T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UÇAK GÖVDE MOTOR BAKIM ANABİLİM DALI

YÜKSEK HIZLI MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ AL-ZN ESASLI KOMPOZİT MALZEMEYE ZN MİKTARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Hazırlayan
Eyyüp ÖZBAY

Danışman
Doç. Dr. Veysel ERTURUN

Yüksek Lisans Tezi

Şubat 2024
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UÇAK GÖVDE MOTOR BAKIM ANABİLİM DALI

YÜKSEK HIZLI MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ AL-ZN ESASLI KOMPOZİT MALZEMEYE ZN MİKTARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Eyyüp ÖZBAY

Danışman
Doç. Dr. Veysel ERTURUN

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2021-11529 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Şubat 2024
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Eyyüp Özbay

İmza

“Yüksek Hızlı Mekanik Alaşımlama Yöntemiyle Üretilmiş Al-Zn Esaslı Kompozit Malzemeye Zn Miktarının Etkisinin Araştırılması” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Eyyüp ÖZBAY	Doç. Dr. Veysel ERTURUN
İmza	İmza

Uçak Gövde Motor Bakım ABD Başkanı

Doç. Dr. Veysel ERTURUN

İmza

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Veysel ERTURUN'a, deneysel çalışmalarımda destek aldığım hocam Arş.Gör. Figen KÖKLÜ'e ve bu tezi FYL-2021-11529 kodlu proje ile destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Eyyüp ÖZBAY

Şubat 2024, KAYSERİ

YÜKSEK HIZLI MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ AL-ZN ESASLI KOMPOZİT MALZEMEYE ZN MİKTARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Eyyüp ÖZBAY

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Şubat 2024
Danışman: Doç. Dr. Veysel ERTURUN

ÖZET

Mekanik alaşımlama uygulandıktan sonra sinterleme yöntemi ile başarılı Al-Zn-Mg-Cu-SiC kompozit malzemeleri elde edilmiştir. Malzemede homojen dağılım gözlenmiştir. Sırasıyla mekanik alaşımlama, X-Işını kırınım analizi (XRD) grafikleri, sinterleme, parlatma, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağıtıcı X-Ray Analizi (EDX) görüntüleri ve mikro sertlik testleri uygulandı. XRD analiz sonuçlarında alaşımlama süresi arttıkça Al pik yüksekliğinin azaldığı gözlenmiştir. 90 dakika sinterlenen numuneler incelendiğinde Zn oranı arttıkça sertliğin arttığı açıkça görülmektedir. Ayrıca EDX analiz sonuçları da XRD sonuçlarını desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Mekanik alaşımlama, Sinterleme, Kompozit malzeme, Al

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ZN AMOUNT ON AL-ZN BASED COMPOSITE MATERIAL PRODUCED BY HIGH SPEED MECHANICAL ALLOYING METHOD

Eyyüp ÖZBAY

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, February 2024
Supervisor: Assoc. Dr. Veysel ERTURUN

ABSTRACT

After applying mechanical alloying, successful Al-Zn-Mg-Cu-SiC composite materials were obtained by the sintering method. Homogeneous distribution was observed in the material. Mechanical alloying, X-Ray diffraction analysis (XRD) graphics, sintering, polishing, Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDX) images and micro hardness tests were applied respectively. In the XRD analysis results, it was observed that the Al peak height decreased as the alloying time increased. When the samples sintered for 90 minutes are examined, it is clearly seen that the hardness increases as the Zn ratio increases. Additionally, EDX analysis results also support XRD results.

Keywords: Mechanic alloying, Sintering, Composite materials, Al

İÇİNDEKİLER

YÜKSEK HIZLI MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ AL-ZN ESASLI KOMPOZİT MALZEMEYE ZN MİKTARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK iii
ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR x
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1 Literatür Çalışması 2

2. BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Yöntem 5
2.2. Kullanılacak Tozların Özellikleri 7
2.3. Mekanik Alaşımlama İşlemi 7
2.4. Numunelerin İçerikleri ve Farklılıklar 7
2.5. Sinterleme İşlemi 10
2.6. Parlatma 12

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. XRD Uygulamaları 13
3.2. EDX Analizleri 18
3.3. SEM Görüntülemesi 24
3.4. Mikro Sertlik Ölçümleri 25

4. BÖLÜM
SONUÇLAR

4.1. Sonuçlar.....26
KAYNAKÇA 27
ÖZGEÇMİŞ.....29

KISALTMALAR

CF	: Karbon Fiber
EDX	: Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi
GNP	: Grafen Nano Plaka
MA	: Mekanik Alaşımlama
MMC	: Metal Matrisli Kompozit
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
XRD	: X-Işını Kırınım Spektrometresi

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Kullanılan tozların saflık değerleri ve partikül büyüklüğü 7
Tablo 2.2. Örnek kodları ve tozların ağırlık yüzdesi oranı 8

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İşlem adımları 6
Şekil 2.2. Şişe görseli 8
Şekil 2.3. Yarısı bilye doldurulmuş şişe 9
Şekil 2.4. Retsch MM400 bilyeli öğütücü 10
Şekil 2.5. Pres cihazı ve fırın 11
Şekil 2.6. Metkon Forcipol 1V cihazı 12
Şekil 3.1. Alaşımsız numunelerin XRD grafikleri 14
Şekil 3.2. 30 dakika boyunca alaşımlanan numunelerin XRD grafikleri 15
Şekil 3.3. 60 dakika boyunca alaşımlanan numunelerin XRD grafikleri 15
Şekil 3.4. 90 dakika boyunca alaşımlanan numunelerin XRD grafikleri 16
Şekil 3.5. Artan Zn içeriği ve alaşımlama süreleri ile kristal boyutunda değişiklik .. 17
Şekil 3.6. Artan Zn içeriği ve alaşımlama süreleri ile kafes şekil değiştirmesindeki değişim 18
Şekil 3.7. EDX ile 60 dakika süreyle %6 Zn alaşımı içeren numunenin element analizi 19
Şekil 3.8. EDX ile 60 dakika süreyle %6 Zn alaşımı içeren numunenin element analizi 20
Şekil 3.9. % 6 Zn içeren numunenin EDX ile 60 dakika element analizi 22
Şekil 3.10. EDX ile 60 dakika boyunca %6 Zn alaşımı içeren numunenin element analizi 23
Şekil 3.11. 90dk alaşımlama yapılmış numunelerin SEM-EDX görüntüleri 24
Şekil 3.12. Artan % Zn miktarı ile Micro Vickers sertlik değişimi 25

GİRİŞ

Kompozit malzemeler artık yeni bir seviye olarak değerlendirilmektedir. Mevcut malzemeler yalnız başlarına teknoloji karşısında fazlalaşan gereksinimlere karşılayamaz hale gelmesi ile başlayıp ve o zamandan beri de bu malzemelerin üretimi ve mekanik özellikleri üzerine araştırma ve geliştirme faaliyetleri ilerleyerek devam etmektedir [1]. Kompozit malzemeler, özel uygulama alanları için daha iyi fiziksel ve mekanik özellikler kazanmak amacıyla belirli özelliklerde değişik fazdaki malzemelerin birleştirilmesi ile oluşan malzemeler olduklarında çok fazlı malzeme olarak da isimlendirilir [1].

Mekanik alaşımlama sayesinde mikron boyuttaki toz partikülleri birleştirip sonradan tekrar koparark aralarında bağ oluşturacak ve böylelikle yavaş yavaş daha iyi birleşmesi gerçekleşecektir. Böylelikle de istenilen mukavemete sahip malzeme üretilmiş olacaktır [2].

Bu tez çalışmasında, metal matriksli kompozitlerin mekanik alaşımlama sonrası üretimi ve mikro yapı incelemeleri ele alınacaktır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1 Literatür Çalışması

AA-7075 alüminyum alaşımına bakır ilavesinin mikro yapı ve mekanik davranışa etkisi incelenmiş ve Cu ilavesi arttıkça kompozitin sertleştiği görülmüştür. Ancak bakır yüzdesi yüksek olan Alüminyum alaşımlarının gıda paketleme ve işleme endüstrileri için stratejik bir yaklaşım değildir. İntermetalik fazlar ile homojen olarak dağılmış bakırın eklenmesi, numunelerin ince tane boyutunu ve çekme mukavemetini iyileştirmiş, ancak mikro ayrışmada bir azalma gözlenmiştir. Bu sayede geliştirilen alüminyum alaşımlı kompozitlerin mekanik özellikleri arttırılmıştır [3].

Matrisin taneleri, karşılıklı ekstrüzyon (RE) uygulanarak rafine edildi. Alüminyum metal matris kompozitlerin aşınma ve sürtünme davranışı, pistonlu ekstrüzyonla iyileştirilir. Ekstrüde edilmiş numunelerin aşınma direnci, ağırlık kaybı ve sertlikleri arasında bir ilişki olduğu açıkça tespit edilmiştir. Karşılıklı ekstrüzyonda yükün ve geçiş sayısının artması üretilen numunelerin ağırlık kaybının artmasına neden olmuştur [4].

Toz metalürjisi ve çözelti karıştırma yöntemleri ile üretilen A A6061 B4C ve grafen nanoplatelet (GNP) kompozitlerinin mekanik, elektrokimyasal ve tribolojik davranışları araştırıldı. AA 6061 B4C ve GNP kompozitleri, basınç dayanımı ve sertlikte önemli bir artış gösterirken, sürtünme katsayısı ve aşınma oranlarında belirgin bir düşüş göstermiştir [5].

Toz metalürjisi ve çözelti karıştırma yöntemleri ile üretilen A A6061 B4C ve grafen nanoplatelet (GNP) kompozitlerinin mekanik, elektrokimyasal ve tribolojik davranışları araştırıldı. AA 6061 B4C ve GNP kompozitleri, basınç dayanımı ve sertlikte önemli bir artış gösterirken, sürtünme katsayısı ve aşınma oranlarında belirgin bir düşüş göstermiştir [6].

Karbon fiberler (CF'ler), üstün özelliklerinden dolayı yeni kompozitler sentezleyen birçok endüstride çok yaygın hale gelen malzemelerdir. Dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar, karbon fiber takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesine odaklandılar. Rajesh ve Mahesha, nikel kaplı karbon fiberleri Al7075 ile güçlendirdi ve ardından bunları mekanik ve tribolojik testlere tabi tuttu. Kompozitin çekme dayanımı %26 artarken, kompozitin sertliğinin 79 Brinell sertliğine kadar çıktığı gözlemlendi. Tribolojik çalışmalarda, kayma aşınma testi sonuçları artan kayma mesafesi ile aşınma oranının arttığını göstermiştir [7].

Birçok temel uygulamada kullanılan alüminyum, başta AA 7075 olmak üzere uçak endüstrisindeki önemi nedeniyle araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. 7075 alaşımı, Al-Cu-Mg gibi yüksek mukavemetli malzemeler içerir, ancak birincil alaşım bileşeni aracılığıyla bakır yerine Zn içerir. Al-Zn-Mg bileşen 7075'in ısıl işlemiyle elde edilen özelliklerdeki farklılıklar çözeltinin çökelmesinden ve kürleşme işleminden kaynaklanmaktadır [8]

Manjunath vd. bu çalışmada, Alüminyum-Çinko-Magnezyum alaşımları (ağırlıkça %5, ağırlıkça %10 ve ağırlıkça %15 Çinko ve ağırlıkça %2 Magnezyum) metal ile hazırlanmıştır. Çinkonun hazırlanan alaşımlar üzerindeki etkisini incelemek için mikroyapı ve mekanik özellikler incelenmiştir. Malzemedeki Çinko'daki artış, ikincil parçacıkların artmasına neden olur. Mekanik özellikleri araştırmak için mikrosertlik ve gerilim deneyleri yapılmıştır. Malzemedeki Çinko'daki artış, mikrosertlik ve gerilim mukavemetinin artmasına yol açar. Ancak malzemenin sünekliği, malzemedeki Çinko'nun artmasıyla azaldı [9].

Hekimanoğlu ve Turan çalışmalarında araştırılan kompozit malzemelerin özgül mukavemet değerlerinin %20 çinko oranına kadar önemli bir artış gösterdiği, %20-30 çinko aralığında önemli bir değişiklik sergilemediği, fakat %30 oranından sonra azaldığı görülmüştür. Çinko oranının artması ile özgül mukavemet değerinde meydana gelen artış kompozit malzemenin çekme mukavemeti değerlerindeki artışın yoğunluğundaki artıştan daha fazla olmasından, azalma ise yoğunluk değerlerinin artarken çekme mukavemeti değerlerinin değişmemesinden veya azalmasından dolayıdır. %20-30 çinko aralığında alaşımların özgül mukavemet değerlerinde önemli bir değişim olmaması ise çekme

mukavemetlerindeki meydana gelen değişimin yoğunluk değerlerinde meydana gelen değişim ile eşitlenmesinden dolayıdır [10].

Toz metalürjisi yöntemiyle ile üretilen malzemeler her alanda kullanılmaktadır. Toz metalürjisinin kullanım alanları; uçak fren balataları, elektrik temas elemanları, yüksek şiddetli ışıklar, diş yenileme, yataklar, otomobil transmisyon milleri, zırh delici mermiler, nükleer güç yakıt çubukları, ortopedik protezler, yüksek sıcaklık filtreleri, yeniden doldurulabilen piller, saat gövdeleri, elektronik kapasitörler ve jet motoru türbinleri. Sonuç olarak, tozlar her alanda yaygınlaşmıştır [11].

Döküm işleminde AlZnMgCu alaşım eriyiklerine nikel-alüminid toz takviyesi eklenmiştir. Ayrıca, nikel alüminid içermeyen kaplamaların kaplama verimleri arasında önemli bir fark yoktur. Nikel-alüminid kaplamanın sertliği, nikel-alüminid kaplamaya göre %32'ye kadar artmasına rağmen, nikel-alüminid kaplamanın termal kararlılığı etkilenmemiştir [12].

Rofman vd. çalışmalarında, Mekanik alaşımlama, MMC'lerin üretiminde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Toz öğütme özelliklerine odaklanılarak SiC parçacıklarının çeşitli hacim oranlarında AA2024 alüminyum tozu ile yüksek enerjili bilyeli öğütülmesi gerçekleştirildi. Mekanik alaşımlama sonrasında XRD analizlerinde maksimum yarı genişlikte artış ve daha yüksek açılarda piklerde kayma gözlenmiştir [13].

Makhmutov vd. çalışmalarında, Mekanik alaşımlama sonrasında seramik tozları metalik matris içerisinde homojen bir şekilde dağılmıştır [14].

Lee vd. Mekanik olarak alaşımlanmış Al60Cr30Si10 toz intermetalikleri gibi yapısal özellikler, aşırı doymuş katı çözeltinin başlangıçtaki topaklanmadan ciddi plastik deformasyona kadar olan tepe noktası kayması ve genişlemesinde gözlemlenebilir. Mikroyapısal kanıtlar SEM kullanılarak araştırılmıştır [15].

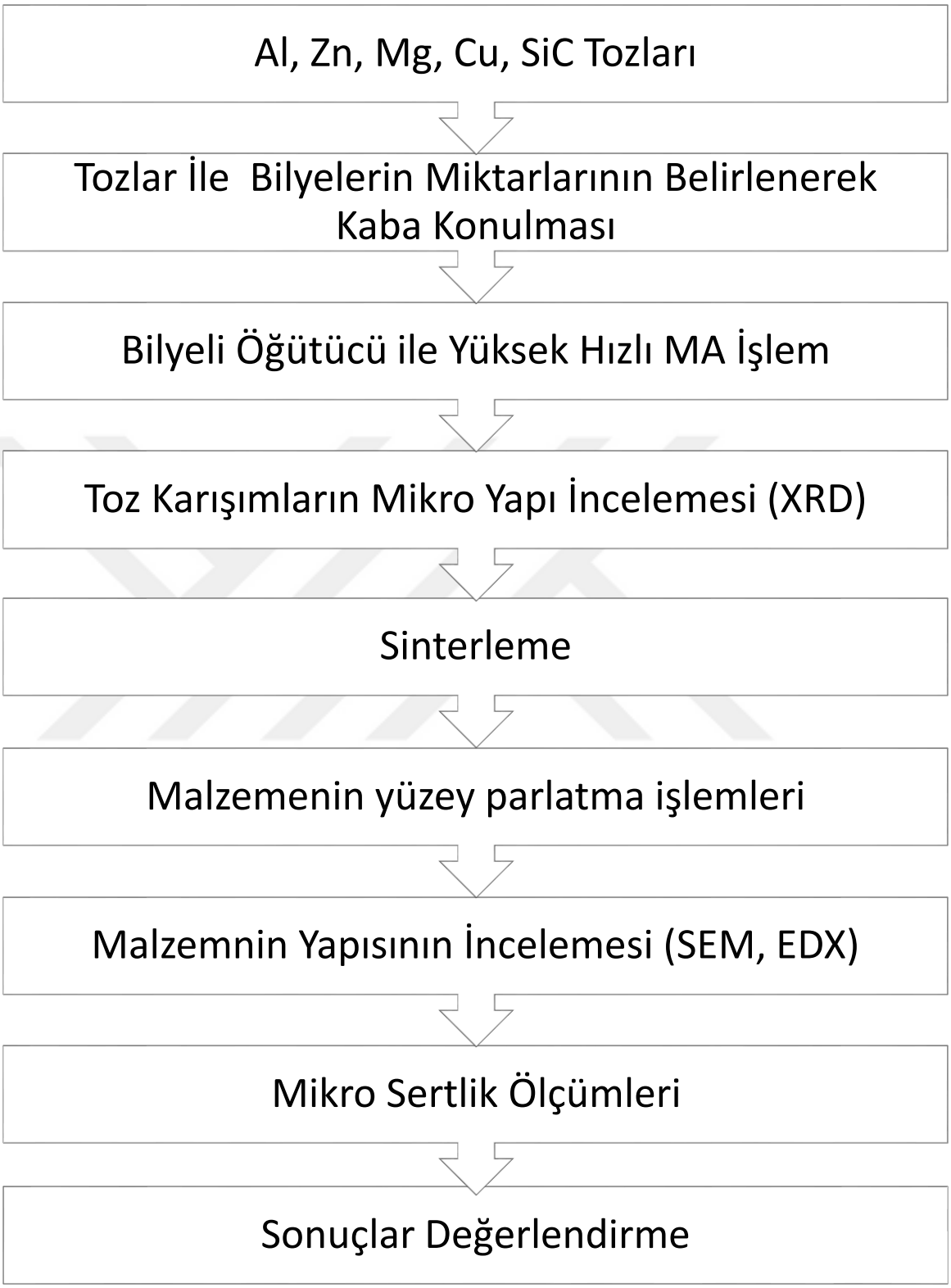
2. BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Yöntem

Bu çalışmada, çinkonun alüminyum matrisli kompozit (AMK) malzemelere mekanik özellikler kazandırma ve mikro yapı üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Belirli oranlarda ve boyutlardaki alüminyum, magnezyum, bakır ve silisyum karbür tozlarına toz halinde çinko, farklı miktarlarda katılmıştır ve farklı sürelerde mekanik alaşım işlemine (MA) tabi tutulmuştur. Bu işlemde yüksek frekanslı çalışabilen bir Retsch MM 400 bilyeli öğütücü kullanılmış. Daha sonra, elde edilen farklı toz alaşımlar X-ışını kırınımı (XRD) cihazında incelenerek analiz edilmiş. MA işlemi sonrası, bu farklı tozlar belirli bir sıcaklıkta ve zaman aralığında sinterlenmiş ve küçük numuneler üretilmiş. Üretilen numuneler SEM ve optik mikroskopla incelenerek mikro yapı analizi yapılmış ve son olarak Vickers mikrosertlik testleri yapılmıştır.

Çalışmadaki genel işlem adımları şekil 2.1'deki gibidir.



Şekil 2.1. İşlem adımları

2.2. Kullanılacak Tozların Özellikleri

Deneylerde kullanılan tozların partikül büyüklükleri ve saflık dereceleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Tozlar ve toz oranları belirlenirken içeriğine benzer şekilde havacılıkta yaygın olarak kullanılan Al7075 alüminyum alaşımı seçilmiştir. Ek olarak, metal matrisli bir kompozit oluşturmak için SiC eklendi.

Tablo 2.1. Kullanılan tozların saflık değerleri ve partikül büyüklüğü

	Al	**Zn**	**Mg**	**Cu**	**SiC**
Saflık Değeri	99.5 %	97.5 %	99 %	99.9 %	99.5 %
Partikül Boyutu (µm)	7-15	4-7	45	10	7

2.3. Mekanik Alaşımlama İşlemi

Al, Zn, Mg ve Cu metal tozlarına SiC seramik tozu ilave edilmiş ve Retsch MM 400 mikser öğütme cihazında 15 Hz frekansta 30, 60 ve 90 dakika Mekanik alaşım (MA) işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için hiç karıştırılmamış numunelerde bu kompozisyonlar hazırlanarak toplam 16 farklı numune elde edilmiştir. MA işleminde 3 mm çapında çelik bilyeler kullanılmış ve bilyanın ağırlıkça toza oranı 10:1 olarak seçilmiştir. MA için kullanılan karıştırma kaplarına oksitlenmeyi önlemek için argon gazı enjekte edilmiştir.

2.4. Numunelerin İçerikleri ve Farklılıklar

Numunelerin kodları ve tozların ağırlık yüzdeleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi Zn yüzdesi %0, %3, %6 ve %9 olarak değiştirilmiş ve 4 farklı numune elde edilmiştir. Örneklere isim verilirken tablo 2 de örnek kodlarının önüne (30A, 60B vb.) örneklerin MA süreleri yazıldı.

Tablo 2.2. Örnek kodları ve tozların ağırlık yüzdesi oranı

Örnek Kodları	**Malzemelerin Ağırlıkça Katılma Oranı (wt. %)**				
	Al	Zn	Mg	Cu	SiC
A	90	0	4	1	5
B	87	3	4	1	5
C	84	6	4	1	5
D	81	9	4	1	5

MA işlemi sonrasında oluşan farklı fazların tespiti için bir miktar toz ayrıştırılarak XRD analizleri yapılmıştır. MA işlem süresinin ve Zn miktarındaki değişimin alaşımlaşmaya etkisini belirlemek için XRD grafikleri çizilmiştir. XRD analizlerinden malzemelerin alaşımlanma oranları ve alaşım oluşmadan önce kalan tozların durumu hakkında bilgiler gözlemlenebilmektedir.

Alaşımlama işleminin yapılması için Retsch MM 400 cihazın şişe tutacaklarına uygun ve şişe Şekil 1.2 ‘de gösterilmiştir.

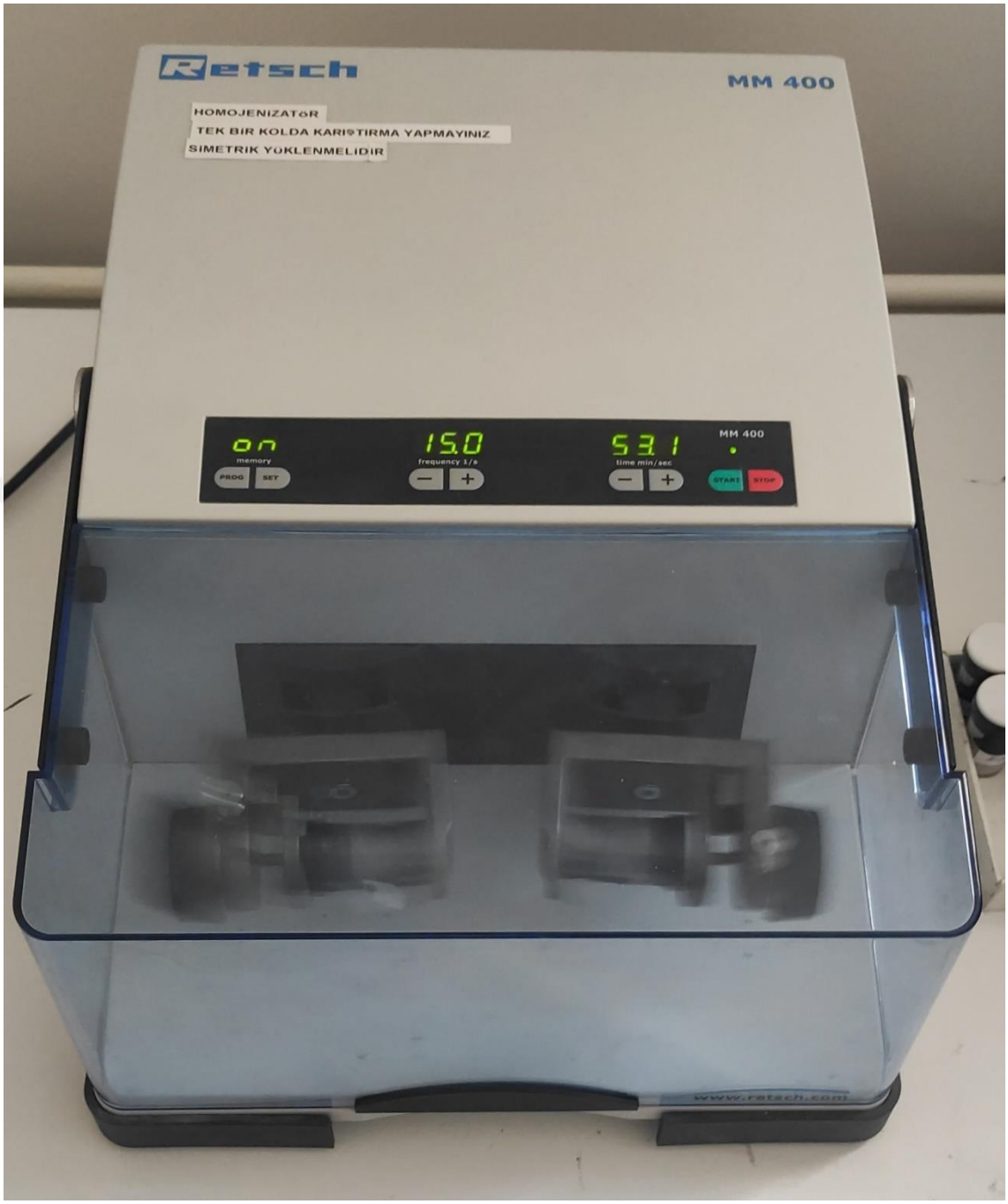


Şekil 2.2. Şişe görseli



Şekil 2.3. Yarısı bilye doldurulmuş şişe

Şekil 1.3'de gösterilen içi yarıya kadar bilye dolu şişelere 10 gramlık toz karışımının yarısı 0,110 gramlık 454 bilye ile beraber ölçülerek koyulmuştur. Aynı şekilde toz karışımının diğer yarısı da başka şişeye 0,110 gramlık 454 bilye ile koyularak bir numunenin oluşturulması için gerekli şartlar oluşturulmuştur. Bir numuneyi iki ayrı şişede hazırlama sebebi öğütücü cihazın iki başlığının senkron çalışması ve bilye/toz ağırlık oranının yakalamak istenmesindendir. Bu öğütücü Şekil 1.4.'de gösterilmiştir Daha sonra bu numuneler sinterlenerek 20 mm çapında, 10 mm yüksekliğinde billetlere dönüştürülmüştür. Basma numunelerinin hazırlanması için bu billetlerden 3'er adet telerezyon ile parçalar çıkarılmış ve bu parçalara SHIMADZU AG-XD 50kN cihazında basma testi uygulanmıştır. Telerezyon ile kesilmeyen billetler bakalite alınıp parlatıldıktan sonra içerik dağılmalarını görmek için LEO 440 bilgisayar kontrollü SEM cihazı ile görüntüleri alınmıştır. Bu görüntüleme işlemlerinden sonra tane sınırlarını ve taneleri görebilmek için keller dağlayıcı ile dağlandıktan sonra optik mikroskop görüntüleri alınmıştır. Daha sonra numunelerin mikro sertlik verilerini bulmak için EMCO TEST DUROSCAN cihazında mikro sertlikleri alınmıştır.



Şekil 2.4. Retsch MM400 bilyeli öğütücü

2.5. Sinterleme İşlemi

MA sonrası sinterleme ile 20 mm çapında ve 10 mm yüksekliğinde deney numuneleri elde edilmiştir. Sinterleme işlemi şekil 1.5 ‘de görüldüğü üzere 60 bar basınçta argon gazı ile 600 °C'de 20 dakikada gerçekleştirildi. Sinterleme işlemi sırasında kalıp yüzeylerine yapışma olmaması ve numunenin kalıptan kolayca ayrılabilmesi için kalıp duvarları sprey

grafit ile yağlanır. Numuneler parlatıldıktan sonra SEM ve OM görüntüleri alınarak mikrosertlik testleri yapılmıştır.



Şekil 2.5. Pres cihazı ve fırın

2.6. Parlatma

Sinterleme işleminin ardından bütün numuneler sırasıyla 120, 180, 240, 400, 600, 1200, 2400 ve 4000'lik zımpara kağıtlarıyla Metkon Forcipol 1V cihazında zımparalanmıştır. Daha sonra 2 mikron SiC içeren solüsyon kadife çuhaya dökülerek yüzeyi parlatılmıştır.



Şekil 2.6. Metkon Forcipol 1V cihazı

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneylerde kullanılan tozların partikül büyüklükleri ve saflık dereceleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Tozlar ve toz oranları belirlenirken içeriğine benzer şekilde havacılıkta yaygın olarak kullanılan Al7075 alüminyum alaşımı seçilmiştir. Ek olarak, metal matrisli bir kompozit oluşturmak için SiC eklendi**.**

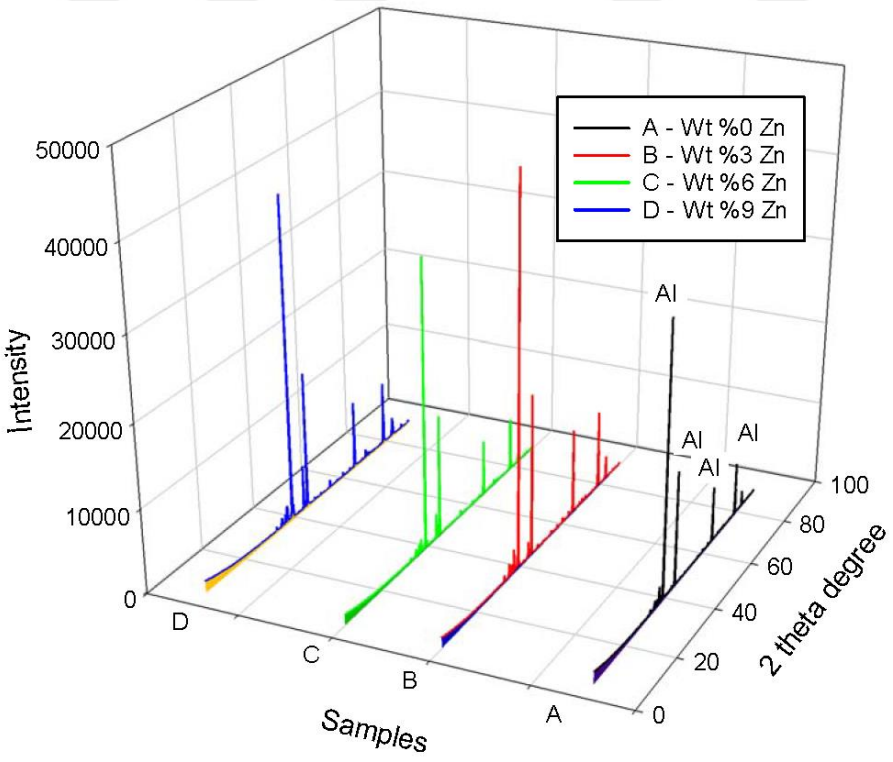
Al, Zn, Mg ve Cu metal tozlarına SiC seramik tozu ilave edilmiş ve Retsch MM 400 mikser öğütme cihazında 15 Hz frekansta 30, 60 ve 90 dakika Mekanik alaşım (MA) işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için hiç karıştırılmamış numunelerde bu kompozisyonlar hazırlanarak toplam 16 farklı numune elde edilmiştir. MA işleminde 3 mm çapında çelik bilyeler kullanılmış ve bilyanın ağırlıkça toza oranı 10:1 olarak seçilmiştir. MA için kullanılan karıştırma kaplarına oksitlenmeyi önlemek için argon gazı enjekte edilmiştir.

3.1. XRD Uygulamaları

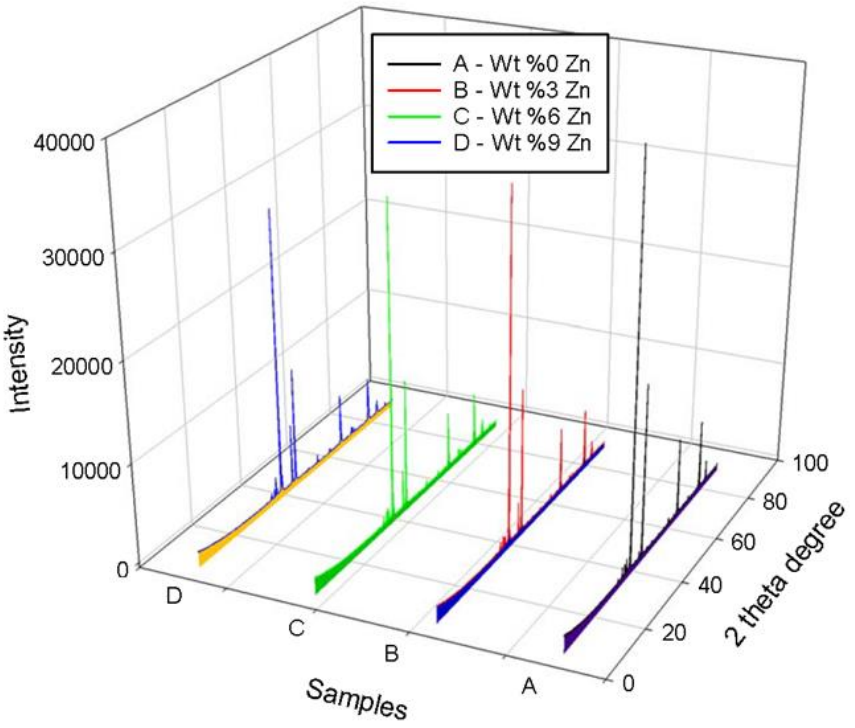
MA işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen toz numunelerin iç yapısındaki değişiklikleri belirlemek için XRD grafikleri çizildi.

MA sonrası sinterleme öncesinde toz numunelerin XRD grafikleri çizilmiş ve tozların alaşımlanma, kristal tane boyutları ve kafes şekil değiştirme durumları incelenmiştir. Alaşımsız (0 dakika), 30, 60 ve 90 dakika alaşımlı tozların XRD verilerinden elde edilen grafikler Şekil 2.1-2.4'te verilmektedir. Bu grafiklerden, karıştırma süresi arttıkça en yüksek kalitedeki alüminyum piklerin uzunluklarındaki kısalma ve genişliklerindeki artış incelenerek alaşımlama, kristal tane boyutları ve kafes şekil değiştirme koşulları ile ilgili veriler elde edildi. En yüksek pikler tüm alaşımsız, 60 ve 90 dakikalık numunelerde %3 Zn içeren numunelerde gözlendi. Şekil 2.1'deki %3 Zn içeren alaşımsız B numunesi

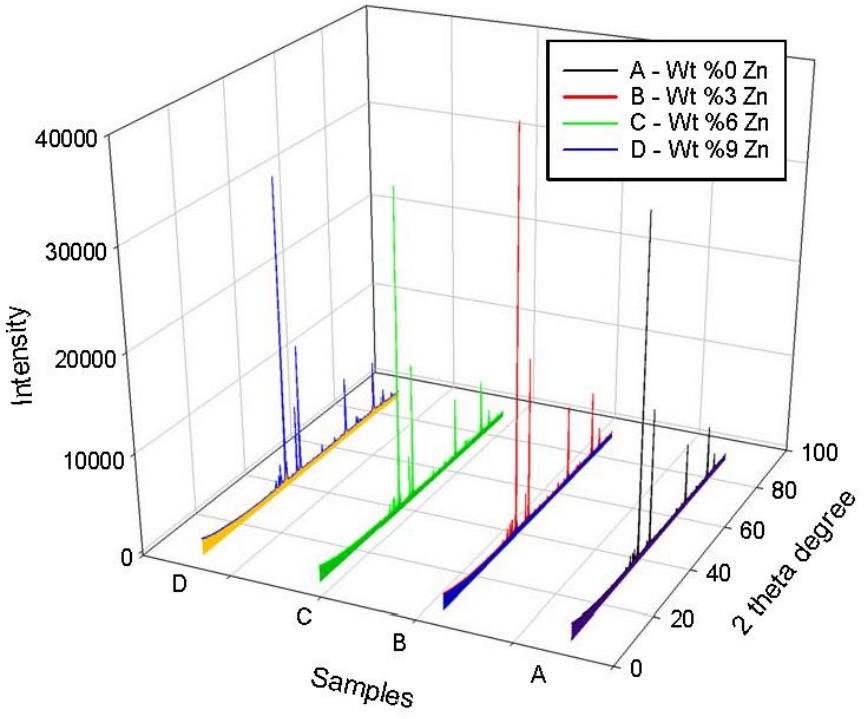
incelendiğinde grafikteki alaşımsız numunenin pik yüksekliğinin Şekil 2.2-2.4'teki 30, 60 ve 90 dakikalık alaşımlı B numunelerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Buradan alaşımlama meydana geldikçe pik boylarının kısaldığı anlaşılmaktadır. Başka bir deyişle alaşımlama süresi arttıkça Al pik yüksekliği azalmıştır. Şekil 2.1-2.4'te C ve D numunelerindeki piklerin B numunelerindeki piklerden daha kısa olduğu anlaşılmaktadır. C ve D numunelerinin alaşımlama süreleri daha uzun olduğundan alaşımlama daha fazla olduğundan C ve D numunelerindeki pikler daha kısa olmuştur. Yani %6 ve %9 Zn içeren numunelerde alaşımlama daha yüksek çıkmıştır. Buradan Zn miktarının %6 Zn'ye kadar arttırılmasının Al pik yüksekliğini arttırdığı ve %6 Zn'den sonra sabit kaldığı anlaşıldı. En iyi alaşımlama için %6 Zn miktarının yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. X-ışını kırınım analizi, işlenmiş kompozit tozlar için alüminyumun kırınım tepe noktalarının genişlediğini ve karakteristik konumlarının daha yüksek açılara doğru kaydığını gösterdi. Bu artış, MA bileşiğinde meydana gelen daha yüksek kafes gerilimine atfedilmiş ve katı çözeltiye ikinci faz geçişi nedeniyle kırınım piklerinin değiştiği sonucuna varılmıştır



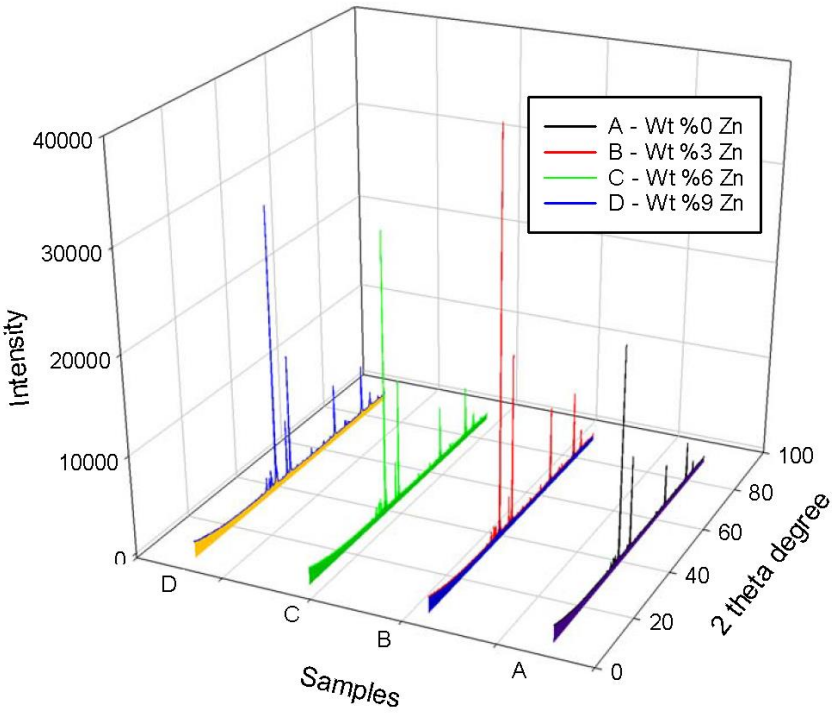
Şekil 3.1. Alaşımsız numunelerin XRD grafikleri



Şekil 3.2. 30 dakika boyunca alaşımlanan numunelerin XRD grafikleri



Şekil 3.3. 60 dakika boyunca alaşımlanan numunelerin XRD grafikleri



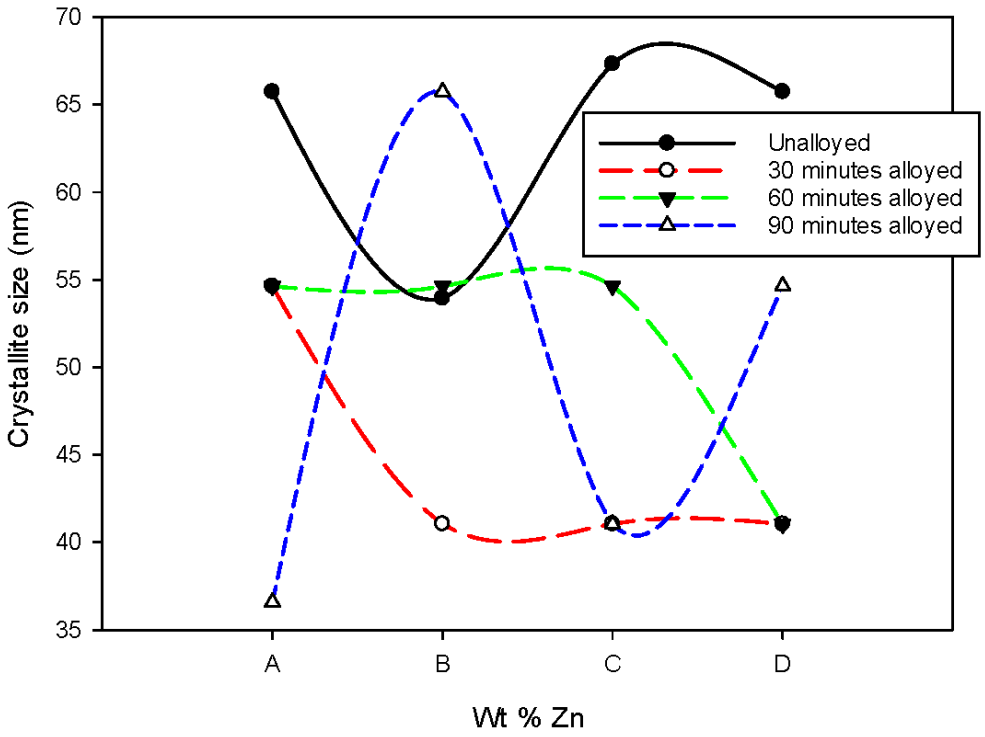
Şekil 3.4. 90 dakika boyunca alaşımlanan numunelerin XRD grafikleri

Numunelerin kristal boyutları, Scherrer denkleminde Şekil 2.1-2.4'teki grafiklerdeki veriler kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 2.5).

$D = K\lambda/(\beta\, cos\theta)$ [16].

Bu denklemde K: 0 ile 1 arasındaki şekil faktörü, D: kristal boyutu, λ: XRD dalga boyu, β: XRD'deki en yüksek dereceli pikin orta noktasındaki dalga genişliği ve θ kırınım açısı. (Alüminyum için K şekil faktörü 0,9 olarak dahil edilmiştir.) Şekil 2.5'te görüldüğü gibi A numunesindeki kristal boyutunun alaşımsız numunede en büyük, en küçük kristal boyutunun ise 90 dakikalık numunede olduğu görülmektedir. Alaşımsız numunede alaşımlama süresi arttıkça kristal boyutu azalmıştır. Kristal boyutunda yaklaşık %45'lik bir azalma vardı. Alaşım süresinin artmasıyla birlikte kristal boyutunun azalması şeklinde benzer sonuçlar literatürdeki makalelerde de elde edilmiştir [17]. Zn katkısı %9'a kadar arttırılırken alaşımlama sürelerine göre kristal boyutu artıp azalmıştır. Ancak alaşımsız numunenin kristal boyutu daha büyüktü. Burada Zn katkısının %6-9 arasında seçilmesi ve 60-90 dakika arasında alaşımlanmasıyla en küçük kristal boyutunun elde edilebileceği

sonucuna varılmıştır. Bu değerler bu çalışmada kullanılan numuneler için optimum değerler olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Artan Zn içeriği ve alaşımlama süreleri ile kristal boyutunda değişiklik

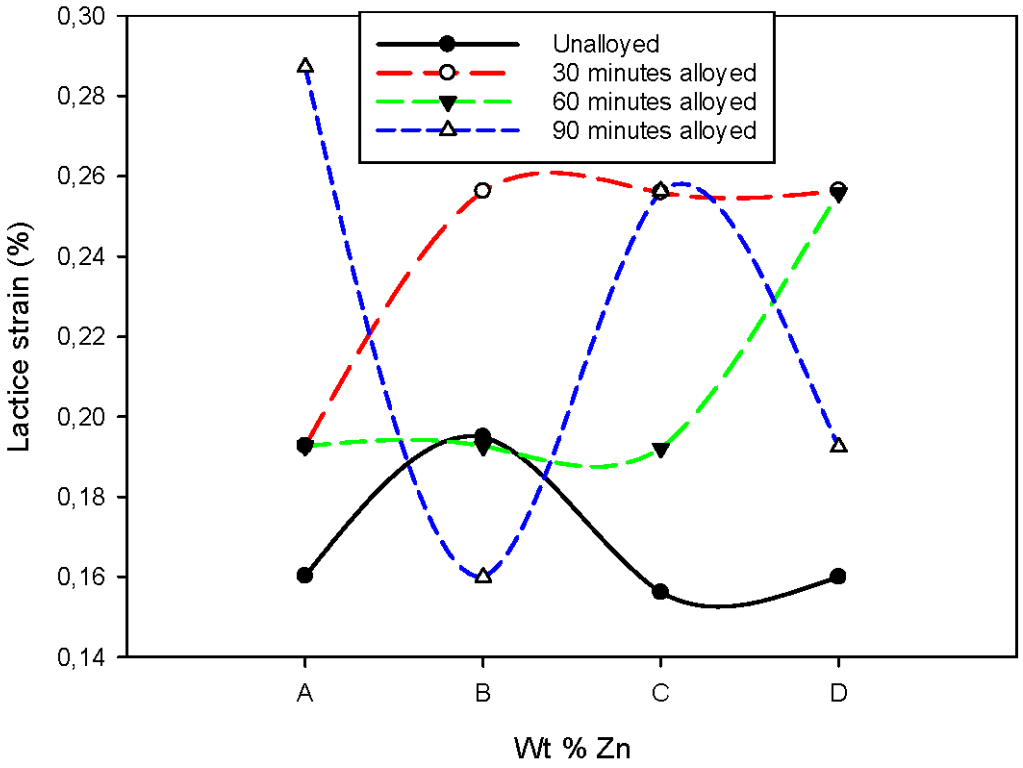
Williamson-Hall denkleminde Şekil 2.1-2.4'teki grafiklerin verileri kullanılarak, Zn miktarına ve alaşımlama süresine göre kafes gerilmesindeki değişiklikleri gösteren Şekil 2.2'daki grafik elde edilmiştir.

$$\beta r^2 = \beta o^2 - \beta i^2$$

$$\beta r = \frac{K\lambda}{D cos\theta} + \varepsilon tan\theta$$

$B_{observed}$: XRD grafiğindeki en yüksek dereceli pikin yarı noktasındaki dalga genişlemesini temsil eder, $\beta_{instrument}$: XRD grafiğinde yapay zeka tarafından hesaplanan en yüksek dereceli zirvenin yarı noktasında genişleyen dalga, βr: gerçek hesaplamada kullanılan en yüksek dereceli zirvenin orta noktasındaki dalga genişlemesi ve ε: kafes gerilimidir. Kafes geriliminde en düşük değerler alaşımsız numunede elde edilmiş olup, alaşımlı numunelerde 30 dakika içinde %3, %6 ve %9 Zn içeren numunelerin kafes

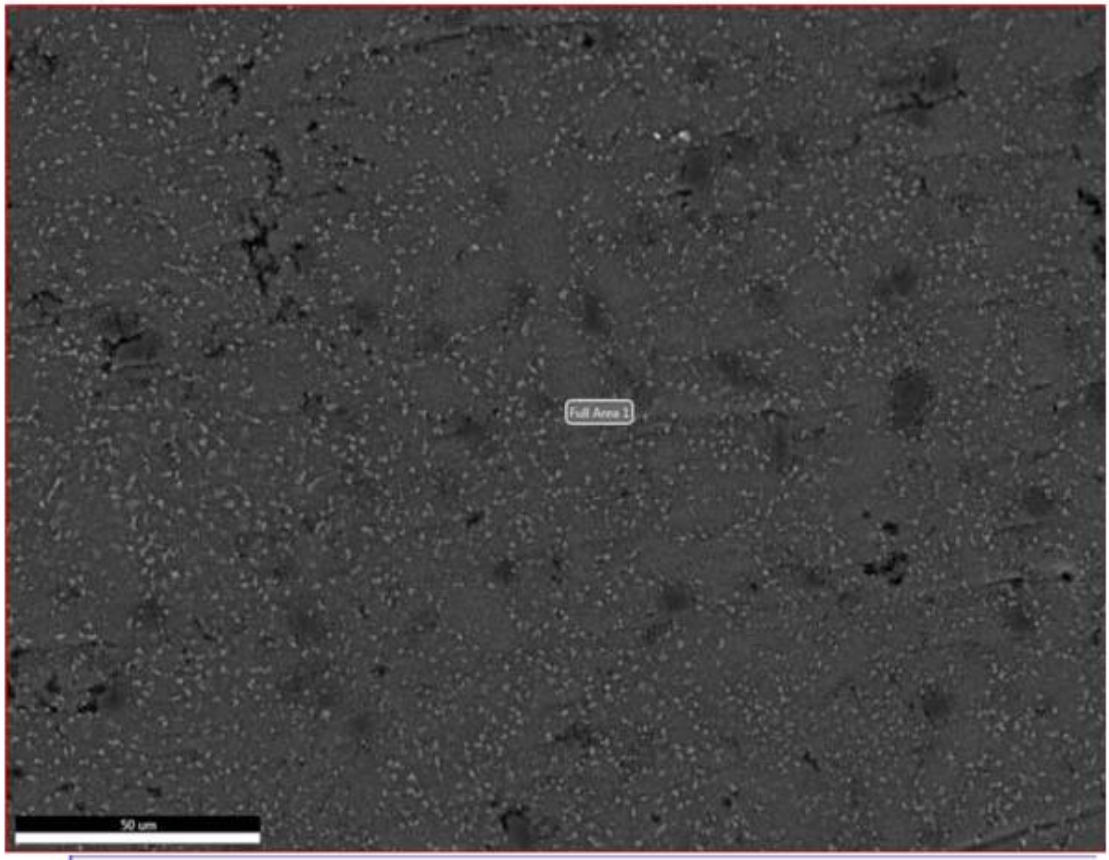
gerilimleri alaşımsız numunelerden daha büyük ancak birbirlerine göre yaklaşık olarak aynı olmuştur. Yani 30 dakikalık alaşımlamada Zn oranı %3'ün üzerine çıkarılsa bile kafes geriliminde bir değişiklik olmaz. 30 dakikalık alaşımlama için optimum Zn oranı %3'tür. MA sırasındaki mikro gerilim, Al'in farklı kırınım zirveleri için doğrusal uyumun kaymasına yansıyan tepe noktasının genişlemesine katkıda bulunur.

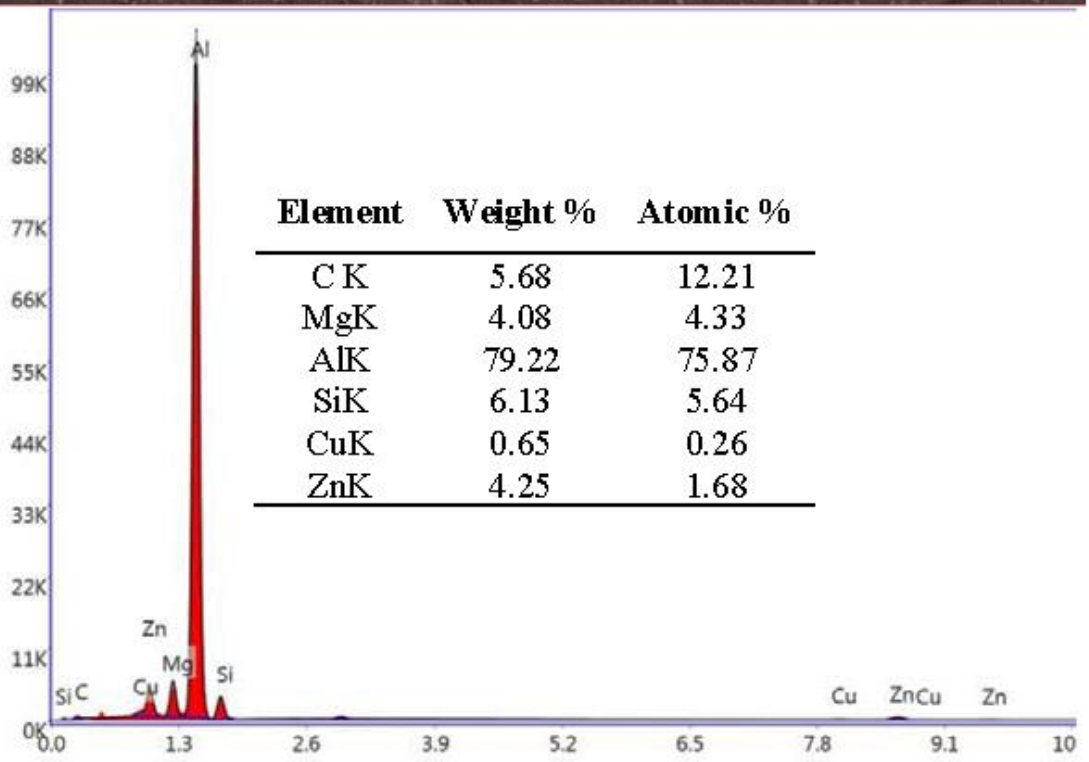


Şekil 3.6. Artan Zn içeriği ve alaşımlama süreleri ile kafes şekil değiştirmesindeki değişim

3.2. EDX Analizleri

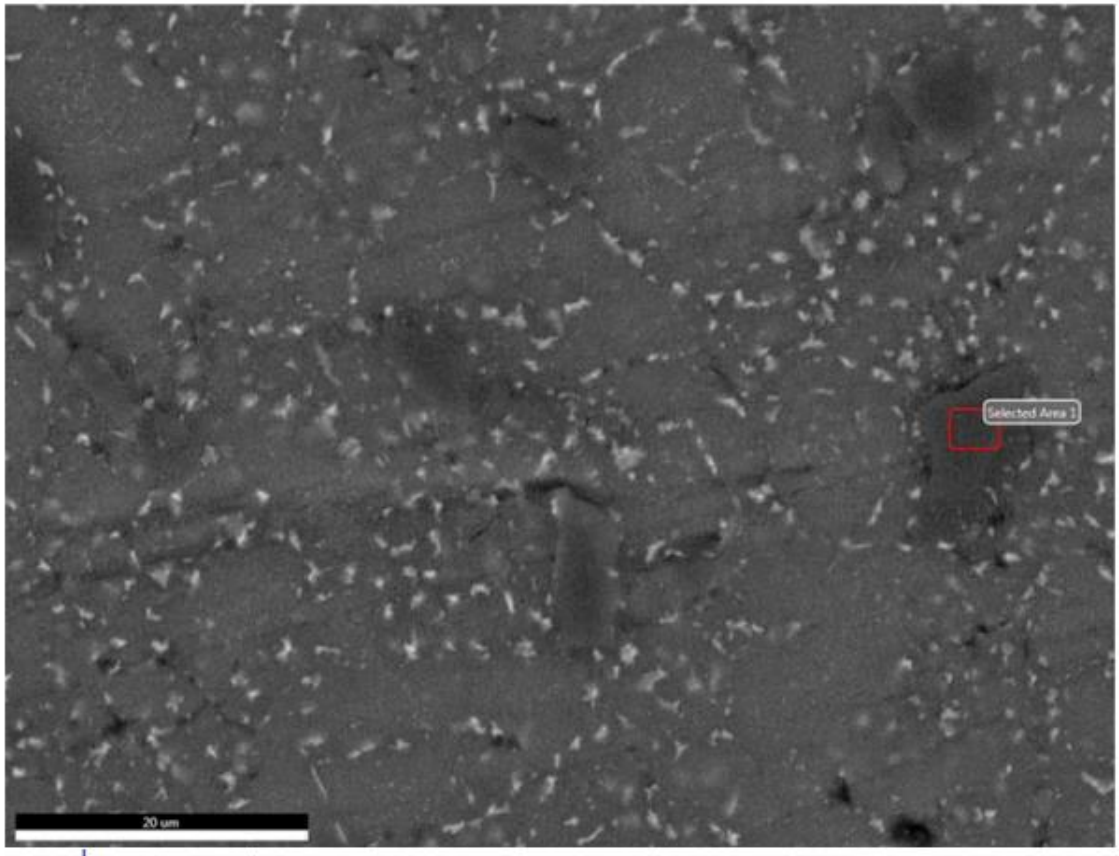
Şekil 2.7'de , %6 Zn alaşımı içeren numunenin 60 dakika süreyle tam alan taramalı element analizi sonucunu gösterilmektedir. Burada alaşıma eklenen elementlerin zirveleri görülebilmektedir. Şekil 2.8'de siyah görünen kısımların analizini göstermektedir, siyah görünen kısımların SiC olduğu piklerden açıkça anlaşılmaktadır. Şekil 2.7'de siyah renkte görünen SiC parçacıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir.

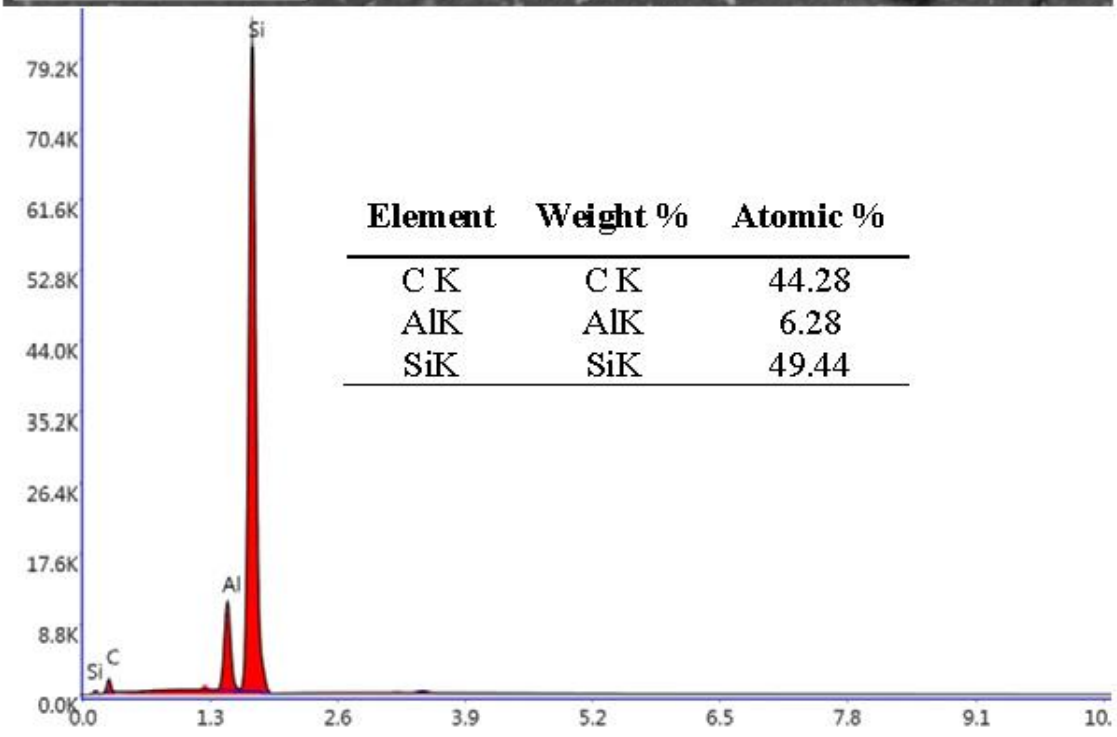




Element	Weight %	Atomic %
C K	5.68	12.21
MgK	4.08	4.33
AlK	79.22	75.87
SiK	6.13	5.64
CuK	0.65	0.26
ZnK	4.25	1.68

Şekil 3.7. EDX ile 60 dakika süreyle %6 Zn alaşımı içeren numunenin element analizi



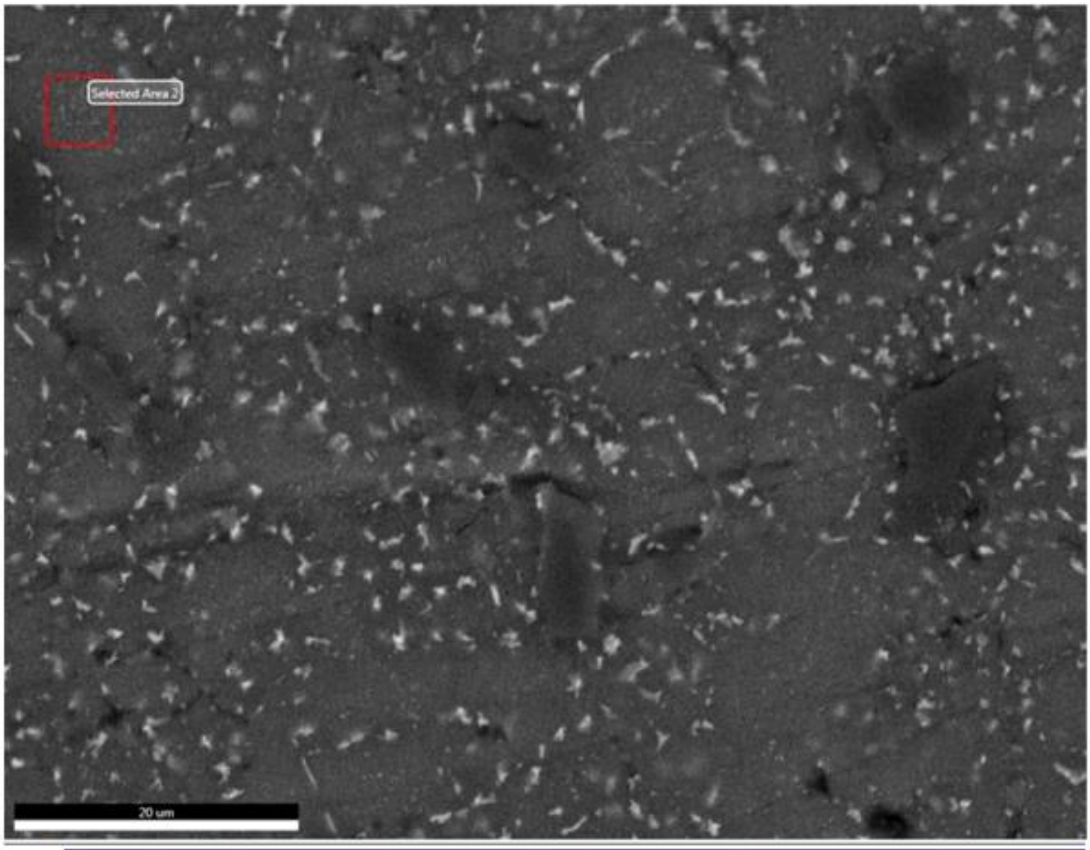


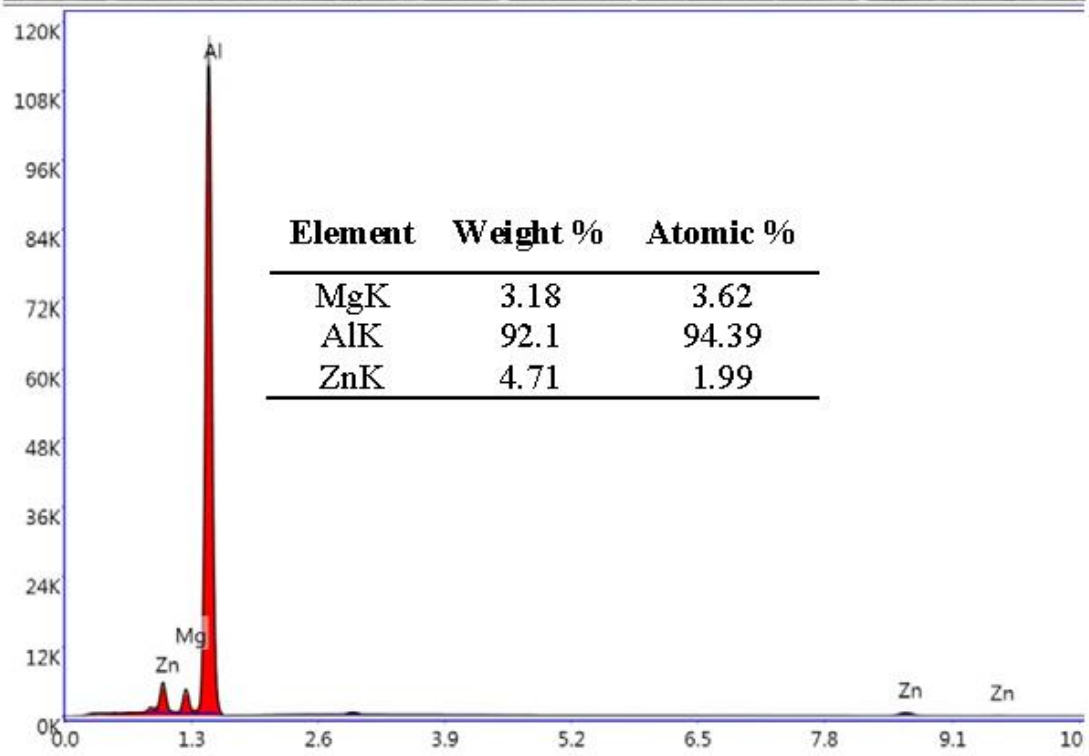
Element	Weight %	Atomic %
C K	C K	44.28
AlK	AlK	6.28
SiK	SiK	49.44

Şekil 3.8. EDX ile 60 dakika süreyle %6 Zn alaşımı içeren numunenin element analizi

Şekil 2.9'da gösterilen bölgeye ait element analiz sonuçları gösterilmektedir. Şekilde analiz bölümünde Al, Mg ve Zn'nin olduğu görülmektedir. Şekil 2.10'da beyaz noktaların oluştuğu bölgede tüm elemanların mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Bu, alaşımlamanın meydana geldiğinin kanıtıdır. EDX analiz sonuçları da XRD sonuçlarını desteklemektedir. Mekanik alaşımlama sırasında seramik tozları metalik matris içerisinde eşit olarak dağılmıştır. Al'in karakteristik kırınım tepe noktalarının daha yüksek değerlerde olduğuna dikkat etmek önemlidir. Bu durum, MA'dan kaynaklanan matris alaşımının kafes parametrelerindeki değişiklikleri yansıtmaktadır.

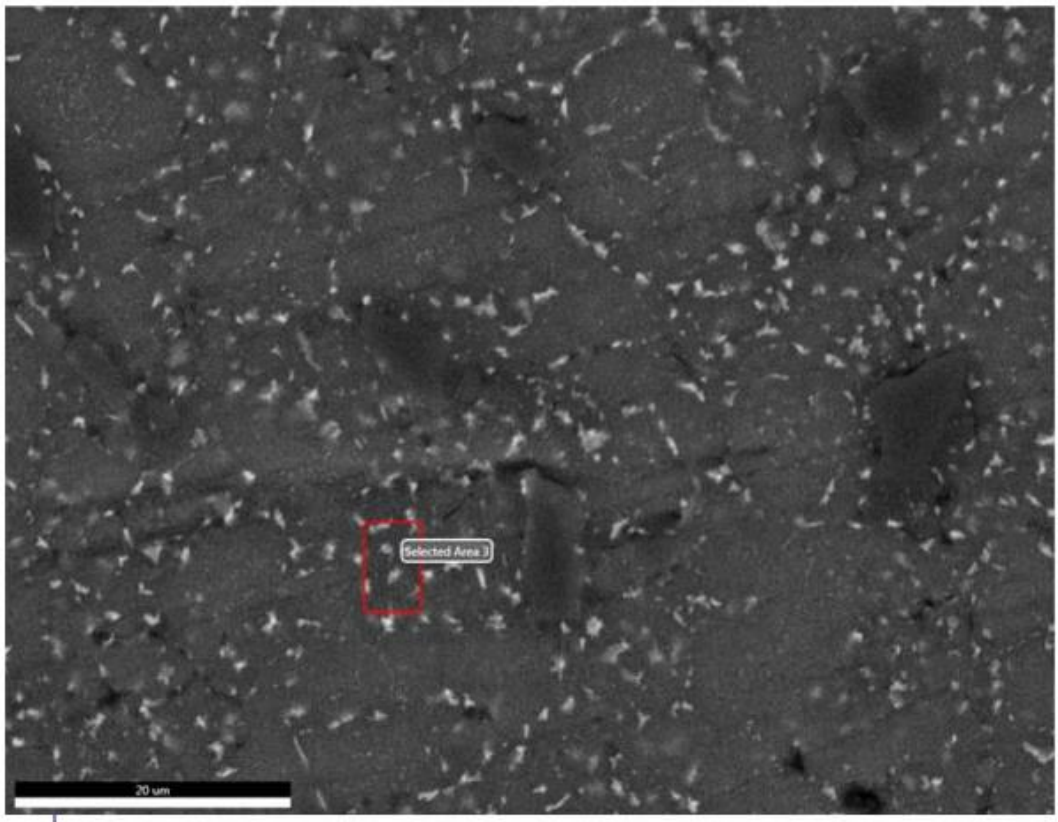
SEM sonuçları, Al'in ve tamamen gömülü SiC'nin varlığını doğrulayan XRD verileriyle tutarlıdır. Zn oranının artmasıyla birlikte Zn kırınım piklerinin yoğunlukları da arttı. XRD desenlerinin analizi, güçlendirilmiş matristeki maksimumun yarısında tam genişlikte iyileştirme olduğunu gösterir. Güçlendirilmiş matristeki maksimumun yarısındaki fark, mekanik alaşımlama sırasında kristal boyutundaki değişikliği gösterir. MA tozunun morfolojisi yuvarlak bir form göstermiş ve parçacıklarda herhangi bir düzleşme gözlenmemiştir. EDX analizi, toz parçacıklarının üst yüzeyinde ayrılmış SiC alanlarının varlığını doğruladı.

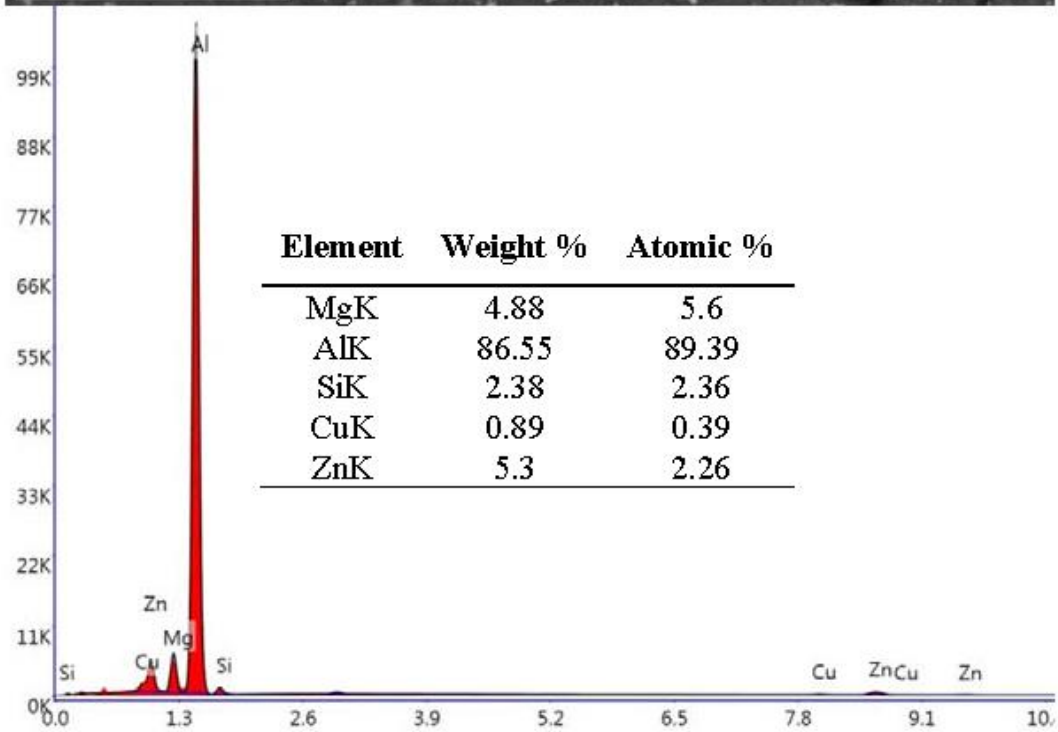




Element	Weight %	Atomic %
MgK	3.18	3.62
AlK	92.1	94.39
ZnK	4.71	1.99

Şekil 3.9. % 6 Zn içeren numunenin EDX ile 60 dakika element analizi

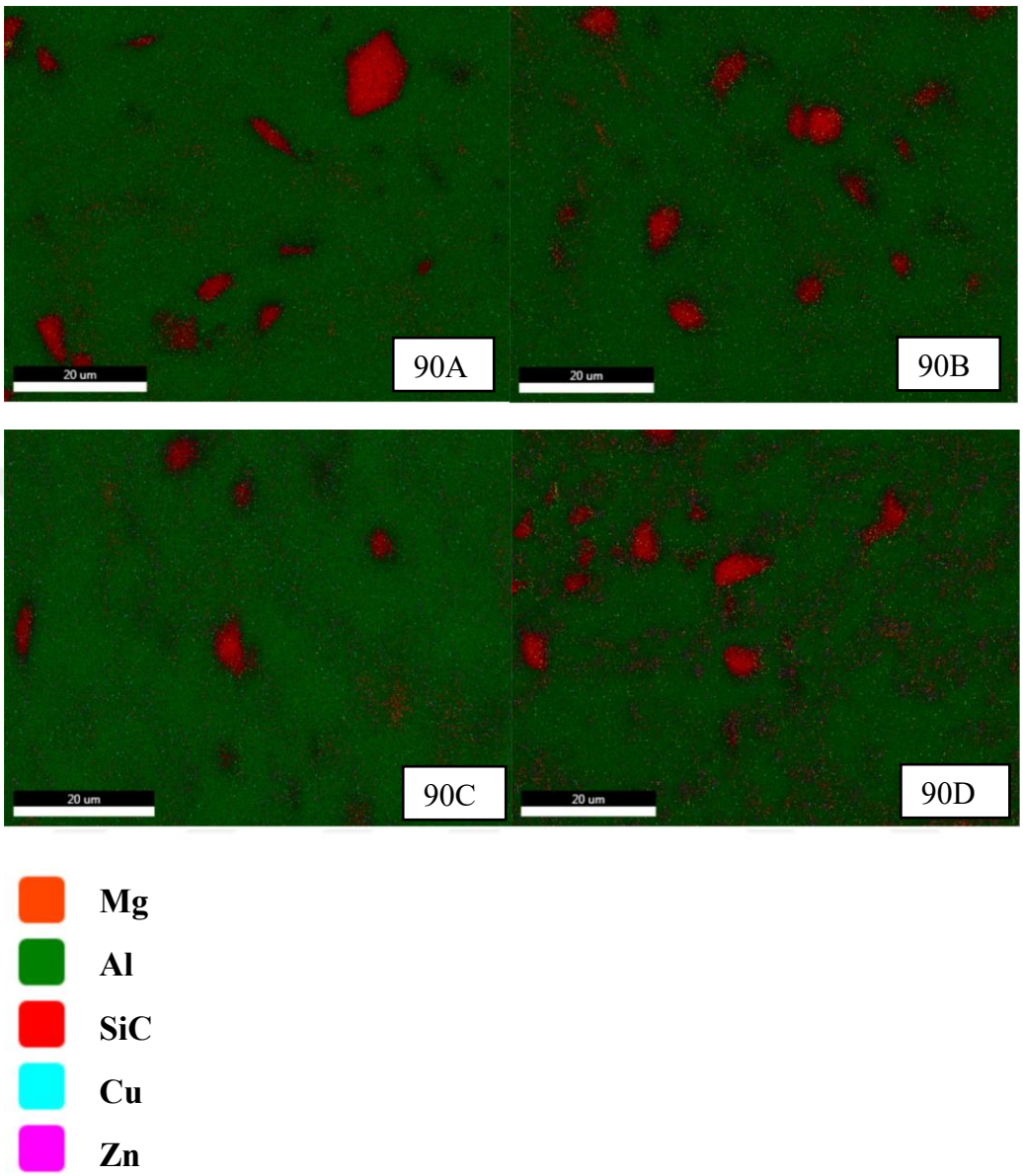




Element	Weight %	Atomic %
MgK	4.88	5.6
AlK	86.55	89.39
SiK	2.38	2.36
CuK	0.89	0.39
ZnK	5.3	2.26

Şekil 3.10. EDX ile 60 dakika boyunca %6 Zn alaşımı içeren numunenin element analizi

3.3. SEM Görüntülemesi

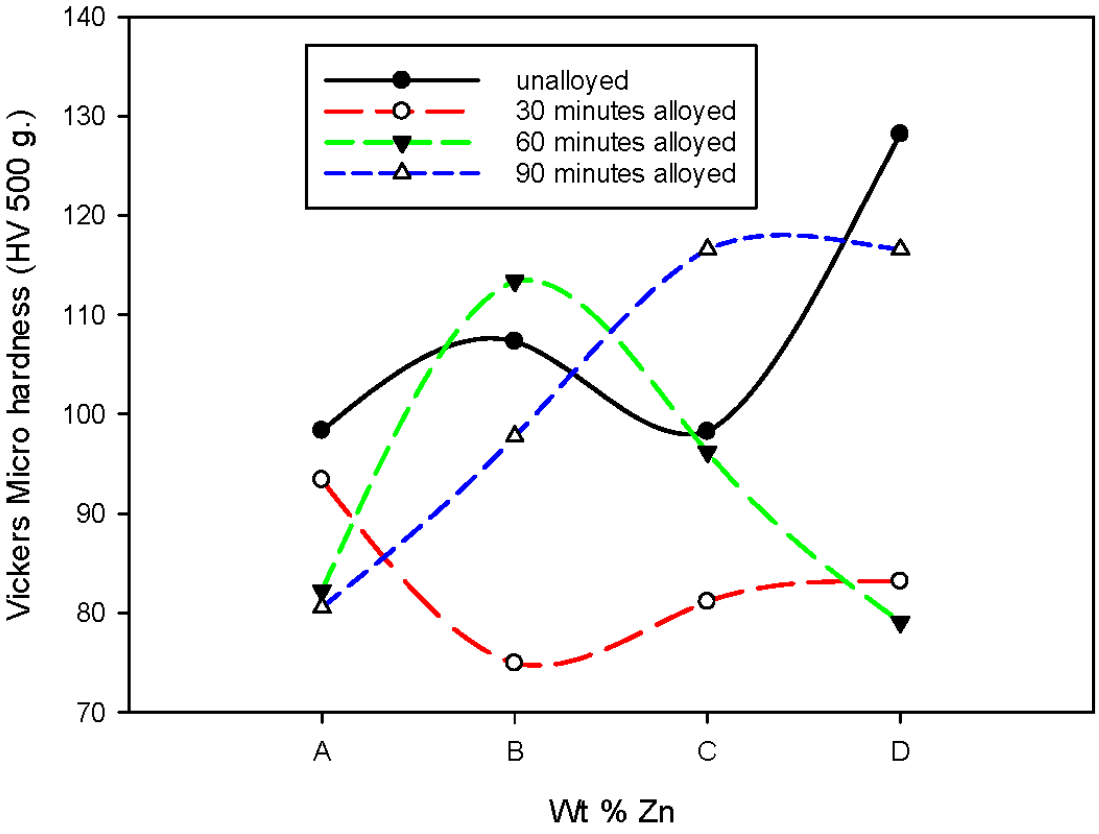


Şekil 3.11. 90dk alaşımlama yapılmış numunelerin SEM-EDX görüntüleri

90 dk MA dan sonra numune türlerine bakıldığında genel olarak SiC' de eşit dağılım görülmemiştir. Artan çinko miktarı ile homojen dağılımda gözle görülebilir fark oluşmuştur. Çinko tanelerin etrafında Sic-Cu-Mg toplandığı açıkça görülmektedir. Homojenlik açısında en iyi alaşımlama ve dağılım 90C de görülmektedir.

3.4. Mikro Sertlik Ölçümleri

Sinterlenen numunelerin parlatmanın ardından 500 gram 10 saniye ile mikro Vickers sertlik değerleri ölçüldü (Şekil 2.12). En yüksek sertlik değeri alaşımsız numunelerde meydana geldi. 90 dakika sinterlenen numuneler incelendiğinde Zn oranı arttıkça sertliğin de arttığı açıkça görülmektedir. 60 dakikalık alaşım numunesinde Zn miktarındaki artışa bağlı olarak sertlik önce artmış daha sonra azalmıştır.



Şekil 3.12. Artan % Zn miktarı ile Micro Vickers sertlik değişimi

4. BÖLÜM

SONUÇLAR

4.1. Sonuçlar

XRD analiz sonuçlarında alaşımlama süresi arttıkça Al pik yüksekliğinin azaldığı görüldü.

Alaşımsız numunede alaşımlama süresi arttıkça kristal boyutu azalmıştır.

90 dakika sinterlenen numuneler incelendiğinde Zn oranı arttıkça sertliğin de arttığı açıkça görülmektedir.

Element analizinde alaşıma eklenen elementlerin pikleri net bir şekilde görülebilmektedir. EDX analiz sonuçları da XRD sonuçlarını desteklemektedir. SiC parçacıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir.

En iyi alaşımlama için %6 Zn miktarının yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Şahin, Y. 2006. Kompozit Malzemelere Giriş, Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. Aş, Ankara, Ekim.
2. Aeberli, K. E., & Pratt, P. L. 1985. The effect of explosive loading on the microstructure of some metals and alloys. **Journal of materials science, 20**, 316-330.
3. Akinribide, O. J., Ogundare, O. D., Akinwamide, S. O., Gamaoun, F., & Olubambi, P. A. 2022. Alloying effect of copper in AA-7075 aluminum composite using bale out furnace. **Journal Of Materials Research And Technology, 18**, 3849-3856.
4. Erturun, V., & Karamış, M. B. 2016. The effects of a reciprocating extrusion process on the friction and wear behaviors of AA 6061/SiC composites. **Journal of Materials Research, 31**(3), 388-395.
5. Shahzad, M., Khan, M., Mehmood, S., Syed, W. A., Basit, A., Mehboob, N., & Ali, T. 2019. Mechanical, tribological, and electrochemical behavior of hybrid aluminum matrix composite containing boron carbide (B4C) and graphene nanoplatelets. **Journal of Materials Research, 34**(18), 3116-3129.
6. Shahzad, M., Khan, M., Mehmood, S., Syed, W. A., Basit, A., Mehboob, N., & Ali, T. 2019. Mechanical, tribological, and electrochemical behavior of hybrid aluminum matrix composite containing boron carbide (B4C) and graphene nanoplatelets. **Journal of Materials Research, 34**(18), 3116-3129.
7. Chen, L., Li, Y., Tang, J., Zhao, G., & Zhang, C. 2019. Investigation on microstructure and mechanical properties of Al–5.50 Zn–2.35 Mg–1.36 Cu alloy fabricated by hot extrusion process. **Journal of Materials Research, 34**(18), 3151-3162.
8. Rajesh, M., & Mahesha, C. R. 2022. The Mechanical properties and tribological behavior of Ni coated carbon fibers reinforced with Al 7075 metal matrix composites. **Materials Today: Proceedings, 52**, 741-745.
9. Reda, Y., Yehia, H. M., & El-Shamy, A. M. 2022. Microstructural and mechanical properties of Al-Zn alloy 7075 during RRA and triple aging. **Egyptian Journal of Petroleum, 31**(1), 9-13.

10. Manjunath, G. K., Bhat, K. U., & Kumar, G. P. 2022. Effect of zinc content on the microstructure and mechanical properties of Al-Zn-Mg alloy. **Materials Today: Proceedings, 54**, 240-244.
11. Hekimoğlu, A. P., & Turan, Y. E. 2019. Çinko oranının Al-(5-50) Zn alaşımlarının yapısal ve mekanik özelliklerine etkisi. **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9**(1), 16-25.
12. S. Sarıtaş, Toz Metalurjisi ve Parcacıklı Malzeme işlemleri, Türk Toz Metalürjisi Derneği, Ankara, 2007
13. Yousefi, M., & AVAL, H. J. 2022. Influence of rotational speed in friction surfacing of nickel-aluminide reinforced aluminum matrix composite on commercially pure aluminum. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 32**(8), 2480-2493.
14. Rofman, O. V., Prosviryakov, A. S., Kotov, A. D., Bazlov, A. I., Milovich, P. O., Karunakaran, G., & Mikhaylovskaya, A. V. 2022. Fabrication of AA2024/SiC p Metal Matrix Composite by Mechanical Alloying. **Metals and Materials International,** 1-12.
15. Makhmutov, T., Razumov, N., Kim, A., Ozerskoy, N., Mazeeva, A., & Popovich, A. 2021. Synthesis of CoCrFeNiMnW 0.25 high-entropy alloy powders by mechanical alloying and plasma spheroidization processes for additive manufacturing. **Metals and Materials International, 27**, 50-54.
16. Lee, J. H., Oh, I. H., Jang, J. H., Kim, J. H., Hong, S. K., & Park, H. K. 2021. Effect of Mechanical Alloying on the Microstructural Evolution of Al 60 Cr 30 Si 10 Alloys Processed by Spark Plasma Sintering. **Metals and Materials International, 27**, 1147-1154.
17. Toptan, F., Alves, A. C., Kerti, I., Ariza, E., & Rocha, L. A. 2013. Corrosion and tribocorrosion behaviour of Al–Si–Cu–Mg alloy and its composites reinforced with B4C particles in 0.05 M NaCl solution. **Wear, 306**(1-2), 27-35.
18. Aghaali, V., Ebadzadeh, T., Karimi, Z., Kazemzadeh, A., & Marzbanrad, E. 2021. Effect of mechanical alloying and preheating treatment on the phase transformation of the Al–Cu–Fe compacts annealed by microwave radiation. **Journal of Materials Research and Technology, 12**, 749-759.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Eyyüp ÖZBAY
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri:
Medeni Durum:
e-mail:
Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Uçak Gövde Motor Bakım	2024
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Uçak Gövde-Motor	2016
Lise	Kaya Karakaya Anadolu Lisesi, Elazığ	2011

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2017-Halen	Türk Hava Yolları Teknik A.Ş.	7

YABANCI DİL

İngilizce