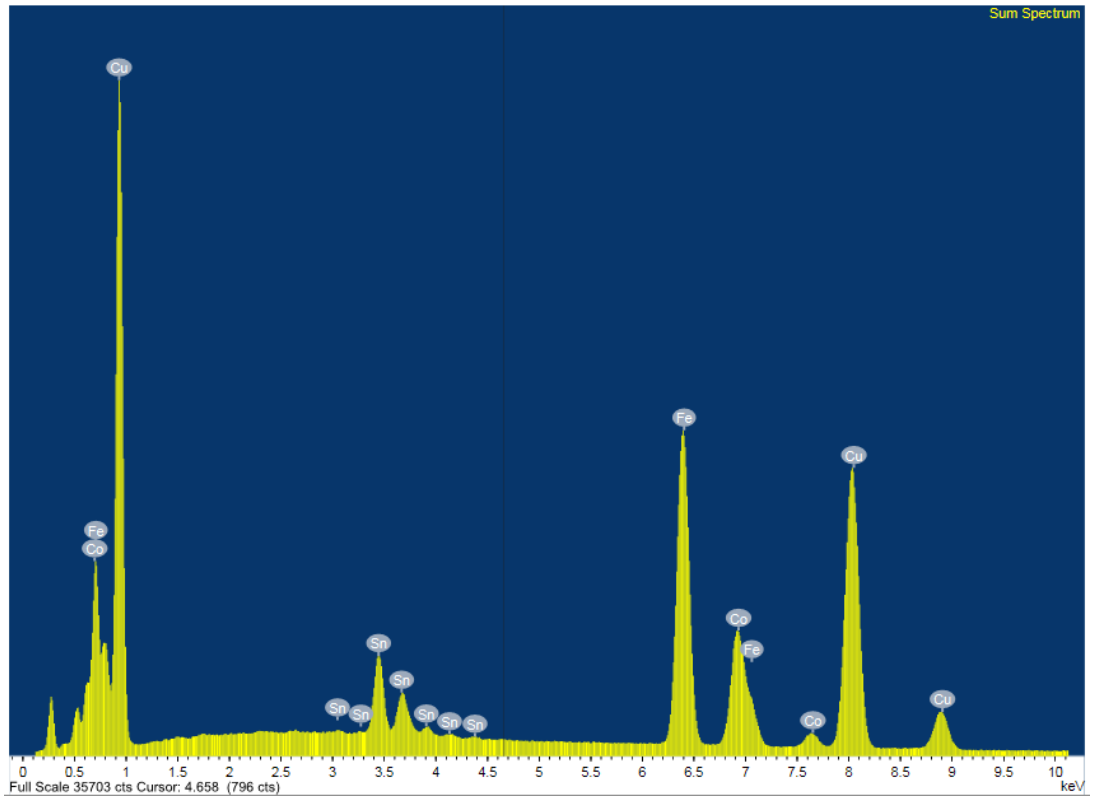
Üretilen soketler porozite ve kompozisyondaki malzeme dağılımını görebilmek üzere SEM analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler için SEM analizleri Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama merkezinde yapılmıştır.



Şekil 5.37. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Yapılmış Soket İçin (M_1 1000°C), SEM Görüntüsü.

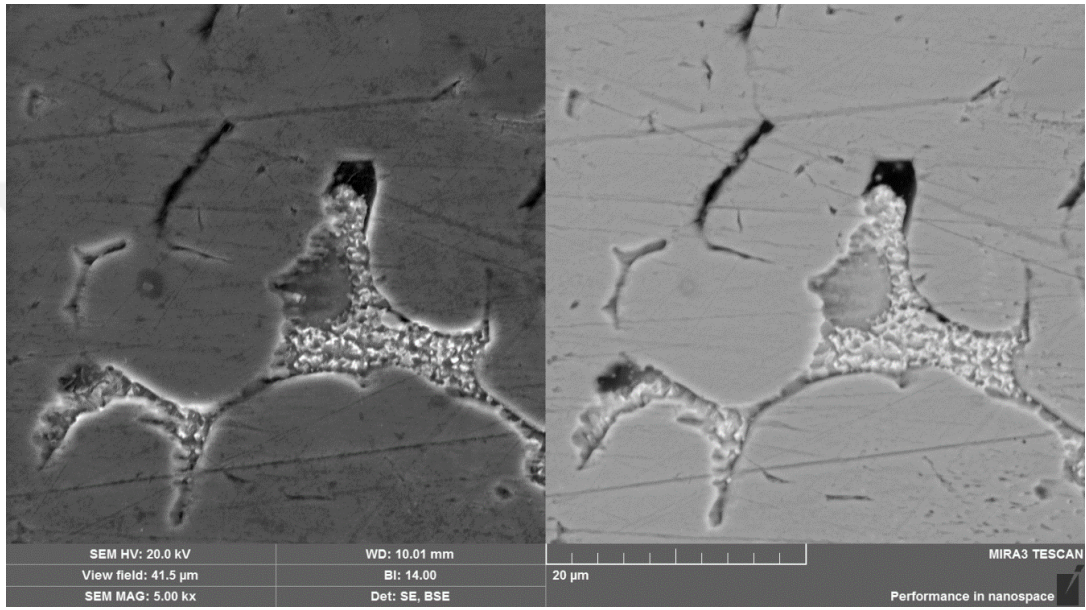


Şekil 5.38. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_1 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler

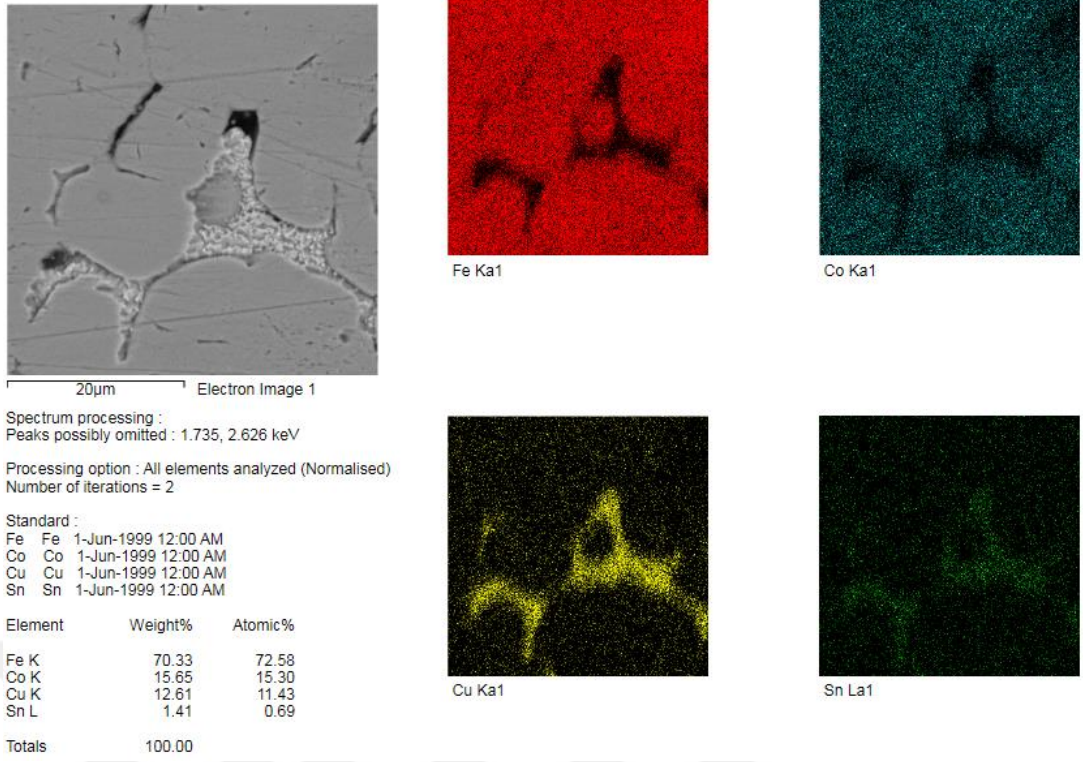


Şekil 5.39. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_1 1000°C), EDX Analiz

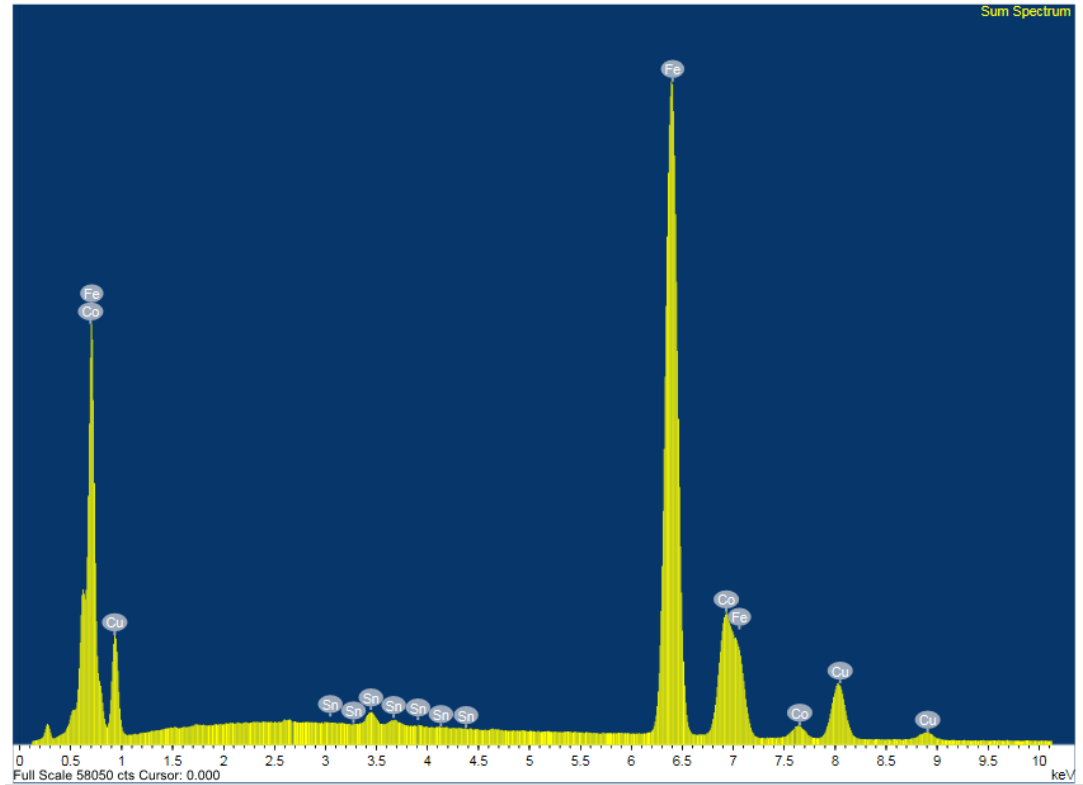
Sıcak presleme sinterlemesi ile üretilmiş M_1 kompozisyona sahip ve 1000°C de sinterlenmiş numunenin yapılan incelemelere göre kobalt ve bakırın birlikte görüldüğü yerler olduğu, bakırdan çok kalayın hızlı sıvı faz oluşumu için demirle ara yüzeye kaçtığı görülmüştür. Benzer şekilde yüksek presleme basıncından dolayı yoğunlaşmanın yüksek olduğu (%99)'dan büyük ve çok düşük miktarda bölgesel gözenekler bulunduğu görülmüştür. Sertliklerin düşük çıkmasının sebebi düşük kobalt miktarı ve dolayısıyla tane sınırlarında daha düşük sıvı faz imkanı sağlayan CuSn alaşımı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.40. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_1 1000°C), SEM görüntüsü.

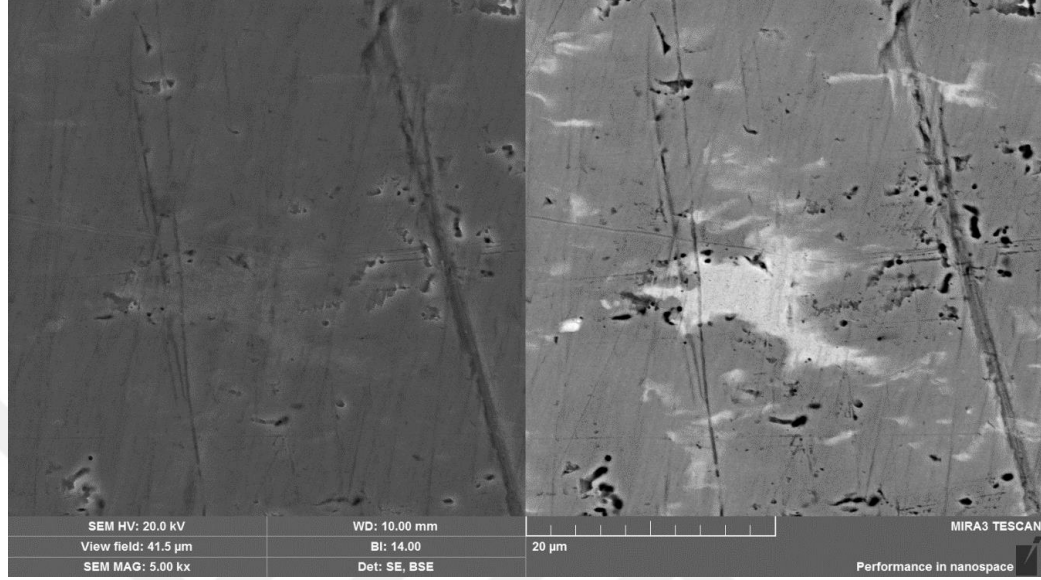


Şekil 5.41. Serbest Sinterleme Yapılmış Soket İçin (M_1 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler

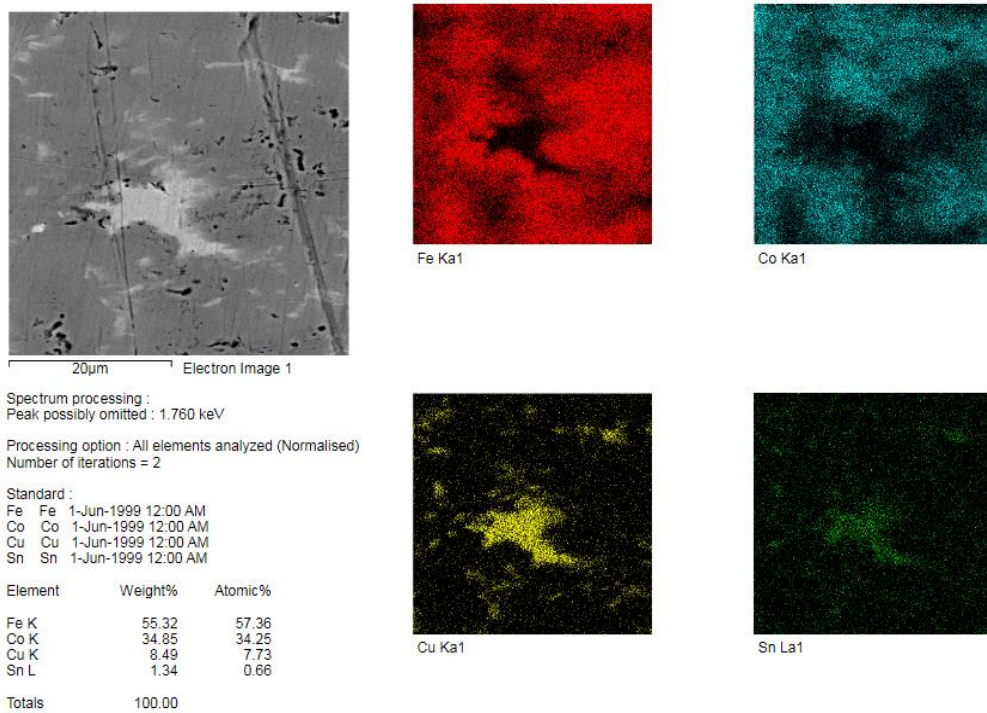


Şekil 5.42. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_1 1000°C), EDX Analizi

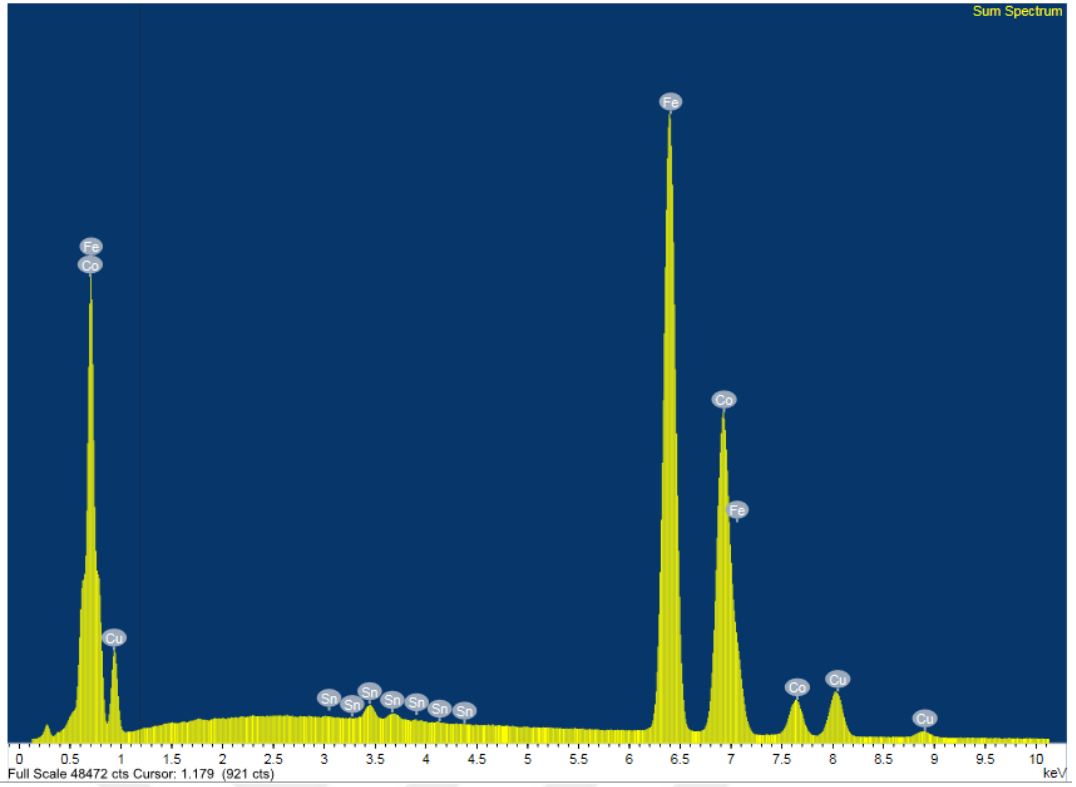
M₁ soketinde ana faz Fe-Co ve tane sınırlarında Cu ve Sn olmakla birlikte EDX analizinde görüldüğü gibi Co ve Cu arasında tam bir etkileşim olduğu, çözünürlük sınırlarında belli olmaktadır. Ayrıca eklenen bronz tozundaki kalayında Co ve Fe varlığında ayrıştığı düşünülmektedir.



Şekil 5.43. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M₂ 1000°C),

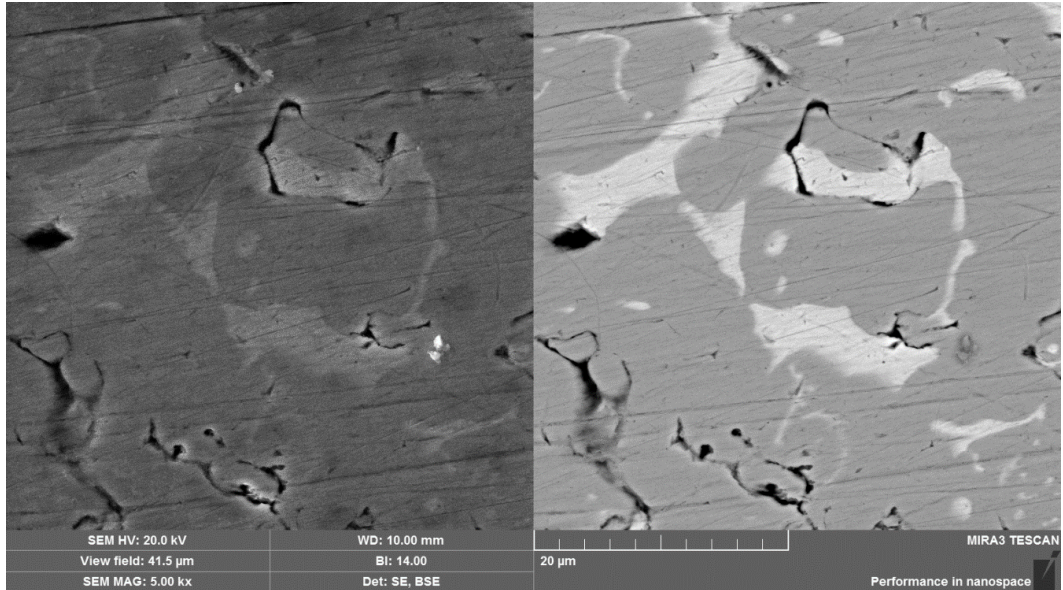


Şekil 5.44. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M₂ 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler

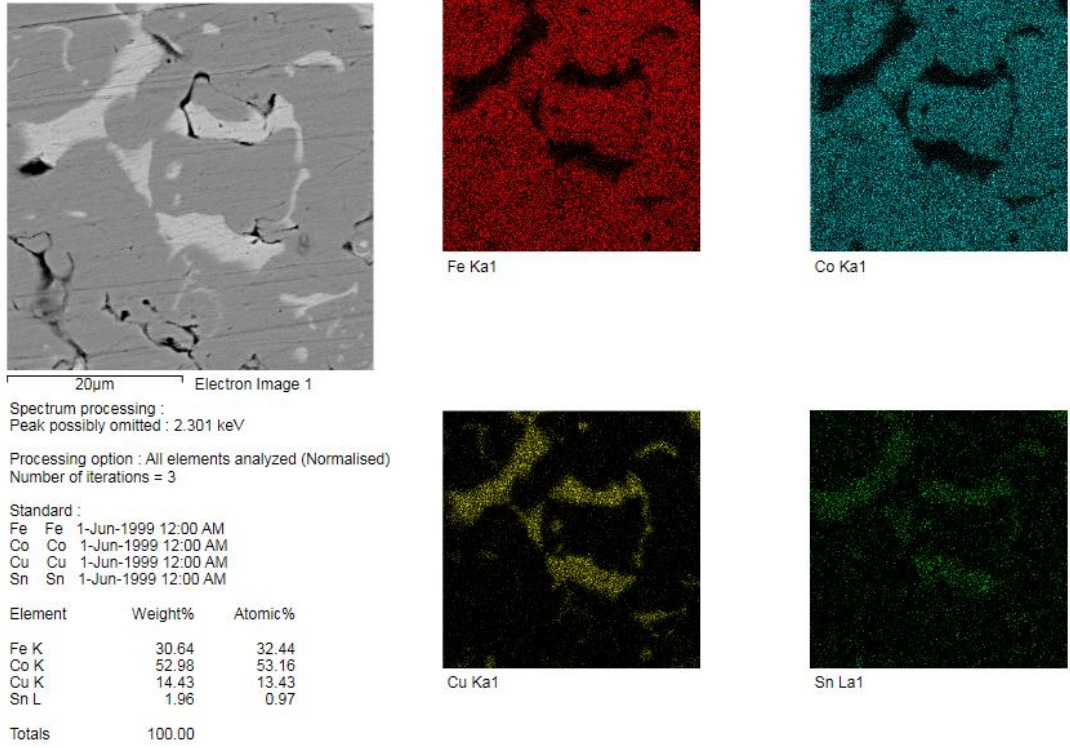


Şekil 5.45. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_2 1000°C), EDX Analizi

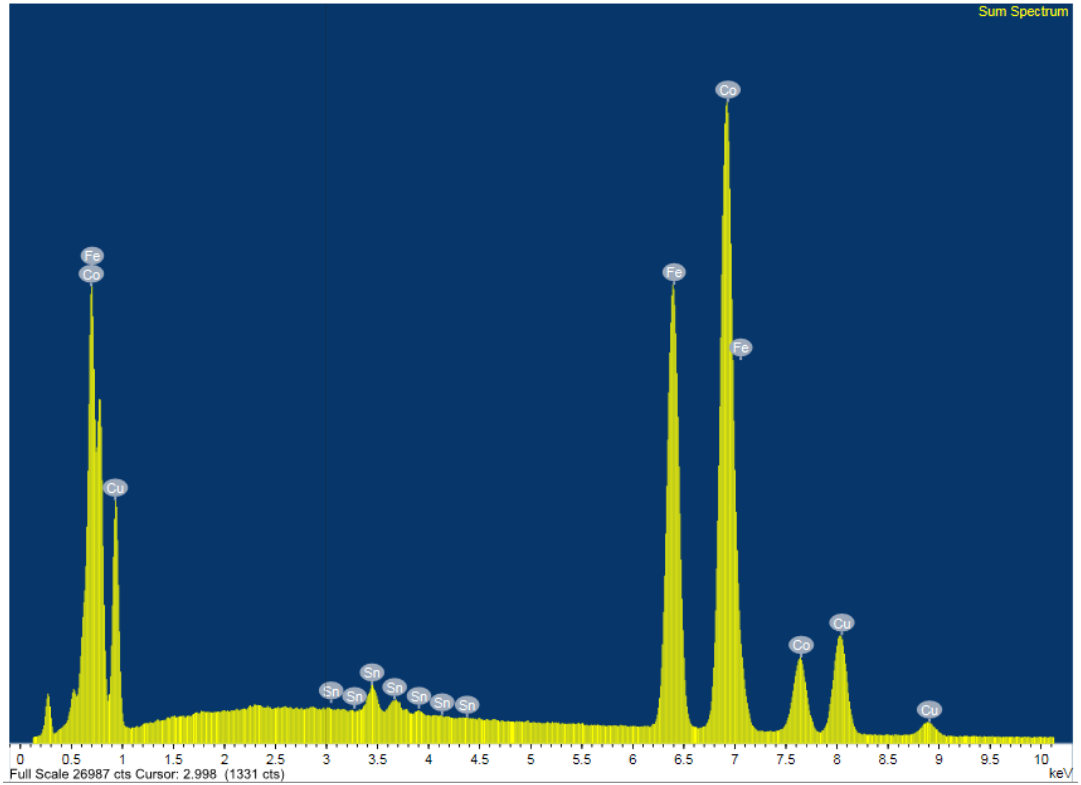
Sıcak pres sinterlemesi ile üretilmiş M_2 -de bölgesel bakır iyonları görmekle birlikte siyah gri ayırımında birkaç mikron kalınlığında bakır kalay alaşımı tane sınırlarında görülmektedir. Sinterleme sıcaklığı aynı olmasına rağmen, yüksek basınçtan dolayı tane aralarına girmeye zorlanan bronz alaşımının tane büyümesini durduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.46. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_2 1000°C), SEM Görüntüsü



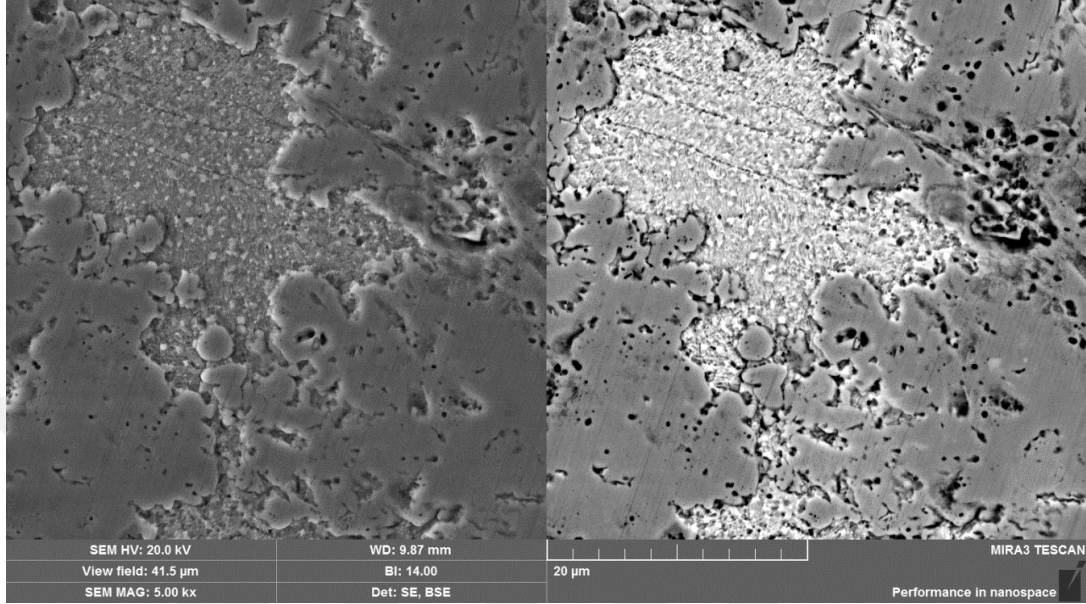
Şekil 5.47. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_2 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler



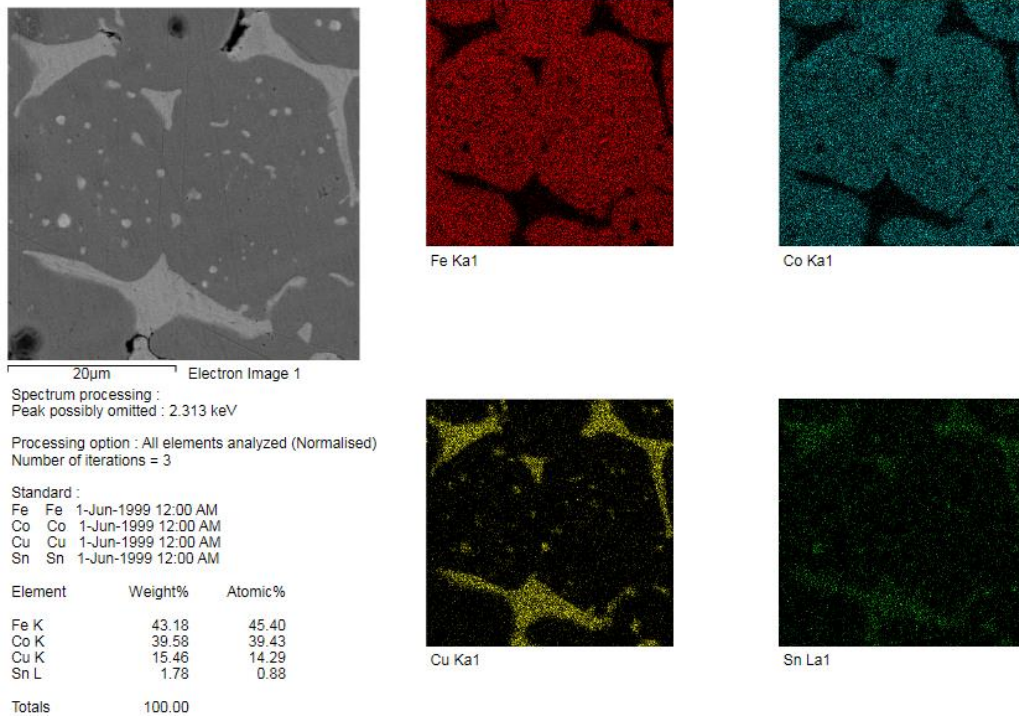
Şekil 5.48. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_2 1000°C), EDX Analizi

Serbest sinterlenmiş M_2 soketin incelenmesinde sıvı fazın Fe-Co arayüzeyi daha iyi

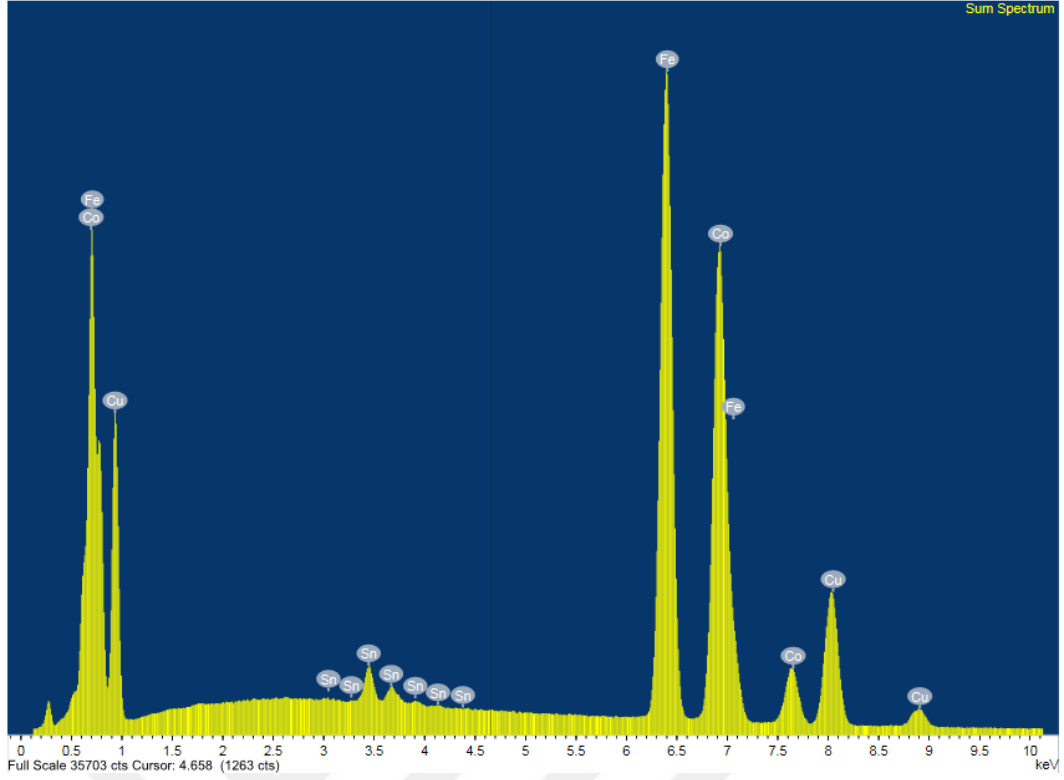
görülmektedir. Sıvı faz miktarının artmış gibi görünmesinin sebebi hemen hemen tüm tane sınırlarının (Cu-Sn) bronzun tam ıslatmış olması ve arayüzey bütünlüğünün daha net görünmesidir. Bununla birlikte aşırı tane büyümesi sebebiyle yer yer büyük gözenek grupları oluştuğu ve tanelerin hızlı büyüdüğü görülmektedir.



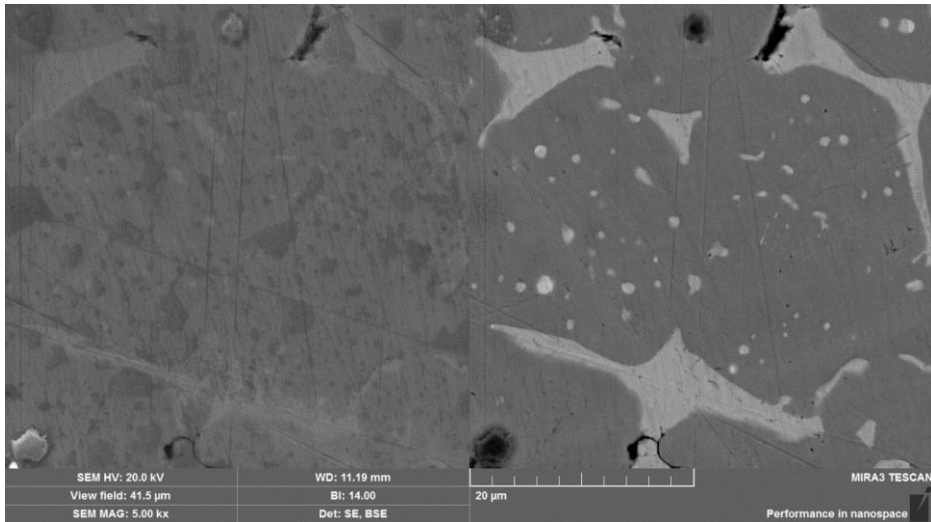
Şekil 5.49. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_3 1000°C), SEM Görüntüsü



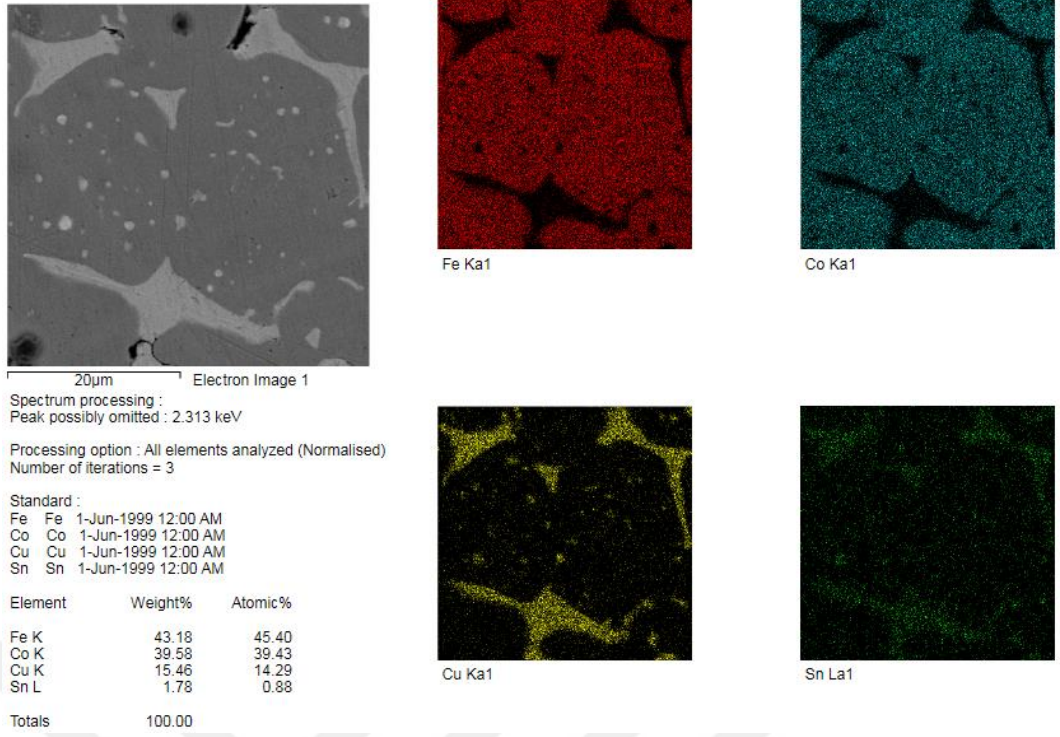
Şekil 5.50. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_3 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler



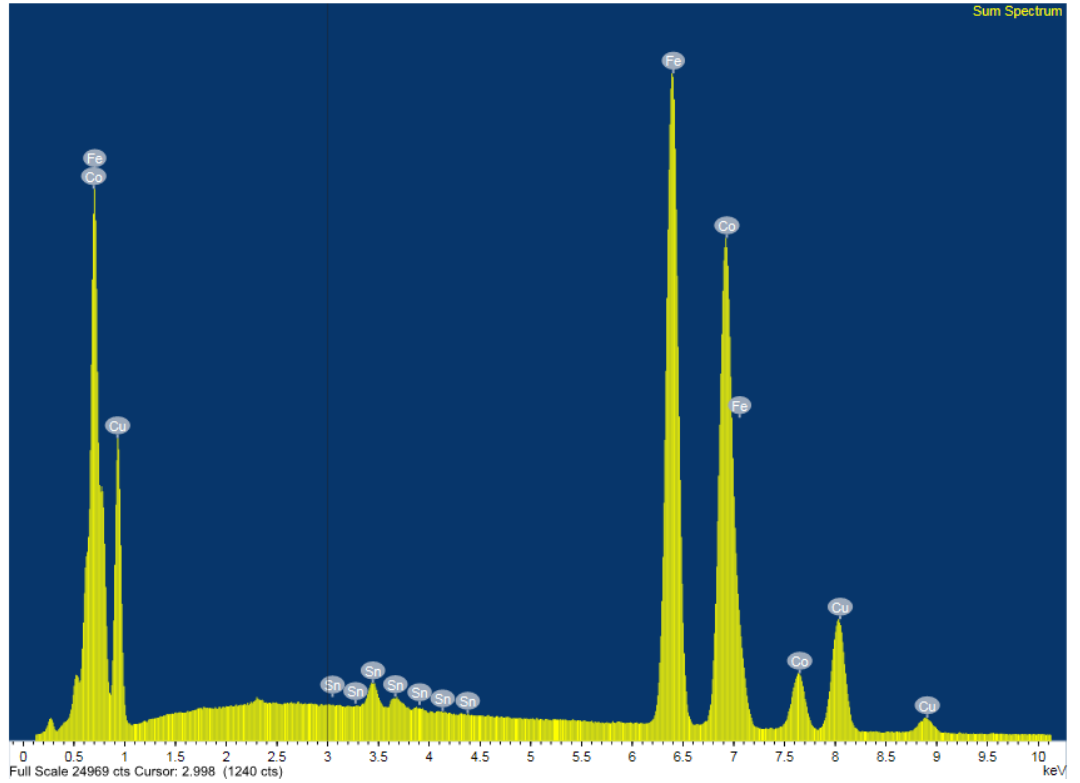
Şekil 5.51. Sıcak Pres Sinterlemesi Yapılmış Soket İçin (M_3 1000°C), EDX Analizi M_3 soketinde artan kobalt miktarıyla birlikte (Cu-Sn) bronzun kobalt içerisindeki çözünürlüğünün olmasından dolayı bakır tabanlı odacıklar büyümüş ve yapıyla uyumlu olmasının yanında, mukavemet attırıcı yeralan katı eriyik şeklinde Co (Cu) alaşımın oluşturduğu düşünülmektedir. EDX analizinde görüldüğü üzere arta bölgede CuSn alaşımı ile birlikte Co elementinin görüldüğü ve içerisinde de düşük miktarda olsa CuSn vardır.



Şekil 5.52. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M_3 1000°C), SEM görüntüsü.



Şekil 5.53. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M₃ 1000°C), SEM Elementel Haritalama Analizine Ait Görüntüler

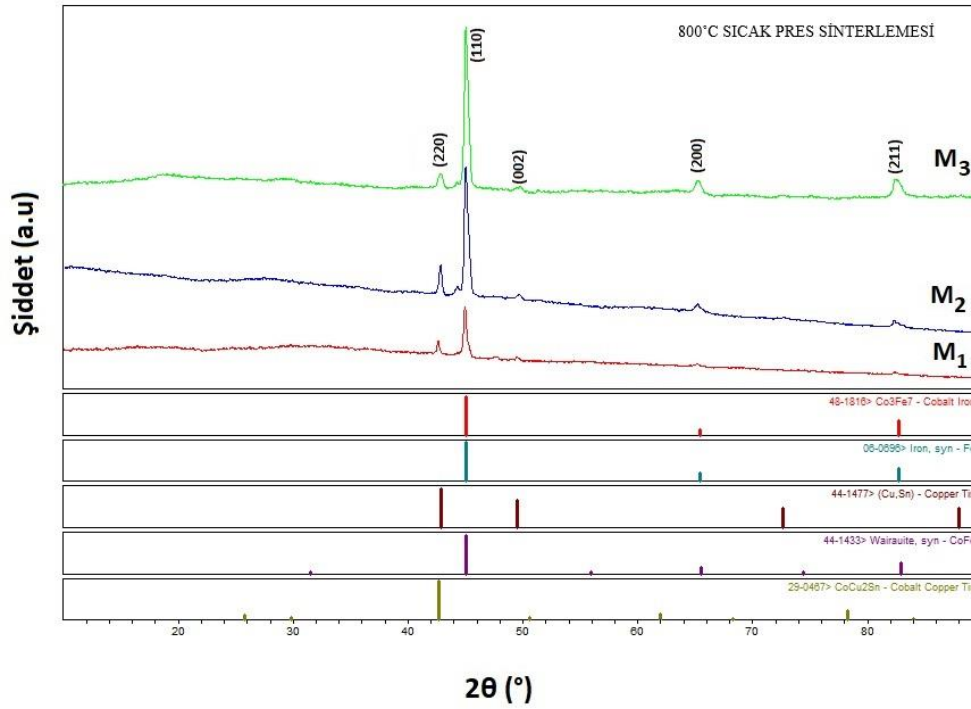


Şekil 5.54. Serbest Sinterlenmiş Preslenmiş Soket İçin (M₃ 1000°C), EDX Analizi

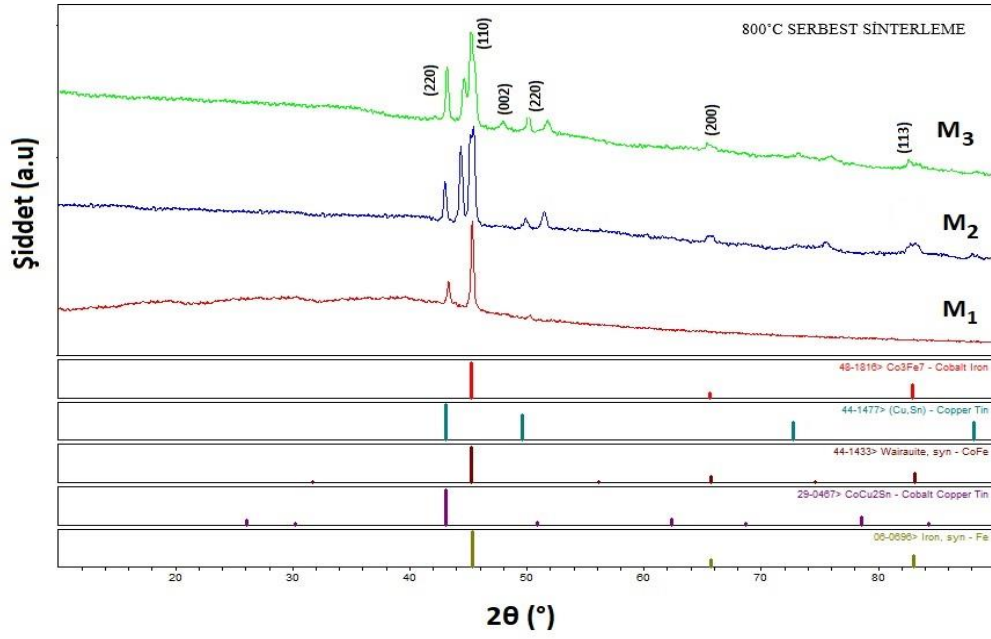
Serbest sinterleme ile üretilmiş M_3 soketlerinde kobalt miktarının artışıyla yine tane sınırlarında gözenekleri tamamen dolduracak şekilde (Cu-Sn) bronzun varlığı belirlenmiştir. Tane sınırlarında çizgisel oluşumun üzerine tane içlerinde bronz penetrasyonunun görünmesi artan kobaltın etkisiyle, bronzun katıdaki çözünürlüğünün artması ve tanelerin hızlı büyümesine sebep olmuş olabilir.

5.8. X-Işınları Difraktometresi (XRD) Analizleri

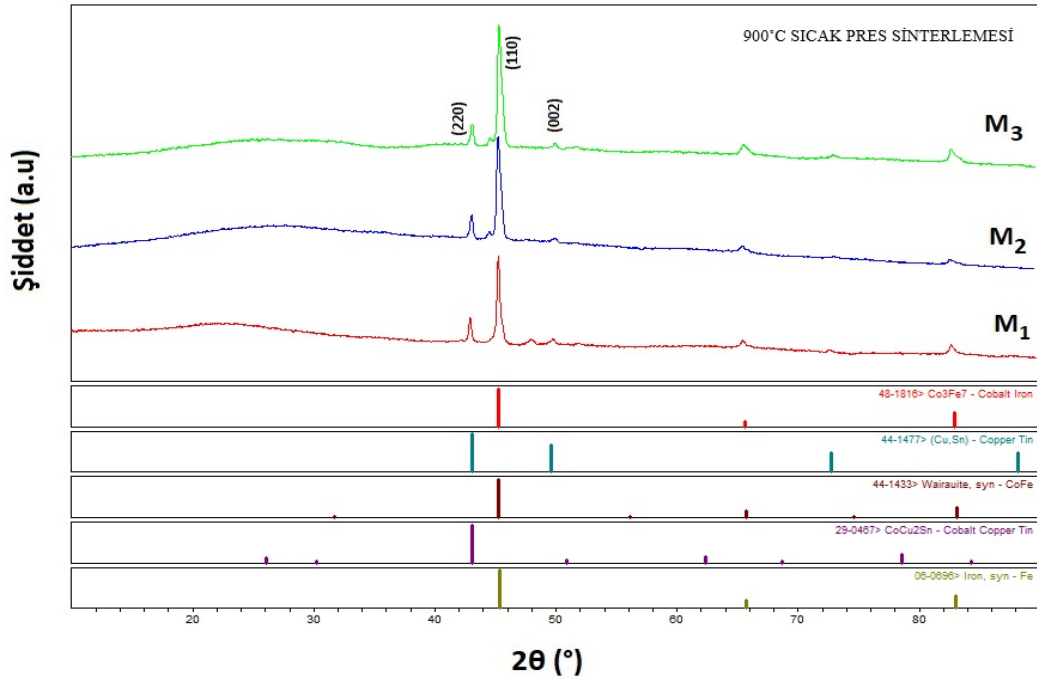
Numunelerin XRD analizleri Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik fakültesinde yapılmıştır. Yüzlük piklere bakıldığında sıcak pres sinterlemesi ile olan piklerin, serbest sinterleme olanlardan daha düşük olduğu tespit edildi, bu sonuçta bize sıcak presleme sinterlemesinin tane boyutunun daha düşük olduğunu ve sonuç olarak sertlik değerliklerinin niçin daha fazla olduğunu ispatlamıştır.



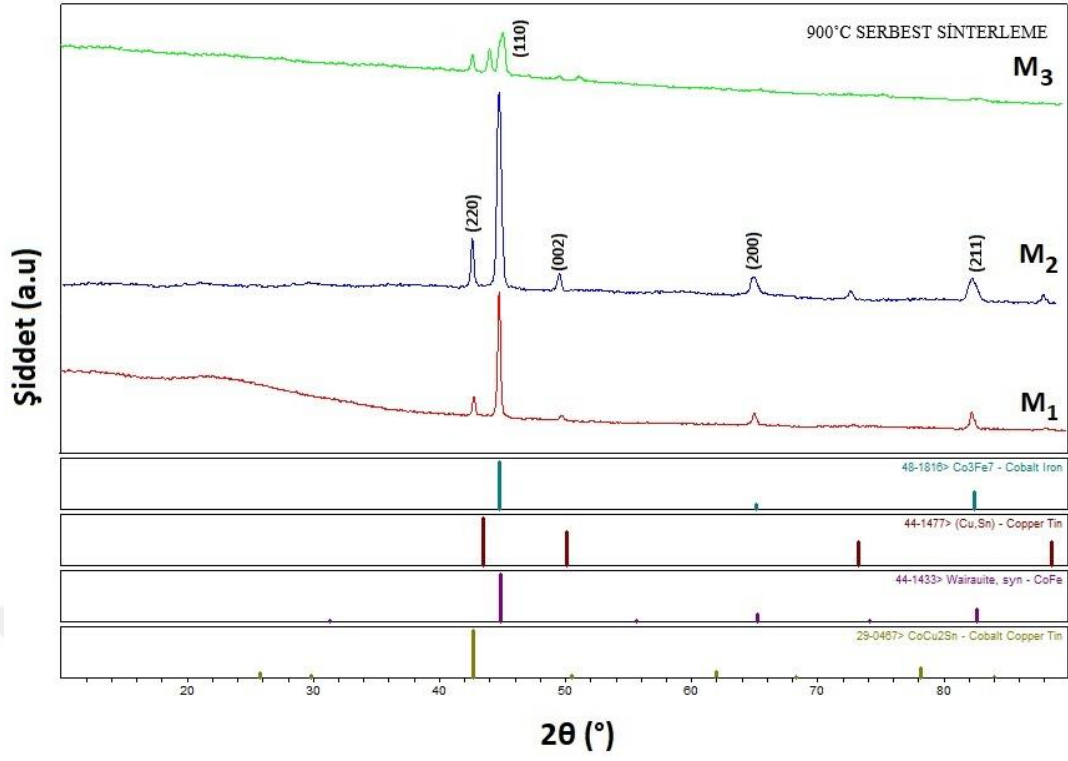
Şekil 5.55. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 800°C de Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu.



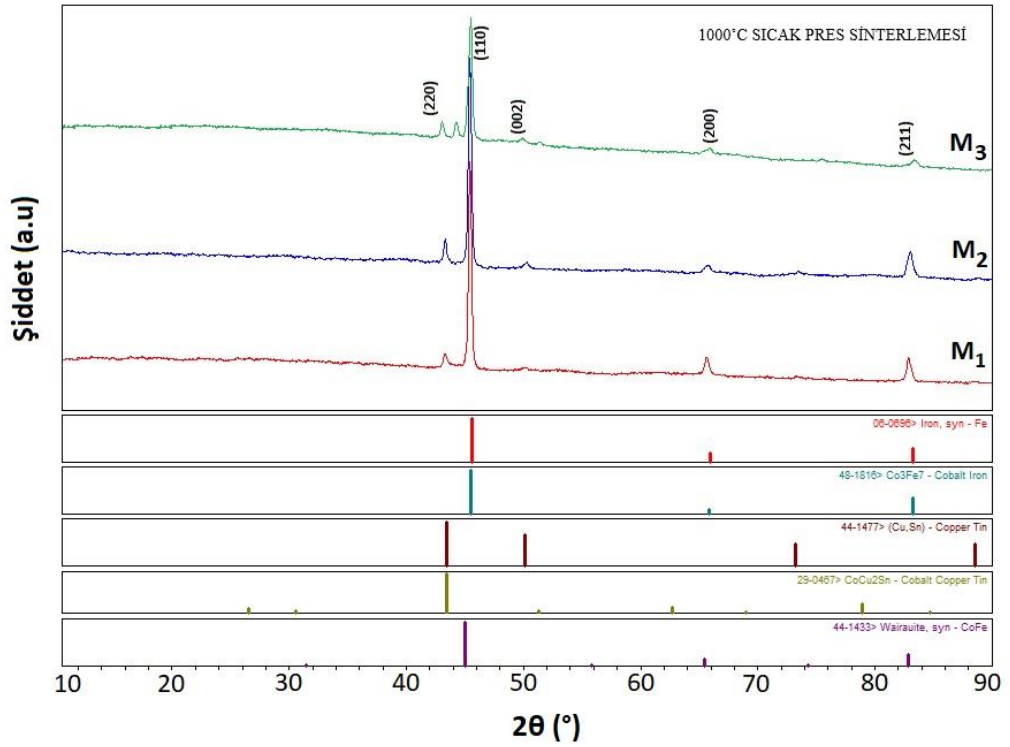
Şekil 5.56. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 800°C de Sinterlenen Soketlerin XRD spektrumu



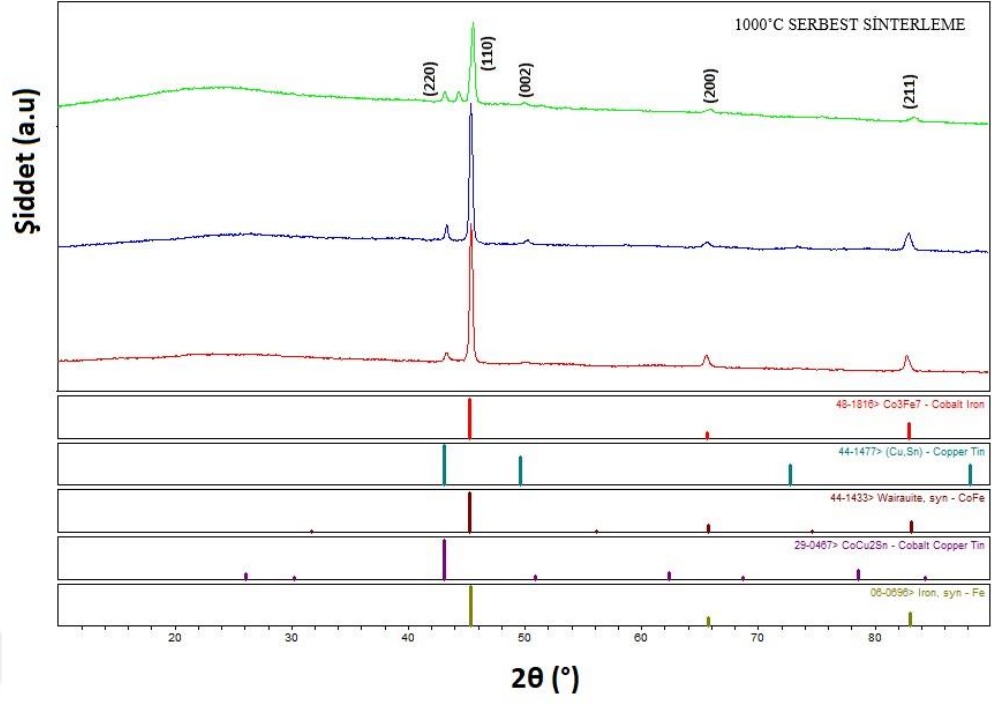
Şekil 5.57. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 900°C de Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu



Şekil 5.58. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 900°C de Sinterlenen Soketlerin XRD spektrumu



Şekil 5.59. Sıcak Pres Sinterlemesi İle Üretilen Ve 1000°C de Sinterlenen Soketlerin XRD Spektrumu.



Şekil 5.60. Serbest Sinterleme İle Üretilen Ve 1000°C de Sinterlenen Soketlerin XRD spektrumu

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Toz metalürjisiyle üretilen soketlerin matriks içerisindeki Fe-Co oranlarını değiştirmek, serbest sinterleme ve sıcak pres sinterlemesi gibi iki farklı üretim tekniğinin kullanılarak üretilmesi ve sinterleme sıcaklıklarının değiştirilmesi suretiyle yapılan deneysel çalışmanın sonuçları aşağıda belirtildiği gibidir.

1-) Soket matriksindeki Fe-Co değişimi soketin özellikleri üzerinde direkt olarak etkisi olduğu saptanmıştır.

2-) Elde edilen mikro sertlik verilerine göre, her iki yöntemle üretilmiş soketlerin matriksindeki Co oranının artışının ve buna bağlı olarak Fe oranının düşüşünün soketin sertliğini arttırdığı görülmüştür.

3-) Sıcak pres sinterlemesi ile üretilen soketlerin sertliğin, serbest sinterleme ile üretilen soketlerin sertliğinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

4-) Her iki yöntemle üretilen soketlerin mikrosertlik ölçümlerinde sinterleme sıcaklığına bağlı olarak belirgin bir artış olduğu gözlemlenmiştir.

5-) Her iki yöntemle üretilen soketlerde de, 800°C’de sinterlenen soketlerin 900°C ve 1000°C’de sinterlenenlere göre mikro sertlik değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

6-) Her iki yöntemle üretilen soketlerin en iyi sertlik değerine 1000°C’de sinterlenen soketlerde olduğu tespit edilmiştir.

7-) Üretilen soketlerden en iyi sertlik değeri, sıcak pres sinterlemesi ile üretilen ve 1000°C’de sinterlenen Fe oranı % 35 ve Co oranı % 55 olan soketlerde tespit edilmiştir.

8-) Her iki yöntemle üretilen soketlerin ortalama makro-sertlik sonuçlarına bakıldığında demir miktarının artmasıyla matriksde sertliğin bir miktar düştüğü fakat kobalt miktarının artması ile sertlik değerlerinde bir artış meydana geldiği görülmüştür.

9-) Abrasif aşınma deneyi verileri incelendiğinde sıcak pres sinterlemesi ile üretilen soketlerin aşınma sonrası kütle kaybının, serbest sinterleme ile üretilen soketlere göre

daha az olduğu tespit edilmiştir.

10-) Her iki yöntemle üretilen soketlerin abresif aşınma deneyi sonuçları incelendiğinde, matriks yapı içerisindeki kobaltın artmasıyla beraber soketteki aşınma sonrası kütle kaybının azaldığı görülmüştür.

11-) Her iki yöntemle üretilen soketlerin sinterleme şartları göz önüne alındığında sıcaklık 800 °C'den 1000 °C'ye doğru arttığında aşınma kaybının azaldığı ve aşınma direncinin arttığı tespit edilmiştir.

12-) Her iki yöntemle üretilen soketlerin abrasif aşınma sonuçları incelendiğinde kobaltın artmasıyla beraber matriksdeki sertliğin artışı ve sonuç olarak aşınma dayanımının arttığı tespit edilmiştir.

13-) Abrasive aşınmada kullanılan zımpara çeşidine göre 400 mesh'lik zımparada meydana gelen aşınma kaybı 180 mesh'lik zımparaya göre daha az olmuştur. 180 mesh'lik zımparadaki tane boyutunun daha iri olmasından kaynaklı aşınma çok daha fazladır.

14-) Üretilene soketlerden en iyi aşınma direnci, sıcak pres sinterlemesi ile üretilen ve 1000°C'de sinterlenen Fe oranı % 35 ve Co oranı % 55 olan soketlerde tespit edilmiştir.

15-)Sıcak pres sinterlemesi ile yapılan soketlerin karakteristik özellikleri, serbest sinterleme ile üretilen soketlere göre daha iyidir.

KAYNAKLAR

- Bakkaloğlu, A.** (2000). Takım eliklerinin Isıl İşlemleri. *Metal Dđnyası*, 81.
- Conkar, F., E.** (2012). Elmas Kesiciler İle Doğal Taşların Delinmesi İşleminde Kesme Performansının İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*(Yüksek Lisans Tezi), Afyon.
- elik, E.** (2009). Elmaslı Kesici Takımlarda Alternatif Bağlayıcılar. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*(Doktora Tezi), Elazığ.
- Ekin, S.** (2012) Doğal taş kesmede kullanılan elmas takımların serbest sinterlenmesi ve karakterizasyonu. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*(Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Erdal, L.** (2006). Baryum hegza ferritin sıvı faz sinterlemesi ve mikroyapı incelemeleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*(Yüksek Lisans Tezi), Ankara.
- GE Superabrasives** (1991). *MBS diamond products for sawing and drilling applications. Product information brochure*, GES 91-966.
- German, R.M.** (1996). Powder Metallurgy of Iron and Steel. *MPIF*, Princeton, NJ
- Hsieh, Y. Z. Lin, S. T.** (2001). Diamond tool bits with iron alloys as the binding matrices. *Materials Chemistry and Physics*, 72, 121– 125.
- Kahraman, Y.** (2014). Elmaslı Kesicilerde Kullanılan Matriks Malzemelerinin Serbest Sinterlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*(Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- Konsanty, J.** (2005). Powder Metallurgy Diamond Tools. *First Edition*, Amsterdam, Elsevier.
- Kulaksız, S.** (2007). Doğaltaş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri. *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları*, No: 126, 624.
- Lux, B. Haubner R.** (1992). Diamond for tool in and abrasives. *European Diamond Technology for the 90s, Diamond and Related Materials*, 1035- 1047.
- Robertson J.** (2002). Diamond-like amorphous carbon. *Material Science And Engineering R.* 37, 129-281.
- Tönshoff, H. K., Hilmann-Apmann, H.** (2002). Diamond tools for wire sawing metal components. *Diamond and Related Materials*, 11, 742–748.
- Selvi, E.** (2013). Doğal Taş Kesmede Kullanılan Elmas Takımların Serbest Sinterlenmesi Ve Karakterizasyonu. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*(Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.

Sipahi, M. L. (2016). Toz Metalurjisi Yöntemi İle $AlSi_{12}-CuAl_2$ Metal Matrisli Kompozit Üretimi Ve $CuAl_2$ Oranının Özelliklere Etkisi. *Yıldız Teknik Fen Bilimleri Enstitüsü*(Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.

Van Doorslaer, T. (1999)., Coating of abrasive grains and the granulation of metal powders. *In Proceedings of International Workshop on Diamond Tool Production*, 8(10).

Wang, H. Zhang, R., Hu, X., Wang, C. Ve Huang, Y., (2008). Characterization Of A Powder Metallurgy Sic/Cu–Al. Composite, *Journal Of Materials Processing Technology*, 197.

Gürçay, E. (2005), Elmas Soketlerin Toz Metalürjisi Yöntemi İle Üretiminde Kobalt-Bronz Oranının Soket Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri*(Yüksek Lisans Tezi), Kütahya, 56s

Janusz Konstanty, Powder Metallurgy Diamond Tools

Taylan, D. (2009) “Taguchi deney tasarımı uygulaması”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*(Yüksek Lisans Tezi), Isparta, 15-42 (2009).

Şirvancı, M. (1997) “Kalite İçin Deney Tasarımı Taguchi Yaklaşımı”. *Literatür Yayıncılık*, İstanbul, 1-20

Subaşı, A. (2010). Yanıt Yüzey Yöntemi Yardımı İle Isı Değiştirici Optimizasyonu. *Erzurum: Atatürk Üniversitesi*.

Günel, A. (2003). Regresyon Denkleminin Başarısını Ölçmede Kullanılan Belirleme Katsayısı Ve Kritiği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 133-140.

Sahin, Y. (2005) Optimization of testing parameters on the wear behaviour of metal matrix composites based on the Taguchi method. *Materials & Science Engineering*, A 408 (2005) 1–8.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

<i>Adı Soyadı</i>	İBRAHİM IŞIK
<i>Doğum Yeri</i>	ERZİNCAN
<i>Doğum Tarihi</i>	22.11.1983

Eğitim Durumu

<i>Lise</i>	Erzincan Lisesi	2001
<i>Lisans</i>	Cumhuriyet Üniversitesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	2006
<i>Yüksek Lisans</i>	Cumhuriyet Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü / Malzeme Ana Bilim Dalı	2019
<i>Yabancı Dil</i>	İngilizce: Okuma (Çok iyi), Yazma (İyi), Konuşma (Orta)	

İş Deneyimi

<i>Stajlar</i>	Eti Alüminyum A.Ş.	2004
	Estaş Eksantrik Sanayi ve Ticaret A.Ş.	2005
<i>Projeler</i>		
<i>Çalıştığı Kurumlar</i>	Kayseri Döküm Sanayi / Vardiye şefi	2007-2008
	Vossloh Rail Technologies Ltd. Şti./ Kalite Müdürü	2008-2015
	Emi Gıda Yemekçilik Turizm İnşaat San. Tic. Ltd. Şti /İşletme Sahibi	2015-

İletişim

<i>e-Posta Adresi</i>	ibrahim_isik83@yahoo.com.tr