

**SAVURMA DÖKÜM YÖNTEMİ İLE M₇C₃ KARBÜR
TAKVİYELİ KÜLTİVATÖR UÇ DEMİRİ ÜRETİMİ**

Mustafa ÖZKAYA
Yüksek Lisans Tezi
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim Savaş
DALMIŞ
2016

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAVURMA DÖKÜM YÖNTEMİ İLE M₇C₃ KARBÜR TAKVİYELİ
KÜLTİVATÖR UÇ DEMİRİ ÜRETİMİ**

Mustafa ÖZKAYA

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. İbrahim SAVAŞ DALMIŞ

TEKİRDAĞ-2016

Her hakkı saklıdır.

Yrd. Doç. Dr. İbrahim Savaş DALMIŞ danışmanlığında, Mustafa ÖZKAYA tarafından hazırlanan “SAVURMA DÖKÜM YÖNTEMİ İLE M7C3 KARBÜR TAKVİYELİ KÜLTİVATÖR UÇ DEMİRİ ÜRETİMİ” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Serdar Osman YILMAZ

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim Savaş DALMIŞ

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Sait Özmen ERUSLU

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Aytaç MORALAR

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Sencer Süreyya KARABEYOĞLU

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SAVURMA DÖKÜM YÖNTEMİ İLE M_7C_3 KARBÜR TAKVİYELİ KÜLTİVATÖR UÇ DEMİRİ ÜRETİMİ

Mustafa ÖZKAYA

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim Savaş DALMIŞ

Bu çalışmada M_7C_3 takviyeli küresel grafitli beyaz dökme demir matrisli kompozit malzeme üretimi araştırılmıştır. Kompozit üretimi için savurma döküm yöntemi seçilmiştir. Savurma döküm yoğunluğu dökme demire göre daha yüksek olan M_7C_3 karbürlerinin malzeme yüzeyinde toplanarak yüzey sertliğinin artırılması ve parça iç kısımlarının tok olması sağlanarak aşınma dayanımı yüksek bir malzeme elde edilmesi hedeflenmiştir. İmalat esnasında parça yüzeyinde kompozit kaplanma yapılması ile sonradan yüzey sertleştirme ya da kaplama yapılmaya gerek kalmadan iyi bir aşınma dayanımı elde edilerek ikinci bir işleme gerek kalmadan üretim prosesi kısaltılmış ve parça başına düşen maliyeti düşürülmüştür. Çalışmada kullanılan M_7C_3 karbür tozları bilyeli değirmende öğütülerek titreşimli elek yardımıyla 0-150 μ m, 150-250 μ m, 250-500 μ m, 1000-2000 μ m boyutlarında sınıflandırılmıştır. Miktarın etkisini incelemek için her bir toz boyutundan 3, 7, 12, 20 şer gr'lık tozlar tartılarak hazırlanmıştır. Döküm esnasında kalıp içinde savurma döküm ile 0,135 MPa'lık basınç oluşturulmuştur. Döküm reçineli kum kalıpta yapılmıştır. Numunelerin metalografik incelemesi yapılmış ve aşınma testine tabi tutulmuştur. Aşınma testi neticesinde takviyeli olan numunelerin aşınma dayanımları takviyesiz olanlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Metalografik inceleme neticesinde karbür tozların numune yüzeyinde 300-1600 μ m arasında bir kaplama tabakası oluşturduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metal Matrisli Kompozit, Savurma Döküm, Kompozit

2016, 40 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

THE PRODUCTION OF M_7C_3 CARBIDE REINFORCED CULTIVATOR SHOVEL BY CENTRIFUGIAL CASTING

Mustafa ÖZKAYA

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. İbrahim Savaş DALMIŞ

In this thesis composite production of M_7C_3 carbide reinforced and ductile cast iron matrix is researched. For the production of composite centrifugal casting method is selected. Centrifugal casting provides aggregation of M_7C_3 carbides, which has higher density from cast iron, at material surface. In addition hardness of surface is increased therefore impartment on wear resistance is targeted. During the production thanks to composite coating at material surface without hardening processing a good wear resistant result is obtained so it decreased production process and cost of manufacture. M_7C_3 powders of carbides were crushed and grinded at ball milling. The carbides were mixed to mold as 0-150 μ m, 150-250 μ m, 250-500 μ m, 1000-2000 μ m size and 3, 7, 12, 20 g weight ratio to detect the effect of size and weight ratio on the wear rate. On the samples 0.135 MPa pressure was created. Ductile cast iron and resin casting technology were chosen for casting. Metallographic analysis of samples and abrasion wear tests are completed. Abrasion wear test results show that reinforced samples have higher wear resistance than non-reinforced samples. The modified part of the surface were measured as 300-1600 μ m

Keywords: Metal Matrix Composite, Centrifugal Casting, Composite.

2016, 40 pages

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1 Sıkıştırılmalı döküm şematik gösterimi (KAİNER, 2006).....	6
Şekil 1.2 Savurma döküm türleri.....	8
Şekil 1.3 Yatay eksenli savurma döküm makinası.....	10
Şekil 1.4 Düşey eksenli savurma döküm makinesinin.....	11
Şekil 3.1 Model Fotoğrafı.....	15
Şekil 3.2 Siyah kumla yapılan kalıp.....	15
Şekil 3.3 Reçineli kum kullanılarak yapılan kalıp.....	16
Şekil 3.4 Aşınma Test Cihazı.....	17
Şekil 4.1 Numune Kesitinin Makro Fotoğrafı.....	18
Şekil 4.2 S24 kodlu numunenin SEM görüntüsü 100X.....	19
Şekil 4.3 S24 kodlu numunenin SEM görüntüsü 1500X.....	19
Şekil 4.4 Takviyeden alınan XRD analizi.....	20
Şekil 4.5 Matriksden alınan XRD analizi.....	21
Şekil 4.6 Aşınma yüzey fotoğrafları.....	24
Şekil 4.7 Aşınma grafiği (1).....	25
Şekil 4.8 Aşınma grafiği (2).....	25
Şekil 4.9 Aşınma grafiği (3).....	26
Şekil 4.10 Aşınma grafiği (4).....	26

ÇİZELGE DİZİNİ

Tablo 1.1 Döküm yöntemiyle MMK malzemeler ve kullanım yerleri (AKBULUT, 1995)	3
Tablo 1.2 Bazı seramik takviye malzemelerinin tipik özellikleri (Taha, 2001)	4
Tablo 3.1 M_7C_3 karbür kimyasal bileşimi	13
Tablo 3.2 Takviye ebat aralıkları.....	13
Tablo 3.3 Takviye özellikleri.....	14
Tablo 4.1 Aşınma Oranları	24
Tablo 4.2 Mikrosetlik analiz sonuçları	27

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİL DİZİNİ	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	iv
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Matris Malzemesine Göre Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	1
1.1.1 Polimer matrisli kompozitler	1
1.1.2 Seramik matrisli kompozitler	2
1.1.3 Metal matrisli kompozitler	2
1.1.3.1 Matris malzemeleri ve özellikleri	3
1.1.3.2 Takviye malzemeleri ve özellikleri	3
1.2 MMK Malzemelerin Üretim Yöntemleri	5
1.2.1 Katı faz üretim yöntemi	5
1.2.2 Reaksiyon (İn-Situ) kompozit üretim teknikleri.....	5
1.2.3 Sıvı faz üretim yöntemleri	5
1.2.3.1 Vorteks yöntemi	5
1.2.3.2 Ergimiş metal emdirme yöntemi	5
1.2.3.3 Sıkıştırma döküm yöntemi	5
1.3 Savurma Döküm Yöntemi ile MMK Malzemelerin Üretilmesi	6
1.3.1 Savurma döküm	6
1.3.1.1 Savurma döküm çeşitleri	8
1.3.1.1.1 Gerçek savurma döküm	9
1.3.1.1.2 Yarı savurma döküm	9
1.3.1.1.3 Savurmalı döküm.....	9
1.3.1.2 Savurma döküm kalitesini etkileyen faktörler.....	9
1.3.1.3 Savurma döküm makineleri.....	10
1.3.1.3.1 Yatay dönüş eksenli savurma döküm makineleri.....	10
1.3.1.3.2 Dikey dönüş eksenli savurma döküm makineleri.....	11

2. KAYNAK ÖZETLERİ	12
3. MATERYAL ve METOT	13
3.1 Materyal.....	13
3.1.1 Kompozit malzeme bileşenleri	13
3.1.2 Savurma döküm makinesi	14
3.1.3 Model ve kalıp	14
3.2 Metot.....	16
3.2.1 Karakterizasyon	16
3.2.1.1 Mikroyapı incelemeleri	16
3.2.1.2 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemeleri	16
3.2.1.3 EDS Analiz uygulamaları	16
3.2.1.4 XRD Analiz uygulamaları	16
3.2.2 Uygulanan testler	17
3.2.2.1 Aşınma testi	17
3.2.2.2 Sertlik testi.....	17
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	18
4.1 Araştırma Bulguları	18
4.1.1 Mikroyapı inceleme sonuçları	18
4.1.2 XRD analiz sonuçları	20
4.1.3 EDS analiz sonuçları	21
4.1.4 Aşınma sonuçları	23
4.1.5 Sertlik analiz sonuçları	27
4.2 Tartışma	27
5. KAYNAKLAR	29

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezim süresince gerek konu seçimi olsun gerekse konu üzerindeki çalışmalarım olsun benden yardımını esirgemeyen değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. İ. Savaş DALMIŞ'a, eş danışmanım Prof. Dr. S. Osman YILMAZ'a, tezimin değerlendirilmesine katkı sağlayan değerli jüri üyelerine, Namık Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümü öğretim üyelerine ve maddi manevi bana destek olan tüm mesai arkadaşlarıma en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca laboratuvarlarını kullandığımız Adıyaman üniversitesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Tanju TEKER'e ve Fırat üniversitesi personeli Uzman Selçuk KARATAŞ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Temmuz 2016

Mustafa ÖZKAYA

1. GİRİŞ

Savurma döküm yöntemi kullanılarak kompozit yapıları bir ürün elde edilmesi amaçlanan bu tezde, elde edilen ürünün aşınma dayanımının yükselmesinin yanında tok bir içyapıya sahip olması hedeflenmiştir. Bu amaçla tasarlanan sistem sayesinde yoğunluğu küresel grafitli dökme demire göre daha yüksek olan M_7C_3 karbür santifrüj etkisiyle numune yüzeyinde toplanarak yüzeyde kompozit bir yapı elde edilmiştir.

Bu çalışmada döküme ilave edilen karbürlerin dağılımları incelenmiş, aşınma testine tabi tutulmuş ve kullanılan farklı ebat ve miktardaki tozların aşınma dayanımına olan etkisi araştırılmıştır.

Çalışmada deney numunesi olarak tarım alanında her çeşit toprakta en çok kullanılan tarım aleti olan kültivatör üzerinde çalışılmıştır. Kültivatörler tarla yüzünü düzleme, kabartma, yabancı otların sökülmesinin yanında anız bozma ve nadas işlemlerinde de kullanılmaktadır. (Anonin, 2006)

Kompozit, makroskobik boyutta ve birbiri içinde çözünmeyen iki veya daha fazla bileşenden oluşan yapısal malzemedir. Bileşenlerden biri takviye, takviyenin gömüldüğü ise matris olarak adlandırılır. Matris malzemesi fiber, partikül veya pul şeklinde olabilir. Matris malzemesi genellikle sürekli dir. Kompozit sistem örneklerine çelik takviyeli beton ve karbon lif takviyeli epoksi verilebilir. Doğal kompozitlere en iyi örnek odundur. Odun selüloz lifli ve lingin matriksli kompozit bir malzemedir. Doğal kompozite bir diğer örnek kemiktir (Kaw, 2006).

1.1 Matris Malzemesine Göre Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Matris malzemesine göre kompozit malzemeler polimer matriksli, seramik matriksli ve metal matriksli kompozitler olarak üç başlık altında toplanabilir.

1.1.1 Polimer matriksli kompozitler

Matris olarak polimer reçinenin¹, takviye olarak elyafın kullanıldığı kompozitlerdir. Bu malzemeler kolay üretilmesi, oda sıcaklığında üstün özellikleri ve düşük maliyetleri nedeniyle en çok kullanılan kompozitlerdir. (Willam D. Callister, 2013)

¹ Burada kullanılan *reçine* terimi, yüksek molekül ağırlıklı takviyelendirilen plastiktir.

1.1.2 Seramik matriksli kompozitler

Seramik malzemeler oksidasyona yüksek sıcaklıkta bozulmaya karşı dayanıklı olmalarına karşın otomobil ve uçak motoru gibi yüksek sıcaklık ve yüksek gerilmenin olduğu yerlerde kullanılmayacak kadar gevreklerdir.

Parçacık, elyaf veya visker formunda bir seramik malzemenin başka bir seramik malzeme içine gömülerek seramik malzemelerin tokluğu önemli ölçüde artırılmıştır. (Willam D. Callister, 2013)

1.1.3 Metal matriksli kompozitler

Metal matriksli kompozitler uzun zamandır etrafımızda ancak resmi olarak yirminci yüzyılın ortalarında resmi olarak literatüre geçmeye başlamıştır. Taya ve Arsenault MMK konusunda ilk kitabı 1989 yılında yayınlamıştır.

Matrisi sünek bir metalden oluşan Kompozitler metal matriksli kompozit olarak adlandırılır. Bu tür malzemeler yüksek sıcaklıklarda çalışabilirler ayrıca takviye ile rijitlik, ısı iletkenlik ve boyutsal kararlılık gibi özellikleri artırılabilir. Yüksek kullanım sıcaklıkları, alev almama özelliği ve organik akışkanlara karşı yüksek bozunma dirençleri yönünden polimer matriksli kompozitlerden üstün olmalarına karşın maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle kullanım alanları sınırlıdır. (Willam D. Callister, 2013)

Toz metalürjisine alternatif olarak döküm ile MMK üretim tekniği ucuz ve pratik olmasından dolayı döküm ile kompozit üretime olan ilgi son yıllarda artmıştır. Seramiklerin yüksek elastiklik modülü ile metallerin yüksek süneklik özelliklerini birleştiren kompozit malzemeler, havacılık ve savunma sanayinin yanında otomotiv endüstrisinde de kullanılmaktadır. (AKBULUT, 1995)

Metal matriksli Kompozitler, matris malzemesi metal olmak üzere, iki veya daha fazla malzemenin bir araya getirilmesi ile oluşur. Bu malzemelerin geliştirilmesindeki amaç bir malzemenin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinden birinin veya birkaçının iyileştirilmesidir. Bazı MMK'lerin uygulama alanları ve üretim yöntemleri tablo 1-1' verilmiştir.

Tablo 1.1 Döküm yöntemiyle MMK malzemeler ve kullanım yerleri (AKBULUT, 1995)

Kompozit	Uygulama	Seçilmiş Özellikler
Alüminyum/Grafit	Yatak alaşımı, yataklarda	Hafiflik, kendinden yağlama, ucuzluk
Al/grafit, Al/ α -Al ₂ O ₃ , Al/SiC, Al/SiC- Al ₂ O ₃	Otomobil pistonu, silindir, piston kolu, krank kolu	Aşınma direnci, soğuk dayanım, hafiflik, düşük yakıt, verimlilik, boyut kaybetmeme
Cu/Grafit	Sürgülü elektrik kontağı	İletkenlik özelliği, boyut kaybetmeme
Al/SiC	Turbosarj pervaneleri	Yüksek sıcaklıklarda ultra hafif malzeme Sert
Al/Zirkonyum, Al/SiC	Kesme takımları, kanatlar Aşınma	Sert aşınma dirençli malzeme

1.1.3.1 Matris malzemeleri ve özellikleri

Hâlihazırda kullanılan tüm metaller ve alaşımlar matris malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak herhangi bir malzemenin matris olarak kullanılabilmesi için uygun takviyenin seçilmiş olması gerekir. Matris malzemesi ile takviye arasında fiziksel ve kimyasal olarak uygun olduktan sonra kullanım yerine ve amacına bağlı göre MMK malzemeler üretilebilir.

1.1.3.2 Takviye malzemeleri ve özellikleri

MMK malzemelerin üretiminde kullanılan takviye malzemelerinin seçiminde kolay temin edilebilmeleri, kullanıldıkları matris malzemesi ile uygunluğu, sağlayacakları üstün özellikler ve termal genleşme katsayıları göz önüne alınmaktadır (Howe, 1993). Metal matriksli kompozit üretiminde kullanılan en önemli takviye malzemelerinin bazı özellikleri tablo 1-2'de verilmiştir.

Tablo 1.2 Bazı seramik takviye malzemelerinin tipik özellikleri (Taha, 2001)

Takviye	Maks. Çekme muk.(MPa)	Elastisite modülü (GPa)	Yoğunluk (g/cm ³)	Termal İletkenlik (W/mK)	Termal Genleşme Katsayısı (10 ⁻⁶ /K)	Maks. Sıcaklık (°C)
Oksitler						
Al ₂ O ₃ kısa fiber	2000	300	3,96	-	-	1600
SiO ₂	-	73	2,66	1,4	1<	-
ZrO ₂ fiber	2070	345	4,84	-	-	1925
Karbürler						
B ₄ C	2690	425	2,35	39	3,5	315
SiC kısa fiber	3000-14000	400-700	3,21	32	3,4	-
SiC fiber	2280	450	3,46	-	-	-
SiC partikül	-	448	3,21	120	3,4	-
TiC fiber	1540	450	4,9	-	-	-
VC	-	430	-	-	7,2	-
WC	-	670	-	-	5,5	-
Nitrürler						
AlN	2100	310-345	3,26	150	3,3	-
BN fiber	1380	90	1,91	-	-	1095
Si ₃ N ₄	-	207	3,18	28	1,5	-
Diğerleri						
Si	-	112	2,33	100	3,0	-
C fiber	-	-	2,18	400	-1,5	-
TiB ₂ fiber	105	510	4,48	-	-	2205

Seramik ve metallerin termal genleşmeleri arasındaki fark, yüksek dislokasyon yoğunluğuna ve dolayısıyla yüksek mukavemet değerlerinin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Ancak, metal ve seramiklerin yüksek ara yüzey enerji farklılığından dolayı da ıslatılabilirlik temas açısı artmakta ve metal seramik arasındaki bağ mukavemeti düşebilmektedir. Ara yüzeyde Al metali ile atomik ölçülerde bağ yapabilmelerinden, yüksek elastik özellikler ve kimyasal olarak uygunluklarından dolayı Al matriksli MMK malzemelerde en fazla kullanılan takviye malzemelerinin, SiC, Al₂O₃ seramikleri oldukları bilinmektedir. Diğer yandan çok yüksek mukavemetine gereksinim duyulduğunda, pahalı olmalarına rağmen özellikle askeri ve havacılık uygulamalarında B₄C sürekli fiberleri kullanılmaktadır. (Cooke, 1991)

1.2 MMK Malzemelerin Üretim Yöntemleri

Metal matriksli kompozit malzeme üretimi değişik yöntemlerle yapılabilmektedir. Bu yöntemler üç ana başlık altında incelenebilir.

1.2.1 Katı faz üretim yöntemi

Katı hal yönteminde en fazla kullanılan yöntem toz metalürjisidir. Matris, takviye ile beraber karıştırıldıktan sonra sıkıştırılarak yoğunluğu arttırılmakta daha sonra sinterlenerek son halini almaktadır. Toz metalürjisi (TM), süresiz takviyeli MMK'lerin üretiminde en yaygın kullanılan yöntemdir (Delijie, 2002)

1.2.2 Reaksiyon (İn-Situ) kompozit üretim teknikleri

Bu yöntemle kompozit üretmenin temel avantajı, sıcaklık ve süre ile oluşan karbürlerin hacim oranlarının ve karbür boyutunun kontrol edilebilmesi ve küresel şekilli takviye fazlarının matriste oluşturulabilmesidir. Ancak oldukça yüksek sıcaklıklarda çalışma gereksinimi ve reaksiyon süresinin uzun olması, yöntemin temel dezavantajı olarak sayılabilir. Bu metotla uçakların motor türbin kanatları üretilmektedir.

1.2.3 Sıvı faz üretim yöntemleri

1.2.3.1 Vorteks yöntemi

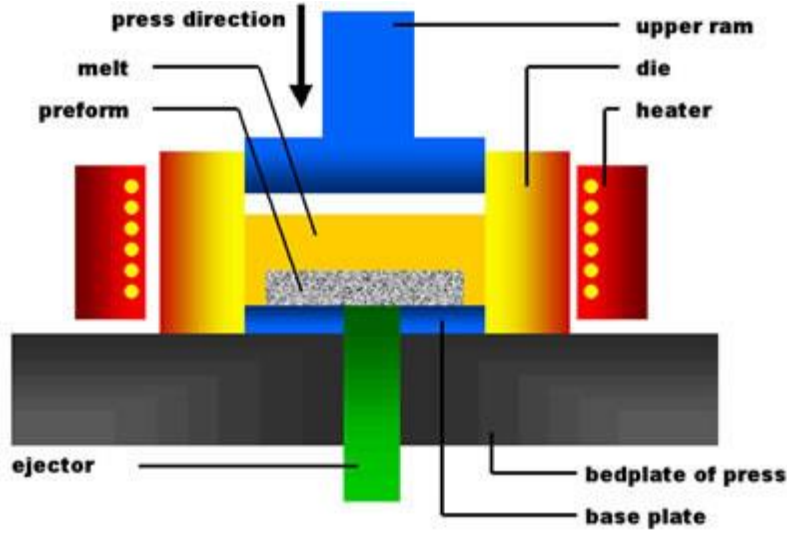
Eriyik metal içerisine seramik parçacık karıştırma döküm yöntemi olarak da bilinen bu yöntemin temel prensibi karıştırılmakta olan sıvı metal içerisine, oluşan vorteks ile birlikte seramik parçacıklarının katılması ve bir süre daha karıştırılarak metal kalıplara döküm işleminden ibarettir (Aydın, 2003). Bu yöntemle genellikle partikül takviyeli malzemeler üretilir.

1.2.3.2 Ergimiş metal emdirme yöntemi

MMK malzemelerin üretiminde kullanılan bir döküm yöntemidir. Sürekli fiber ve kısa fiber takviyeli kompozitlerin yanı sıra partikül takviyeli kompozitlerin üretiminde de kullanılır.

1.2.3.3 Sıkıştırma döküm yöntemi

MMK üretiminde en önemli yere sahip olan sıkıştırma döküm yöntemi sıvı metalin basınç altında katılaştırılması temeline dayanır. Sıkıştırılmalı döküm yöntemi şematik olarak şekil 1-1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Sıkıştırılmalı döküm şematik gösterimi (KAİNER, 2006)

1.3 Savurma Döküm Yöntemi ile MMK Malzemelerin Üretilmesi

Herhangi simetrik bir parçanın üretilmesi durumunda santrifüj döküm olumlu sonuçlar verebilmektedir. Parçanın dış yüzeyinde mukavemet ve sertliğin artırılması isteniyorsa yoğunluğu matris metalin yoğunluğundan daha yüksek olan partiküller kullanılmaktadır (Al-Al₂O₃ sistemi). İç yüzeyde, özellikle aşınmaya dayanıklı bir tabaka arzu edildiğinde, matrisinkinden düşük yoğunluğa sahip takviye malzemeleri tercih edilmektedir (Al-Grafit). Partiküller sıvıya ya santrifüj öncesi herhangi bir yöntemle verilmekte veya metalin santrifüj kalıbına aktarılması esnasında metalle beraber kalıba kontrollü bir şekilde özellikle bir enjeksiyon tabancası ile püskürtülmektedir (ASLAN, 2005)

1.3.1 Savurma döküm

Döküm parçalarının üretiminde karşılaşılan en büyük zorluk, metalin sıvı durumdan katı duruma geçerken büzülmesinden meydana gelen boşluklardır; bunları gidermek için basınç kullanma düşüncesi bir anlamda savurma döküm yöntemine yol açmıştır (Çavuşoğlu, Döküm Teknolojisi I)

Genellikle silindirik parçaların (boru, halka vb.) üretiminde kullanılan savurma döküm yönteminde, ergimiş sıvı metal bir eksen etrafında dönen kalıba dökülerek gerçekleştirilir. Bu yöntemde eriyik, merkezkaç kuvvetinin etkisiyle kalıbın şeklini alarak katılaşmanın sağlandığı bir döküm şekli olarak açıklanabilir.

Sıvı metalin yüksek hızla fırlatılması sebebiyle imal edilen parçalarda gaz boşluğu bulunmamaktadır. Dökülen parça soğumaya kalıp yüzeyinden başlar ve savurma döküm

makinesi eksenine doğru ilerler. Bu sebeple malzeme dış yüzeyinde ve iç yüzeyinde farklı yapı mevcut olur. (ERSÜMER, 1986).

Savurma döküm yönteminin avantajlarını ise şu şekilde sıralanabilir

- Cüruf ve düşük yoğunluğa sahip metalik olmayan parçacıklar döküm parçasının iç yüzeyine toplanır. Toplanan bu parçacıklar basit bir talaşlı imalat ile parçadan uzaklaştırılabilir.
- Döküm esnasında basıncın yüksek olması sebebi ile katılma sırasında gaz boşlu oluşmaz ve iyi bir besleme sağlanır.
- Küçük taneli döküm imkânı sağlar.
- Döküm hızının yüksek olmasından dolayı düşük döküm sıcaklığında çalışılabilir.
- Maça kullanmadan boru şeklinde parçaların dökümüne olanak tanır.
- Besleyici kullanılmaması diğer döküm yöntemlerine göre üstünlüğüdür.
- Döküm alanı olarak küçük bir alan yeterlidir.
- Döküm verimi diğer döküm tekniklerine göre daha yüksektir.
- Her türlü alaşımın dökümü yapılabilir.

Savurma döküm yönteminin dezavantajları da şu şekilde sıralanabilir;

- İlk yatırım masrafları nispeten yüksektir.
- Dökümler şekil ve boyut bakımından sınırlıdır.
- Genellikle belli aralıklarda az miktarda sıvı metal gerekir, bu da bekletme fırınlarını gerektirir
- Ergime sıcaklıkları ve özgül ağırlıkları çok farklı metallerin alaşımları, katılma tabakalaşma nedeniyle, zor dökülür (Çavuşoğlu, Döküm Teknolojisi I)

Savurma döküm yönteminde farklı yoğunluğa sahip metallerin dökümünde, yüksek yoğunluğa sahip olan malzeme dış yüzeye, düşük yoğunluğa sahip olanlar iç kısma toplanır bu durum dezavantaj gibi görünse de kompozit üretiminde aslında avantaj olmaktadır.

Gerçek savurma döküm uzun yıllar boru üretiminin başta gelen yöntemi olmuştur. Gerek dökülmüş halde kullanılan dökme demir ve çelikten borular, gerekse dökülüp işlenerek kullanılan silindir gömlekleri, piston ringleri uygulamaya örnek olarak verilebilir. Yarı savurma döküm için, bakır dişli çelik makara dökümleri; savurmalı döküm için ise Co-Cr alaşımından dişçilikte gereksinilen dökümler, uygulama alanlarına örnektir (Çavuşoğlu, Döküm Teknolojisi I)

Savurma döküm tekniğini kullanılarak yapılan makine parçaları ise şu şekilde sıralanabilir; Yataklar, motor gömleği, çeşitli silindirler, diş protezleri, piston segmanları, dökme demir basınca dayanıklı borular, elektrik motoru rotoru, flanş, dişliler, elektronik modül muhafazası, gaz türbini çemberleri, silah gereçleri, ısı değiştirici, borular, ekstrüzyon makineleri ile kalın cidarlı borular, basınca dayanıklı gereçler, helyum sıvılaştırıcılar, mafsal, içi boş ekstrüzyon takozları, hidrolik ve pnömatik motor gömlekleri, pervaneler, hassas dökümler, mücevher, nozul kutuları, kağıt haddeleri ve merdaneleri, kasnak, pompa gömleği, pompa motoru, alevli ısıtıcılarda kullanılan radyasyon boruları, tren yolu araba tekerleri, reaktör boruları, bomba dümen kanatları, merdaneler, metal O-ringler, stator koruyucular, denizaltı direkleri, boru bağlantı parçaları, tekstil haddeleri, keskin kenarlı ince parçalar (uçak sanayinde kullanılan), türbin kanatları, vana bilyaları, vana gövdeleri, kaynak çubukları (Mertgenç, 2004).

1.3.1.1 Savurma döküm çeşitleri

- Gerçek savurma döküm
- Yarı savurma döküm
- Savurmalı döküm



Şekil 1.2 Savurma döküm türleri

1.3.1.1.1 Gerçek savurma döküm

İç boşlukların oluşturulması için maça kullanılmaz. Dönme ekseninde etrafında silindirik bir boşluk oluşur. Kalıba dökülen eriyiğin miktarını değiştirerek parçanın cidar kalınlığı ayarlanabilir. (Aran, 1999)

1.3.1.1.2 Yarı savurma döküm

Dönel bir simetriye sahip olmakla birlikte içerisinde boşluk içermeyen tekerlek veya dişli taslaklarının dökümünde kullanılır. Sıvı metal düşük yoğunluğa sahip olan bileşenleri merkeze doğru itelediğinden döküm içerisinde boşluk oluşmaz. Düşey dönme eksenini aynı zamanda dökümü yapılan parçanın dönel simetri eksenini ile çakıştığından kalıplar birden fazla parçanın üst üste dökülebilecek şekilde tasarlanabilir. (Aran, 1999)

1.3.1.1.3 Savurmalı döküm

Savurmalı döküm yönteminde çeşitli şekillerdeki parçaların kalıbın dış kısmına kaplanması, kalıpların yerleştirilmesi ve uygun yolluk sistemi ile birbiri ile bağlı kalıp yığınının iç kısmındaki dikey yolluğa dönüş esnasında sıvı metalin dökülmesi ile yaratılan basınç ile boşlukların dolması sağlanır. Ufak döküm parçaları için uygun bir yöntemdir. Savurmalı dökümün özelliği ise parçalara ait kalıp boşluklarının kalıp dökme ekseninin dışına yerleştirilmeleridir (Aran, 1999)

1.3.1.2 Savurma döküm kalitesini etkileyen faktörler

Dönme hızının; dökümün yapısında tane boyutunu küçültücü ve bileşenlerin homojen dağılmasını sağlayıcı etkisi vardır.

Döküm sıcaklığı; yeterli metal akışını sağlayan, iri tane oluşumunu engelleyen ve sıcak yırtılmalara sebep olmayan yükseklikte olmalıdır. Düşük sıcaklık, maksimum tane küçülmesi ve eş eksenli kristallerin oluşumuna yol açar. Yüksek sıcaklık ise birçok alayda kolonsal yapıya teşvik eder (Çavuşoğlu, Döküm Teknolojisi I)

Döküm hızı; sıvı ergiyik katılaşmadan dökümün bitirilmesini sağlayacak hızda ayarlanmalıdır. Yüksek döküm hızları sıvı metalin etrafa saçılmasına neden olabilirken, düşük döküm hızı yönlenmiş katılaşmayı ve beslemeyi teşvik ederken aynı zamanda da sıcak yırtılmaları engelleme özelliğine sahiptir.

Kalıp sıcaklığı; etkisi yapı üzerinde ikinci derecededir. Birinci etki kalıbın genleşme faktörüdür (eğer kum kalıp yerine metal kalıp kullanılmış ise). Kalıbın genleşme kabiliyeti ne kadar yüksekse sıcak yırtılma ihtimalide o kadar düşük olmaktadır.

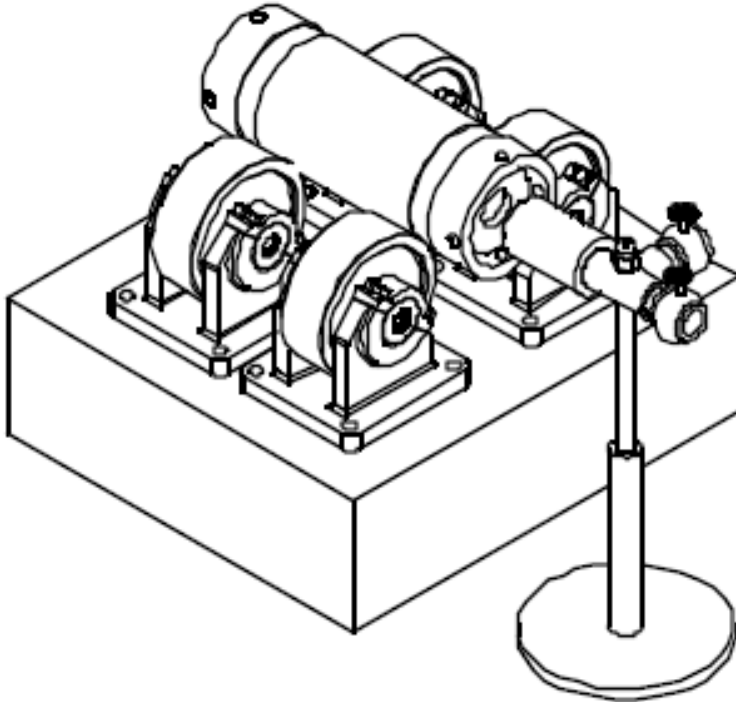
1.3.1.3 Savurma döküm makineleri

Savurma döküm makinelerini yatay ve düşey eksenli olmak üzere iki ana başlıkta incelemek mümkündür.

1.3.1.3.1 Yatay dönüş eksenli savurma döküm makineleri

Yöntemin en yaygın olarak kullanıldığı örnek, boru üretimidir. Parçanın cidar (kesit) kalınlığı, kalıp içine dökülen ergimiş sıvı miktarı ile ayarlanabilir. Dökülecek parça sayısı az ise kalıplar kum esaslı malzemeden yapılır. Seri üretimde su ile soğutulan metal kalıplar kullanılır.

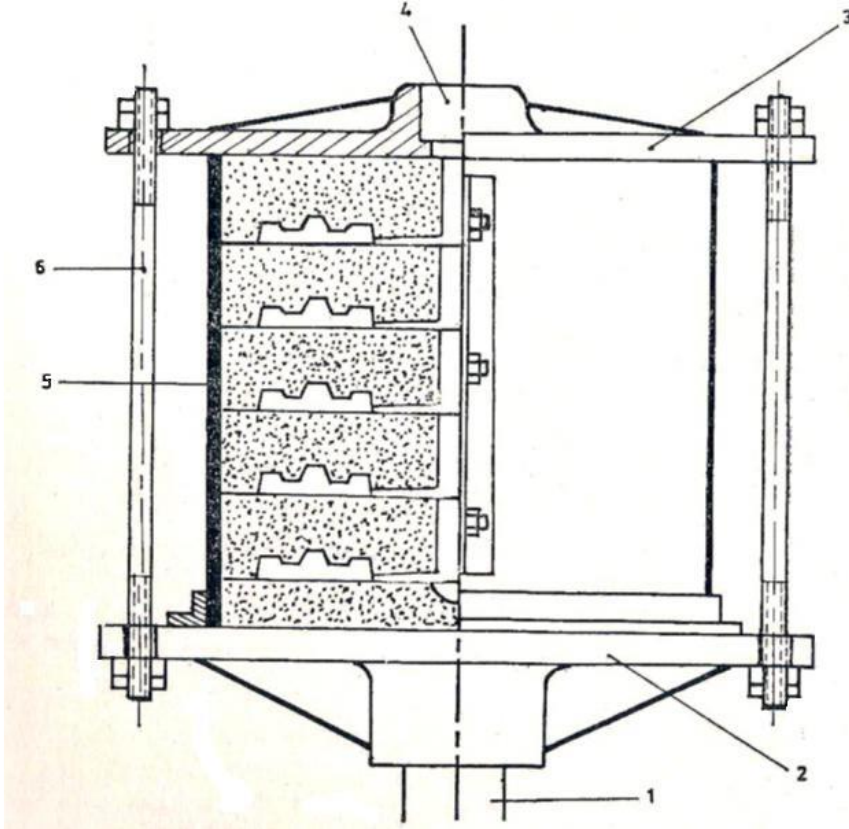
Sistemde su gömleklili ve ısıya dayanıklı çeliklerden (% 2 Cr; % 0,4 Mo) yapılmış kokil kalıplar kullanılmaktadır. Bunlar tekerlekler üzerinde döner. Kalıbın bir ucu açıktır. Metali veren uzun oluk buradan girer. Metal, oluğa eğilebilen bir potadan gelir. Kalıp içine dökülür. Kalıbın diğer ucu, borunun profilli şişkin başını meydana getirecek bir maça ile kaplanmış durumdadır. Kokili taşıyan arabanın hareket hızının, metal potasının dökme hızıyla ayarlı olması gerekir. Şekilde 1-3 de yatay eksenli savurma döküm makinesi görülmektedir. Günümüzde savurma döküm yöntemiyle 5 m. boyunda, 400-600 mm. iç çapında, 6-8 mm. kesit kalınlığında ve 8-32 atü. iç basınca dayanan borular dökülmektedir (Anonim, 2011)



Şekil 1.3 Yatay eksenli savurma döküm makinası

1.3.1.3.2 Dikey dönüş eksenli savurma döküm makineleri

Çeşitli makine parçaları, düşey eksenli savurma döküm makinelerinde merkezkaç kuvvetin etkisinden yararlanılarak dökülürler. Kalıplar döner tabla üzerine yerleştirilir. Daha sonra tabla, üzerindeki kalıp ile birlikte döndürülür. Bu arada yolluktan dökülen ergimiş metal kalıp iç boşluğuna doğru savrulur. Katılaştıktan sonra makine durdurulur. Düşey eksenli savurma döküm makinesinin şematik olarak çizimi şekil 1-4 de verilmiştir. (Anonim, 2011)



1. Mil, 2. Döner tabla, 3. Üst baskı tablası, 4. Yolluk, 5. Kum kalıplar, 6. Bağlama çubukları

Şekil 1.4 Düşey eksenli savurma döküm makinesinin

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tarım aletlerinin aşınma davranışlarının iyileştirilmesi ile ilgili önceden yapılan bazı çalışmaların özetleri aşağıda verilmiştir.

(ER, 2003) yaptığı çalışmada farklı karbon çeliğinden numuneler alarak bunları termokimyasal yüzey sertleştirme yöntemlerinden biri olan borlama yöntemiyle sertleştirilmiş ve silisyum karbür'lü zımpara kullanarak aşınma dayanımlarını incelemiştir. Borlanmış ve ısıtılmış numuneler birbirleri ile karşılaştırılmış ve borlanmış numune ısıtılmış olana göre 2.4 kat daha az aşındığı ortaya konmuştur.

(ŞENAY, 2013) Yaptığı çalışmada toprak işlemede kullanılan pulluk uç demirinin yüzeyi borlanmış AISI 1050 çeliği ile AISI 1020 çeliğinin yüzey sertliğinin, çentik darbe dayanımını ve abrasiv aşınma dayanımlarının incelemiştir. Sonuç olarak AISI 1050 çeliğinin yapılan aşınma testi neticesinde ağırlık kaybı %3,8 iken AISI 1020 çeliğinde bu oran %6,81 olarak ölçülmüştür. Yapılan çentik darbe testi neticesinde AISI 1050 çeliğinin dayanımı 63,84 J iken AISI 1020 çeliğinin dayanımı 43,27 J olarak bulunmuştur.

(TARHUNİ, 1996) Yaptığı çalışmada St 50-2 orta karbonlu çeliklere indüksiyon, nitrasyon, borlama ve yüzey kaplama işlemleri uygulanarak aşınma testine tabi tutulmuşlardır. Uygulanan ısıtılmış işlemler neticesinde elde edilen numunelerin aşınma dayanımlarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Kompozit malzeme bileşenleri olan küresel grafitli dökme demir, M_7C_3 karbür, savurma döküm, model ve kalıp materyallerinden bu bölümde kısaca bahsedilmiştir.

3.1.1 Kompozit malzeme bileşenleri

Matris malzemesi olarak küresel grafitli dökme demir kullanılmıştır. %2 den daha fazla karbon ihtiva edem demir malzemeler dökme demir olarak adlandırılmaktadır. Genel olarak %2-4 arasında C ve %1-3 arasında Si içermektedirler.

Küresel grafitli dökme demirler serbest karbonları lamel yerine küre şeklindedir. Bu sebeple ABD’de “Nodüler dökme demir” olarak adlandırılırlar. Grafitlerin küresel şekil alabilmesi için dökümden önce eriyiğin içerisine küreselleştirici olarak magnezyum (Mg) veya seryum (Ce) elementleri konulur.

Karbür parçacıklar son derece gevrek olduğundan, çalışma sırasında oluşan gerilmeye dayanamaz. (Willam D. Callister, 2013) Karbür parçacıklar, karbüre göre daha sünek olan matrisin içerisine gömülerek çatlağın parçacıktan parçacığa ilerlemesini engeller. Böylelikle oluşan kompozit yapı sayesinde hem aşınma direnci, hem kırılma tokluğu yüksek bir yapı elde edilir.

Tablo 3-1 M_7C_3 karbür kimyasal bileşimi

Cr	Fe	C	Si	P	S
%68	%23	%7	%1	%0,014	%0,05

Kimyasal bileşimi tablo 3-1 de verilen M_7C_3 karbür, çapları yaklaşık olarak 50 mm olan taneler halinde alınmıştır. Toz haline getirmek için öncelikle çeneli kırıcıda boyutları 10-20 mm çapına kadar düşürülmüştür. 10-20 mm çapta elde edilen karbür taneleri bilyeli değirmende toz haline getirilmiştir. Tozlar titreşimli elek kullanılarak elenmiş ve tablo 3-2 de gösterildiği şekilde sınıflandırılmıştır.

Tablo 3-2 Takviye ebat aralıkları

1.Ebat	2.Ebat	3.Ebat	4.Ebat
<150 μm	150-250 μm	250-500 μm	1000-2000 μm

Elde edilen her bir boyut aralığından farklı ağırlıklarda tartılarak döküm için hazırlanmıştır. Kullanılan toz boyutları ve ağırlıkları tablo 3-3 de verilmiştir.

Tablo 3.3 takviye özellikleri

Num. no	Takviye miktarı (gr)	Takviye boyutu (μm)
S11	3	<150
S12	3	150-250
S13	3	250-500
S14	3	1000-2000
S21	7	<150
S22	7	150-250
S23	7	250-500
S24	7	1000-2000
S31	12	<150
S32	12	150-250
S33	12	250-500
S34	12	1000-2000
S41	20	<150
S22	20	150-250
S43	20	250-500
S44	20	1000-2000

3.1.2 Savurma döküm makinesi

Savurma dökümde kullanılan makine devri 1000 Rpm'e kadar çıkabilen, kalıp bağlama çapı 700 mm olan bir makinedir.

3.1.3 Model ve kalıp

Savurma döküm için tasarlanan kalıpta besleyici bulunmamaktadır. Merkezkaç etkisi ile yollukta bulunan eriyik oluşan boşluğu doldurarak aynı zamanda besleyici görevi görmektedir. Böylelikle besleyicide oluşan artık metalden tasarruf edilmekte, besleyicide ıskartaya çıkan metali eritmekte kullanılan enerjiden tasarruf edilmektedir. Model fotoğrafı şekil 3-1 de verilmiştir.



Şekil 3.1 Model fotoğrafı

İmal edilen model ve derce kullanılarak kalıp oluşturmak için ilk olarak siyah kum (şekil 3-2) kullanılmış, döküm esnasında oluşan merkezkaç kuvveti etkisi ile dağıldığı için reçineli kum (şekil 3-3) kullanılarak kalıplama yapılmıştır.



Şekil 3.2 Siyah kumla yapılan kalıp



Şekil 3.3 Reçineli kum kullanılarak yapılan kalıp

3.2 Metot

3.2.1 Karakterizasyon

Elde edilen numunelerin mikroyapıların incelenmesi için optik mikroskop, taramalı elektron mikroskop(SEM) EDS ve X-RD kullanılmıştır.

3.2.1.1 Mikroyapı incelemeleri

Elde edilen numuneler metalografik inceleme için uygun boyutlara getirildikten sonra standart metalografik numune hazırlama kademelerinden geçirilmiş ve 3 mikronluk elmas pasta kullanılarak parlatılmıştır. Dağlayıcı olarak etil alkol içerisinde %2 nitrik asit katılarak hazırlanan çözelti kullanılmıştır. Optik incelemeler LEICA DM 750M markalı optik mikroskop kullanılarak yapılmıştır.

3.2.1.2 Taramalı elektron mikroskopu (SEM) incelemeleri

Takviye malzemesi olan M_7C_3 karbürleri ile matrisin ara yüzeyini incelemek için ZEISS EVO LS10 marka taramalı elektron mikroskop kullanıldı.

3.2.1.3 EDS Analiz uygulamaları

Yapılan XRD analizlerini doğrulamak amacı ile EDS analizi yapılmıştır.

3.2.1.4 XRD Analiz uygulamaları

Numunelerim moleküler yapısını incelemek için Bruker marka cihazda $Cu K\alpha$ /tube, 40 MA akım, 40 kV volt gerilim, ve $\alpha=1.54056 \text{ \AA}$ dalga boyunda X-RD ölçümü yapılmıştır.

3.2.2 Uygulanan testler

Elde edilen numuneler aşınma testi ile birlikte sertlik testine tabi tutulmuştur.

3.2.2.1 Aşınma testi

Aşınma dayanımını arttırmak amacıyla yapılan çalışmanın sonuçlarını incelemek amacıyla yapılan aşınma testi için abrasiv aşınma mekanizması seçildi. Üretilen numunelere abrasiv aşınma testi uygulandı. Testte kullanılan aşınma cihazı şekil 3-4'de verilmiştir.



Şekil 3.4 Aşınma Test Cihazı

Aşınma testi 80 mesh lik zımpara ile 1 km boyunca uygulanarak aşınma oranı hesaplanarak numuneler birbirleri ile karşılaştırıldı.

3.2.2.2 Sertlik testi

Numunelerin aşınma ile sertlikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için mikrosertlik yöntemi kullanılmıştır. Ölçümde QNESS Q10 M marka cihaz kullanılarak 0.5 kg ön yükleme altında 0.5 mm aralıklarla yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Araştırma Bulguları

Tamamlanan tez çalışması neticesinde mikroyapı incelemeleri, XRD analizi, EDS analizi ve aşınma testleri yapılmış ve neticeleri bu bölümde verilmiştir.

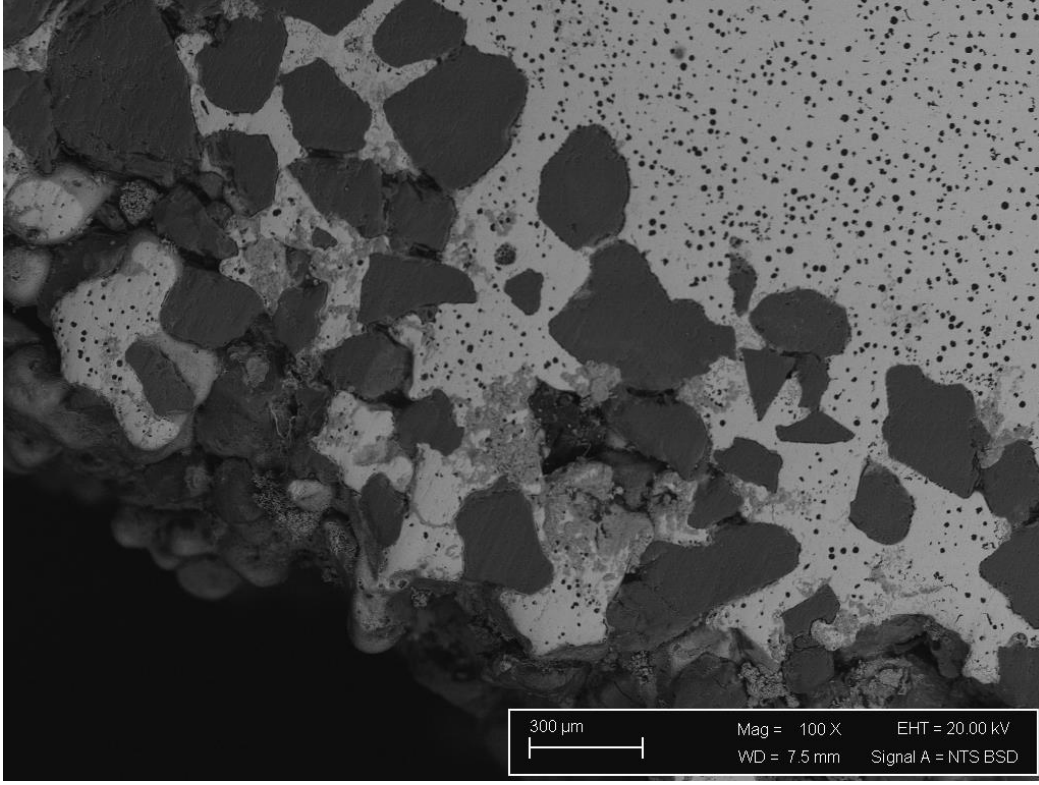
4.1.1 Mikroyapı inceleme sonuçları

Elde edilen numuneler kesilip zımpara ile parlatıldıktan alınan görüntüsünde (şekil 4-1) kompozit bir yapı elde edildiği görülmüştür.



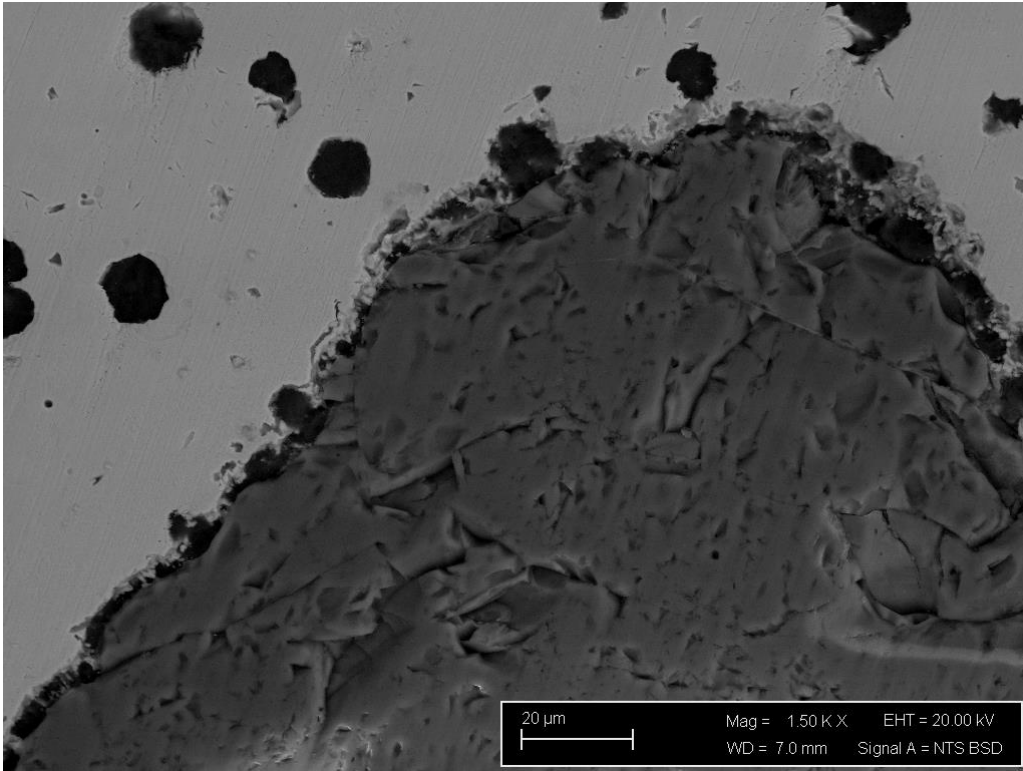
Şekil 4.1 Numune Kesitinin Makro Fotoğrafi

Kompozit yapı daha ayrıntılı olan SEM görüntüsü Şekil 4-2 de görülmektedir.



Şekil 4.2 S24 kodlu numunenin SEM görüntüsü 100X

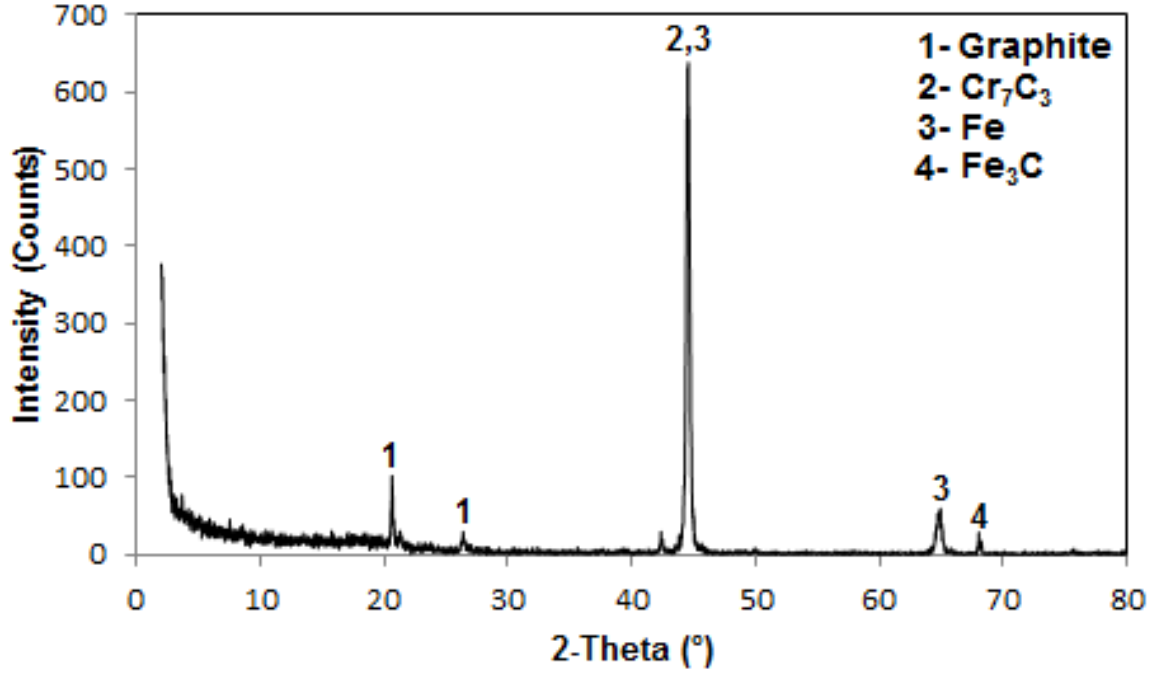
Daha yakından (şekil 4-3) bakıldığında matris ile takviye arasında yer yer boşlukların oluştuğu görülmektedir.



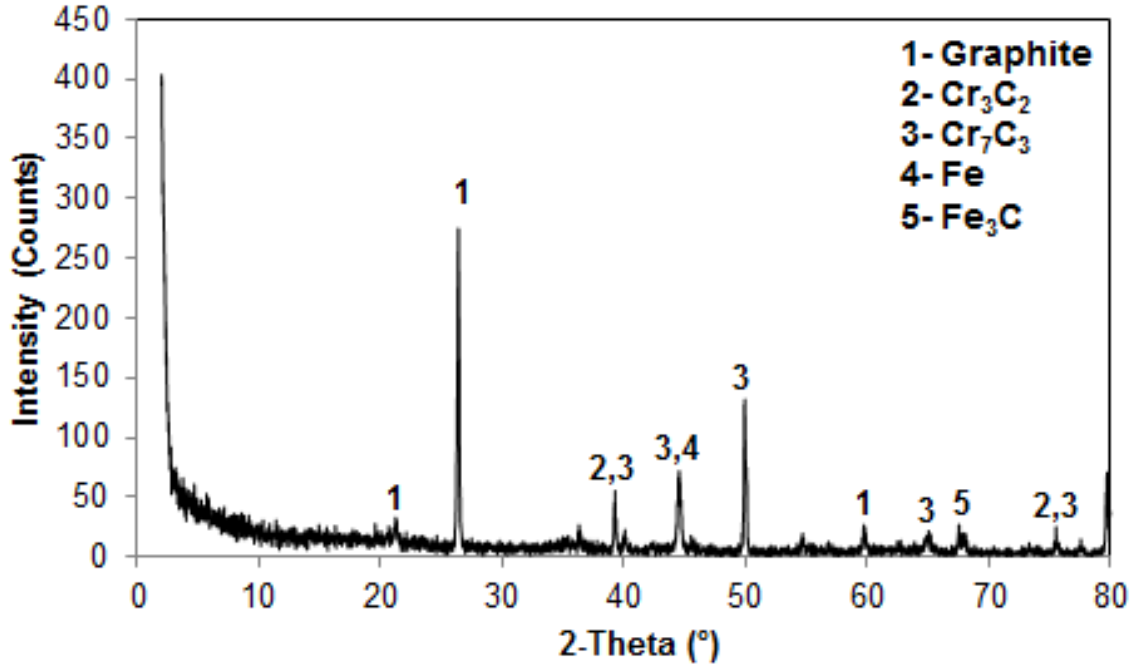
Şekil 4.3 S24 kodlu numunenin SEM görüntüsü 1500X

4.1.2 XRD analiz sonuçları

Matris ve takviyeden alınan (şekil 4.4 ve şekil 4-5) XRD sonuçları incelendiğinde yapının küre grafitli dökme demir yapısında olduğu ve takviyenin ise M_7C_3 karbürü olduğu görülmektedir. Takviyenin yapı içinde özellikle takviye ile matris ara yüzeyinde etkileşimden dönüşerek M_3C_2 karbürüne dönüştüğü belirlenmiştir.



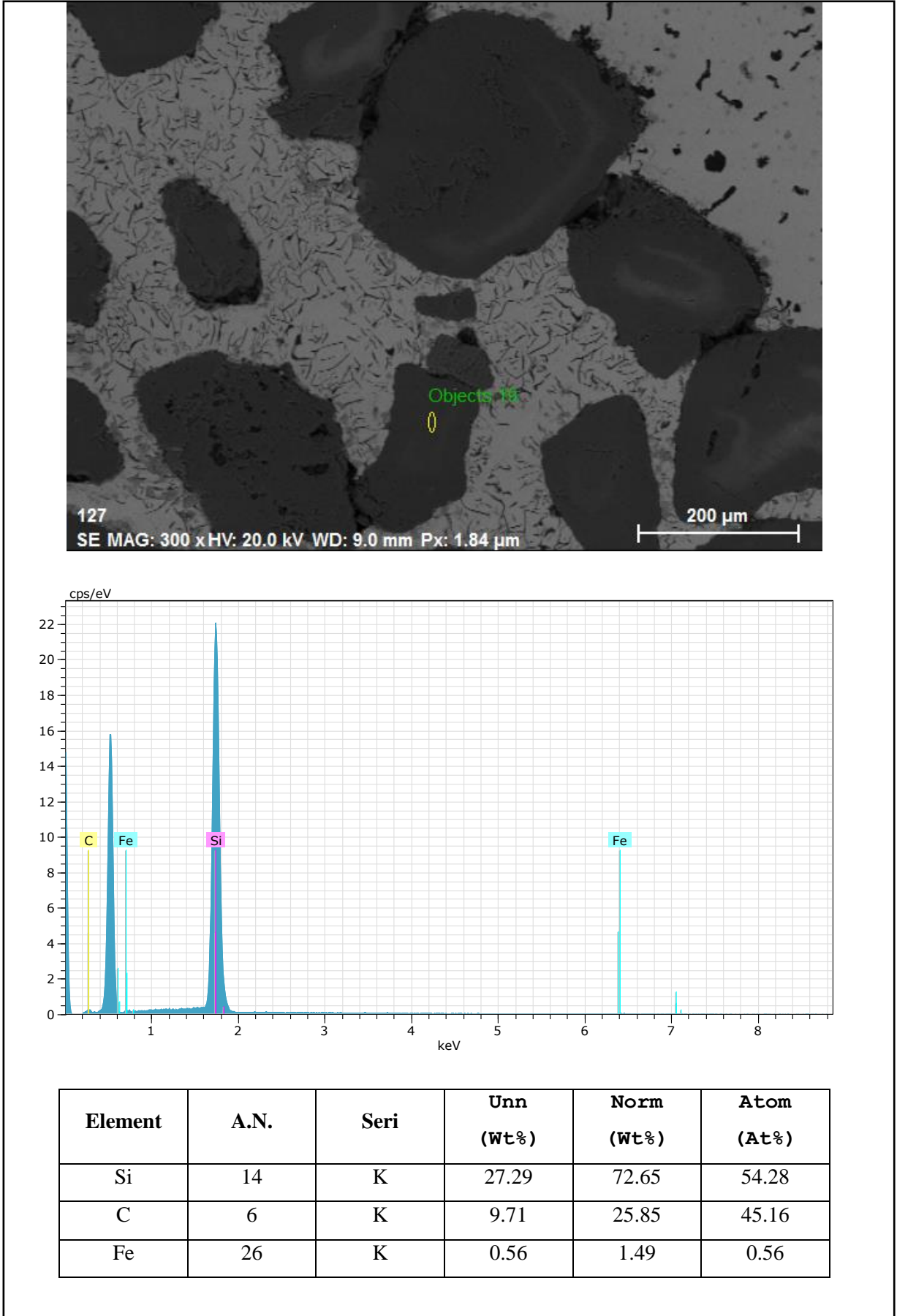
Şekil 4.4 Takviyeden alınan XRD analizi



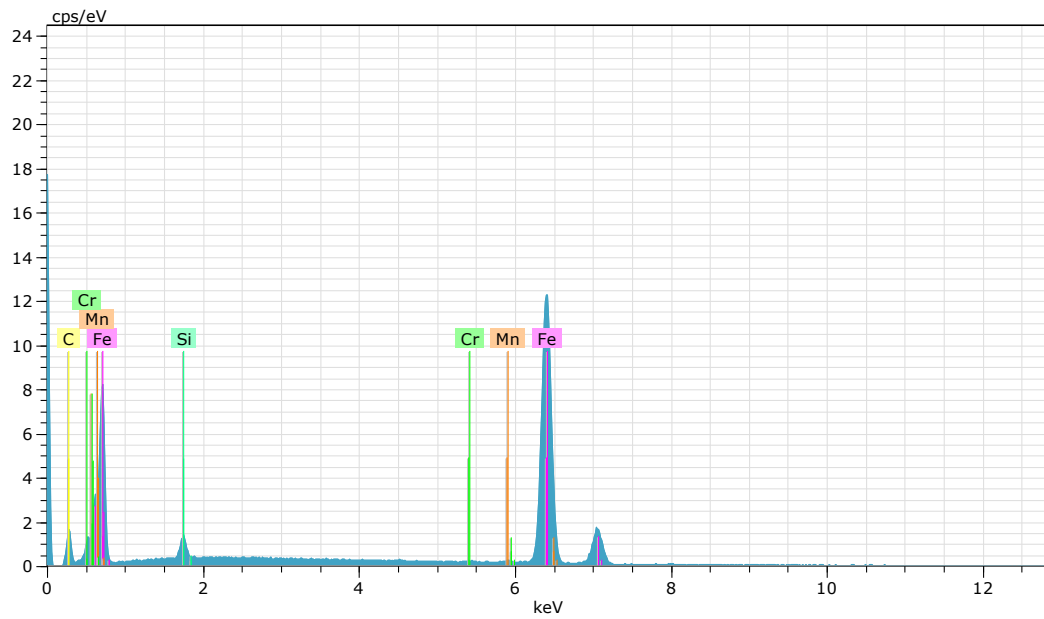
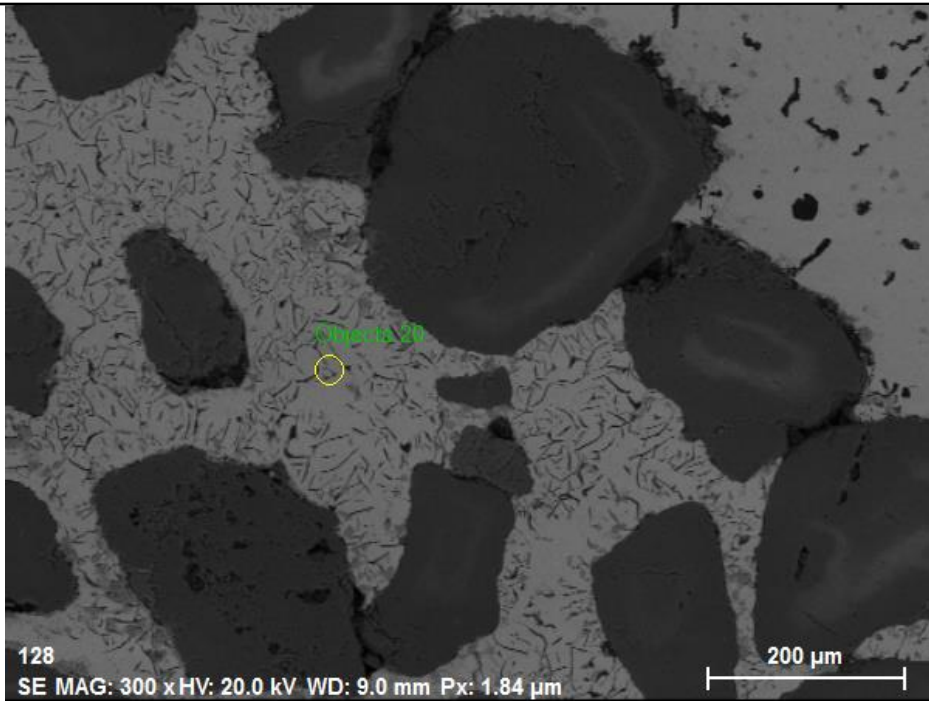
Şekil 4.5 Matriksden alınan XRD analizi

4.1.3 EDS analiz sonuçları

Matriksden ve takviyeden (şekil 4-6 ve şekil 4-7) EDS analizler alınarak XRD sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların uyum içinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.6 Takviyeden alınan EDS analizi

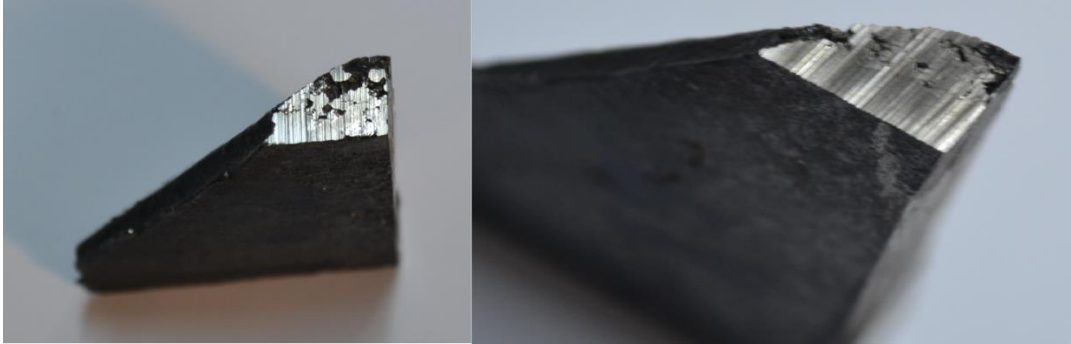


Element	A.N.	Seri	Unn (Wt%)	Norm (Wt%)	Atom (At%)
Fe	26	K	77.88	79.81	47.75
C	6	K	17.52	49.94	49.94
Si	14	K	1.59	1.94	1.94
Mn	25	K	0.43	0.27	0.27
Cr	24	K	0.16	0.10	0.10

Şekil 4.7 Matrisden alınan EDS analizi

4.1.4 Aşınma sonuçları

Aşınma yüzeyi fotoğraflarına (Şekil 4-6) bakıldığında yüzeyde oluşan çiziklerden aşınma mekanizmasının abrasiv aşınma şeklinde olduğu söylenebilir.

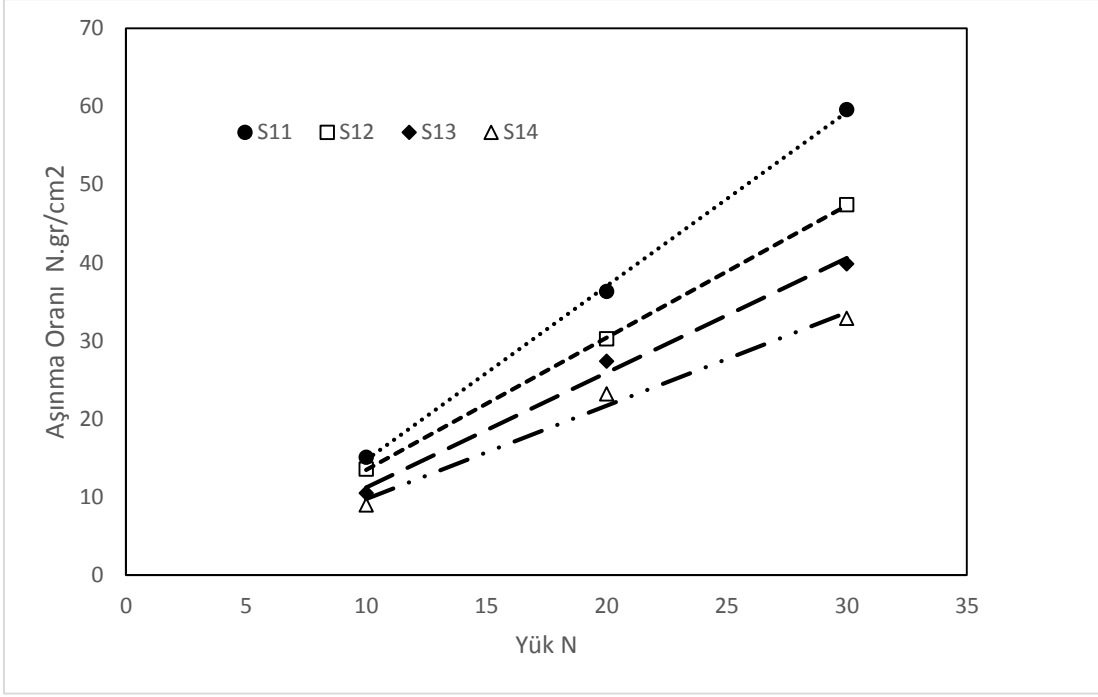


Şekil 4-8 Aşınma yüzey fotoğrafları

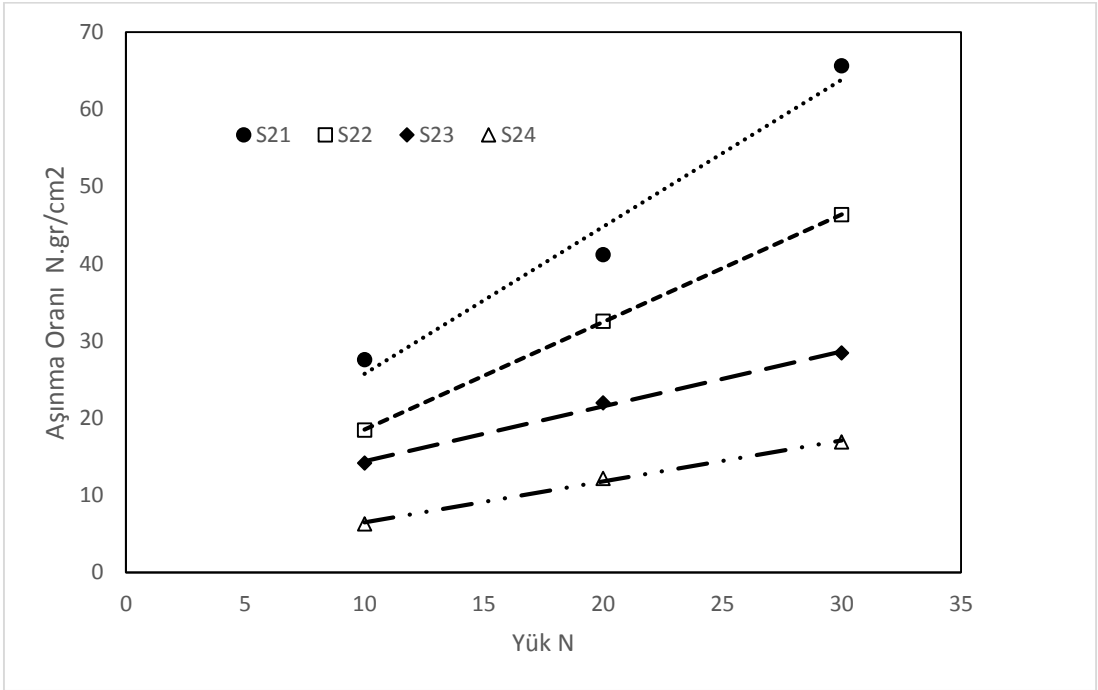
Numunelerin aşınma test sonuçları tablo 4-1 de verilmiştir. Aşınma dayanımı en fazla olan numuneler toz boyutları en büyük olan 1000-2000 μm olan numunelerde elde edilmiştir. Dört farklı gurup üzerinde gerçekleştirilen aşınma testlerinde takviye boyutu artışının aşınma oranını düşürdüğü görülmüştür. Aşındırıcı tanelerinin yüzeyde yaptıkları tahribat esnasında takviye tanelerinin ebatlarının büyümesi aşındırıcı tanelerinin aşınma etkisini azaltmıştır. Ancak takviye oranındaki artış aşınma oranının olumsuz etkilemiştir.

Tablo 4.1 Aşınma Oranları

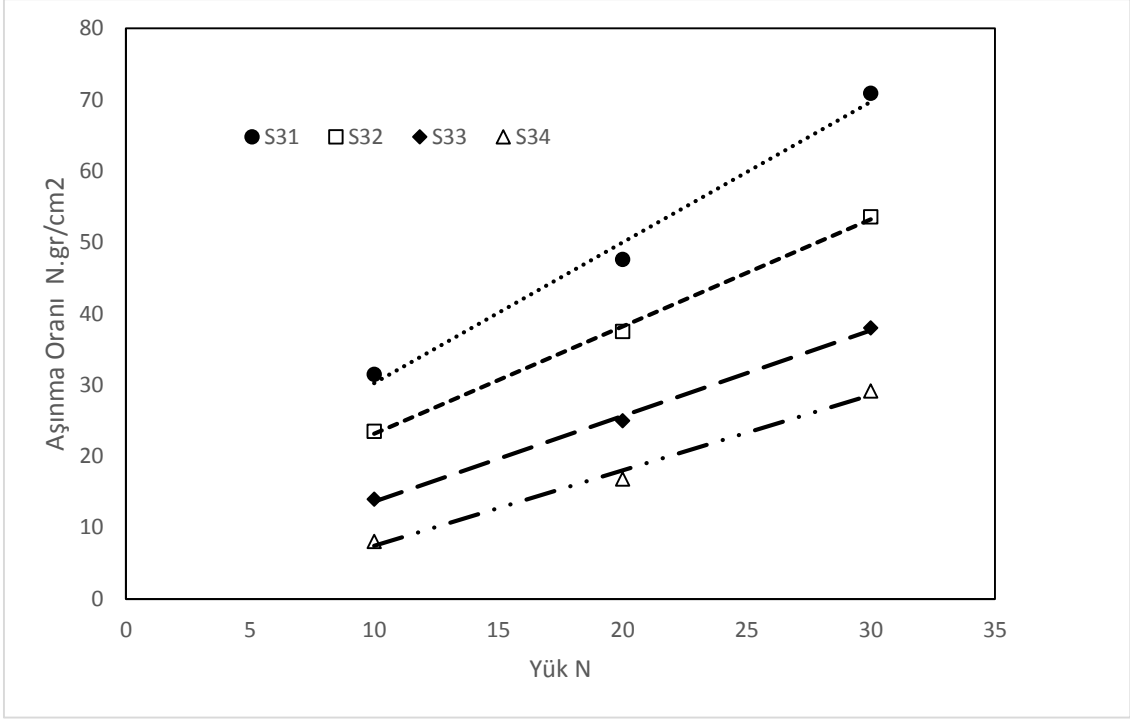
Num. No	Takviye miktarı (gr)	Takviye boyutu (μm)	Aşınma oranı (N.gr/cm ²) N=10 N	Aşınma oranı (N.gr/cm ²) N=20 N	Aşınma oranı (N.gr/cm ²) N=30 N
S41	20	<150	39,79	60,32	105,17
S42	20	150-250	23,63	42,45	78,32
S43	20	250-500	12,99	30,08	50,29
S44	20	1000-2000	9,76	23,72	41,76
S31	12	<150	31,48	47,60	70,93
S32	12	150-250	23,50	37,51	53,58
S33	12	250-500	14	25	38
S34	12	1000-2000	8,073	16,82	29,18
S21	7	<150	27,56	41,16	65,63
S22	7	150-250	18,45	32,57	46,34
S23	7	250-500	14,18	21,97	28,43
S24	7	1000-2000	6,30	12,21	16,92
S11	3	<150	15,06	36,32	59,62
S12	3	150-250	13,55	30,24	47,42
S13	3	250-500	10,48	27,36	39,85
S14	3	1000-2000	8,979	23,18	32,88



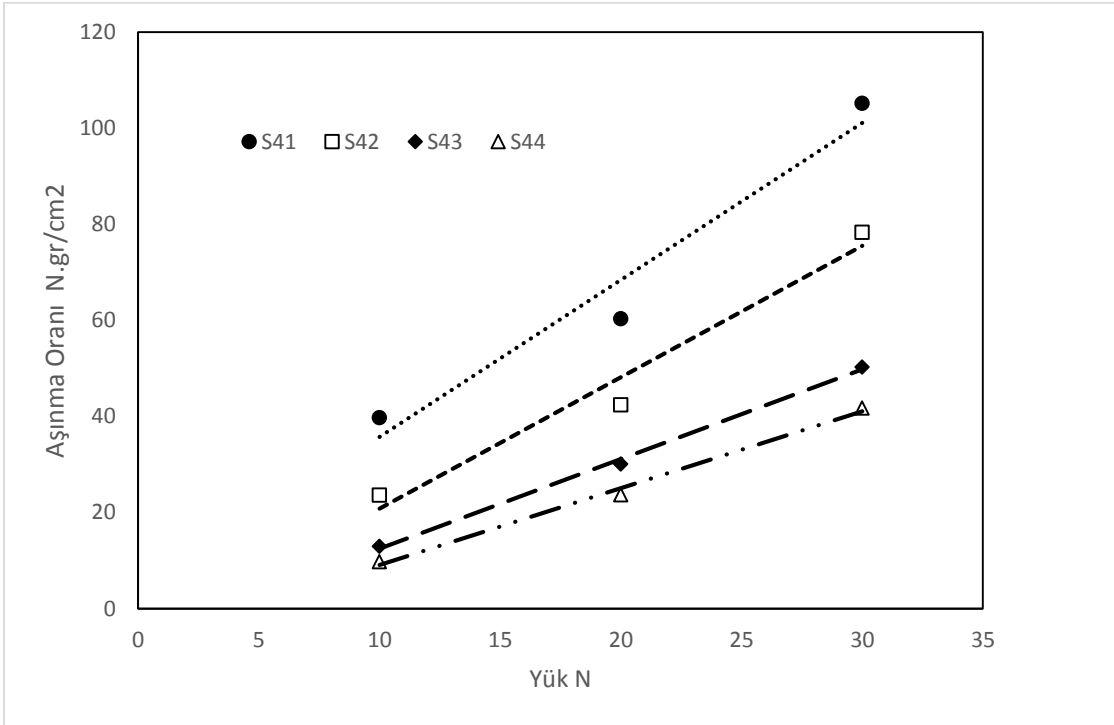
Şekil 4.9 Aşınma grafiği (1)



Şekil 4.10 Aşınma grafiği (2)



Şekil 4.11 Aşınma grafiği (3)



Şekil 4.12 Aşınma grafiği (4)

4.1.5 Sertlik analiz sonuçları

Mikrosertlik analiz sonuçları mikroyapı fotoğraflarında görülen kompozit yapının varlığını ispatlar nitelikte olduğu görülmektedir 200-400 Mv arasında olan değerler matrisin sertliği olduğu ve daha yüksek olanlar ise grafitlerin ve karbürlerin sertliği olduğu düşünülebilir.

Tablo 4.2 Mikrosetlik analiz sonuçları

S11	S14	S21	S22	S23	S24	S31	S32	S33	S41	S42	S43	S44
185	254	216	224	215	272	250	260	222	256	234	210	210
282	273	224	204	206	242	287	236	280	280	290	284	238
210	265	276	256	306	290	275	350	201	222	452	233	242
263	397	266	276	232	351	292	582	222	198	627	242	225
282	338	260	245	211	639	413	605	255	228	906	695	281
417	468	278	221	545	695	365	362	359	216	1904	974	582
358	275	320	162	420	974	531	336	398	175	834	1080	290
439	384	235	214	1037	1080	614	1057	393	275	639	1447	637
471	485	355	363	2406	1447	1451	1863	1560	356	1939	750	1030
1573	710	414	225	1173	750	386	438	1824	365	1785	834	645
1181	1021	388	205	1371	834	271	976	222	1751	1300	1451	290

4.2 Tartışma

M₇C₃ karbür tozlarının bulunduğu kısımlarda karbür taneleri matrisin soğuma hızını artırarak matriste bulunan grafitlerin küreselleşmesini engellemiştir. Döküme katılan karbür tozlarına ön ısıtma uygulanması ile bu durumun önüne geçilebileceği düşünmekteyiz.

Aşınma testi sonuçları incelendiğinde yük artışından büyük toz ebadına sahip numuneler küçük toz ebadına sahip olan numunelere göre daha az etkilenmiştir.

Takviye ebadındaki artış aşınma direncini artırmıştır. Çalışmada ebat artışına devam edilerek en ideal takviye ebadı belirlenmelidir.

Takviye türleri konusunda çalışmalar yapılarak en verimli ve en ekonomik takviye tipi belirlenmelidir

Takviye miktarındaki artış aşınma direncini olumsuz etkilemiştir. Takviyeler yapıya soğuk eklendiklerinden döküm sıcaklığını olumsuz etkilemiş olma ihtimali yüksektir. Bu sebeple takviye miktarındaki artış ile birlikte takviye ve matris arasında kalan boşluk miktarı

artmıştır. Bu durum aşınma oranı üzerinde istenmeyen sonuçlar oluşturmuştur. Döküm esnasında takviyelerin sıcak eklenmeleri yapıda matris ile takviye arasındaki bağı olumlu etkileyecektir.

Döküm esnasında devir miktarındaki değişim yapıda matris ile takviye arasındaki bağı olumlu etkileyebilir.

5. KAYNAKLAR

- (2006). *Toprak İşleme Alet Ve Makineleri*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- (2011). *Metalürji Teknolojisi*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Akbulut, H. (1995). *Alümina Fiber Takviyeli Al-Si Metal Matriksli Kompozit Üretimi Ve Mikroyapı Özellik İlişkilerinin İncelenmesi*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aran, A. (1999). *Metal Döküm Teknolojisi*. İstanbul: Birsen Yayınevi, ,S 74-87.
- Aslan, S. (2005). Doktora Tezi. *Sic Ve Grafit Takviyeli Çinko Alüminyum Hibrid Kompozit Malzemelerin Aşınma Davranışının İncelenmesi*. SAÜ.
- Aydın, M. (2003). *Sic Parçacık Takviyeli 7075 Alüminyum Alaşım Matriksli Kompozit Malzemelerin Difüzyon Kaynağı*. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cooke, T. (1991). *Inorganic Fibers-A Literature Review*. J. Amer. Ceram. Soc., Vol: 74, Pp 2959-2978.
- Çavuşoğlu, E. N. (Döküm Teknolojisi I). İstanbul: İTÜ Matbaası S 176- 179.
- Delijie, M. K. (2002). *Some New Directions İn Aluminum-Based PM Materials For Automotive Applications*. Materialı İn Tehnologije 36 101-105.
- Er, Ü. (2003, Mart). *Bor Yarınlımlı Yüzeyi Sertleştirilmiş Çeliklerin Aşınmaya Karşı Dayanımlarının Ve Pulluk Uç Demirlerinde Uygulama Olanaklarının Araştırılması*. BURSA.
- Ersümer, A. (1986). *Demir Dökümü*. İstanbul : Coşkun Ofset S 1-60.
- Howe, J. M. (1993, Volume: 38, Issue: 5, Pages: 233-256). *Bonding, Structure, And Properties Of Metal/Ceramic Interfaces: Part 1 Chemical Bonding, Chemical Reaction, And Interfacial Structure*. International Materials Reviews.
- Kaw, A. K. (2006). *Mechanics Of Composite Materials*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Mertgenç, E. (2004, Ağustos). Yüksek Lisans Tezi. *Savurma Döküm Yöntemiyle Metal Matriksli Kompozit Malzeme Üretiminin Araştırılması*. Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü.

- Şenay, S. (2013, Haziran). *Pulluk Uç Demirlerinde Kullanılan Borlanmış AISI 1050 Çeliği İle AISI 1020 Çeliğinin Aşınma Ve Bazı Mekanik Özellikler Yönünden Karşılaştırılması*. KARABÜK.
- Taha, M. A. (2001). *Practicalization Of Cast Metal Matrix Composites Mmccs*. *Materials And Design* 22 431-441.
- Tarhuni, M. (1996). *Bazı Kültivatör Uç Demielerinde Aşınmanın Azaltılabilmesini Sağlayan Yöntemler Üzerine Araştırmalar*. İZMİR.
- Willam D. Callister, D. G. (2013). *Malzeme Bilimi Ve Mühendisliği*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında İstanbul'da doğdu ilk ve orta öğretimini Gaziosmanpaşa 'da lise öğretimini 2007 yılında Bayrampaşa'da tamamladıktan sonra Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü 2013 bitirdi. Yüksek lisans eğitimine Sakarya Üniversitesinde başladı, daha sonra Namık Kemal Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak başladıktan sonra yüksek lisans eğitimine Namık Kemal Üniversitesinde halen devam etmektedir.