

AA5754 ve AA7075 Alaşımlarının Kimyasal Aşındırma ile İşlenmesinde Aşındırma Süresi ile Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisinin İncelenmesi

Tunahan PAMUKÇU^{1*}, Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN²

^{1,2}Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Edirne, TÜRKİYE

Makale Künye Bilgisi: Pamukçu, T., Ürkmez Taşkın, N. (2024). AA5754 ve AA7075 Alaşımlarının Kimyasal Aşındırma ile İşlenmesinde Aşındırma Süresi ile Yüzey Pürüzlülüğü İlişkisinin İncelenmesi, *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 25(2), 65-75.

Öne Çıkanlar

- AA5754 ve AA7075 alüminyum alaşım yüzeylerde kimyasal aşındırma yöntemi ile zamana bağlı olarak kontrollü bir şekilde yüzey pürüzlülüğü değişimi sağlanmıştır.
- AA5754 ve AA7075 alaşımlarının iki farklı kimyasal içeriğe sahip çözeltiler kullanılarak kimyasal aşınma hızları tespit edilmiştir.
- AA5754 ve AA7075 alaşım yüzeylerinde çalışmada kullanılan kimyasal çözeltiler ile elde edilebilecek en yüksek ve en düşük yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir.

Makale Bilgileri	Öz
Makale Tarihi: Geliş: 3 Haziran 2024 Kabul: 22 Ekim 2024	Bu çalışmada endüstride yaygın olarak kullanılan AA5754 ve AA7075 alüminyum alaşımlarında iki farklı kimyasal dağlayıcı (A: HF, HCl, HNO ₃ , H ₂ O) (B: HF, H ₂ O ₂ , H ₂ O) kullanılarak farklı sürelerde yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve kimyasal aşınma hızı değişimi incelenmiştir. Kullanılan kimyasal çözeltilerin bu malzemelerin yüzey özellikleri üzerindeki etkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Her iki alaşım için de en yüksek yüzey pürüzlülüğü artışı B çözeltisi içerisinde 20 dk aşındırma süresinde elde edilirken, en yüksek kimyasal aşınma hızı değeri B çözeltisi içerisinde 10 dk aşındırma süresinde elde edilmiştir. Kimyasal aşındırma metodunun alüminyum yüzeylerin aşındırılmasında etkili bir yöntem olduğu ve işleme süreleri ile numuneler üzerinde oluşan yapıların ve gözenek boyutlarının kontrol edilebileceği görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Kimyasal Aşındırma; Alüminyum; Yüzey Pürüzlülüğü; Malzeme İşleme Hızı.	

Investigation of the Relationship Between Etching Duration and Surface Roughness in Chemical Machining of AA5754 and AA7075 Alloys

Article Info	Abstract
Article History: Received: June 3, 2024 Accepted: October 22, 2024	In this study, surface roughness (Ra) and chemical wear rate changes were investigated in AA5754 and AA7075 aluminium alloys, which are widely used in industry, by using two different chemical etchants (A: HF, HCl, HNO ₃ , H ₂ O) (B: HF, H ₂ O ₂ , H ₂ O) at different times. It is aimed to investigate the effect of the chemical solutions used on the surface properties of these materials. For both alloys, the highest surface roughness increase was obtained at 20 min etching time in B solution, while the highest chemical etching rate value was obtained at 10 min etching time in B solution. It was seen that chemical etching method is an effective method for etching aluminium surfaces and the structures and pore sizes formed on the samples can be controlled with the processing times.
Keywords: Chemical Etching; Aluminum; Surface Roughness; Material Wear Rate	

1. Giriş

Çok sayıda kimyasal süreçte rol oynayan mühendislik yüzeylerinin anlaşılması ve kontrol edilmesi elektrik, elektronik, enerji, triboloji, optik, biyoloji ve biyomimetik gibi birçok ileri teknoloji alanındaki gelişmelerin temelini teşkil eder. Özellikle mikrofabrikasyon alanında büyük teknolojik gelişmelerle birlikte minyatürleşmeye eğilimin artması fonksiyonel mikro/nano yüzey üretimine ve kontrolüne olanak sağlayan teknolojilerin gelişimini beraberinde getirmektedir.

Yüzeyler çok sayıda fiziksel, kimyasal, mekanik, termal vb. olgunun meydana geldiği ara yüzü temsil eder. İşlevsellik yüzeyin hem morfolojisi hem de kimyasal bileşimi ile belirlendiğinden boyutlar küçüldükçe yüzey uygulamaları için gerekli farklı yüzey özelliklerinden yararlanılabilir veya belirli bir yüzey özelliği farklı yüzey uygulamaları için temel gereksinim olabilir. Örneğin iki yüzeyin birbiri ile yapışma kabiliyeti; yüzeylerin ıslanabilirliği, yüzey serbest enerjisi, pürüzlülük ve birbirine mekanik bağlanma özellikleri ile kontrol edilir.

Yüzey morfolojisi ve bununla ilişkili olarak yüzey pürüzlülüğü malzemenin; kılcallık, ıslanma, yansıtma, ışık absorpsiyonu, kırınım gibi fiziksel ve optik özelliklerini, biyolojik adsorblama ve termal özelliklerini, sertlik, malzeme yorulması, sürtünme aşınma gibi mekanik ve tribolojik özelliklerini makro ve mikro ölçekte kontrol eden yüzey parametresidir.

Bir yüzeyde bu parametreleri kontrol ederek veya mikro/nano yapılar oluşturularak; örneğin bir malzemeye iyi yapışma, enerji depolama, dayanım, sıvı veya gaz bariyer katmanları oluşturma, korozyon sorunlarını azaltma, kir, mikroorganizma, buz ve don oluşumunu engelleme, alev geciktirilmesi gibi farklı işlevler kazandırılabilir.

Yüzey yapılandırma ile yüzeye fonksiyon kazandırma ile ilgili ilk çalışmalar Barthlott ve Neinhuis tarafından Lotus yapraklarının kendini temizleme etkisinin (lotus etkisi) keşfedilmesi ve süperhidrofobik yüzeylerin farklı malzemeler üzerinde oluşturulma çabalarıdır. Daha sonra farklı yöntemlerle oluşturulan yüzeylerin sıvılar tarafından ıslatılabilirlik özellikleri teorik ve deneysel olarak birçok çalışmada incelenmiştir. (Barthlott ve Neinhuis, 1997; Lipowsky, vd., 2000; Yang, vd., 2006). Islanmaya benzer şekilde yapışma, temas halindeki cisimler arasında uygulanan moleküler çekimden kaynaklanan bir etkidir ve yüzey mikro geometrileri yapısal yapıstırıcılar yoluyla yapılan bağlantıların dayanımını doğrudan kontrol eder (Bruzzone, vd., 2003; Cognard, vd., 2006; Lonardo, vd., 1989) Yüzeylerin en önemli optik özelliklerinden biri yansımadır. Bu parametre her malzeme için tipiktir ve yansıtıcı yüzeyin pürüzlülüğünden etkilenir. (Bennet, vd., 1961) Konvektif ısı transferi, doğal veya zorlanmış olabilen kütle transferini ifade eder ve konvektif ısı transferi, mikro yapı yüzeylerin temel öneme sahip olduğu çok aktif bir araştırma alanını temsil etmektedir. Yüzeylerin mekanik özellikleri, yüzey özelliklerinin yüzey tarafından sınırlanan parçanın direnci üzerindeki etkisini içerir. Temas mekaniği, pürüzlerin desteklediği yükü ve gerçek temas alanını dikkate alır. Bu hususlar, kayan yüzeyler (tribolojide) ve yükü statik olarak ileten yüzeyler için temel öneme sahiptir ve Greenwood ve Williamson'ın (1996) çalışmasıyla kapsamlı olarak ele alınmıştır. Yorulma, mühendislik uygulamaları için bir diğer önemli olgudur. Yüzeyin kalitesi, yüzey mikro geometrisi, kusurlar vb. sertliği ve artık gerilimin yorulma davranışında birincil bir role sahip olduğu kabul edilir (Yahata, 1987) (Yahata, 1982).

İleri yüzey uygulamaları için tercih edilen ve özellikle düşük yoğunluk ve kabul edilebilir mukavemet değerlerinden dolayı, ağırlık azaltımının bir zorunluluk olduğu havacılık ve otomobil endüstrilerinde kullanılan

başlıca metallere bir tanesi alüminyumdur. Alüminyum, magnezyumdan sonra yoğunluğu en düşük ikinci metaldir. Hafiflik, kolay işlenebilirlik, mukavemet, termal ve elektriksel iletkenlik gibi özellikleri nedeniyle, uçak ve otomotiv endüstrisi, yapı malzemeleri, ambalaj endüstrisi, elektrik ve elektronik sektörü gibi birçok alanda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca, pasifleşebilen bir metal olması alüminyumun çok yüksek bir korozyon direncine sahip olmasına neden olmaktadır. Dünya’da demir çelikten sonra en çok üretilen ikinci metal ve demir-dışı metaller arasında ise en çok üretilen metaldir (yaklaşık 100 milyon ton / yıl). Yüksek geri dönüşüm oranına sahip bir malzeme olarak ilerleyen yıllarda önemini korumaya devam edeceği, alüminyuma olan talebin her geçen yıl giderek artacağı öngörülmektedir. (BTYPK, 2021) (TALSAD, 2023).

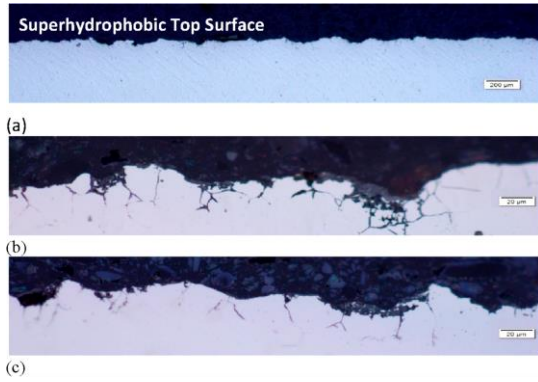
5xxx serisi alüminyum alaşımları korozyon direnci, iyi işlenebilirliği ve yüksek kaynak kabiliyetleri ile denizcilik, ulaşım ve otomotiv sektörlerinde (Casalino vd., 2014), 7xxx serisi alüminyum alaşımları ise yüksek mukavemet ve hafiflik avantajları sayesinde havacılık sektöründe çeşitli uçak gövdelerinde, uzay araçlarında, pervanelerde ve motor parçalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Cavalere vd., 2006). (Hamed, 2017) (Kasman ve Yenier, 2014).

Korozif (deniz suyu, asidik ortam, nemli ortam vb.) ortamlarda da kullanılabilen bu iki alaşımın; gelişen teknolojiyle birlikte yüksek hassasiyetli işleme gerektiren parçaların kullanıldığı ileri teknoloji sistemlerinde, çeşitli fonksiyonel yüzeylerde, metal kaplamalar, organik kaplamalar, kompozit kaplamalar vb. gibi yeni uygulama alanlarında önemi giderek artmaktadır. Metal yüzeylerin işlenmesinde ya da yüzeyde mikro/nano yapıların oluşturulmasında farklı enerjileri kullanan (mekanik, kimyasal, termal elektrokimyasal, vb.) çok sayıda ileri imalat yöntemi geliştirilmiştir. Kimyasal aşındırma uygulamaları

günümüzde bu imalat yöntemlerinden biri olarak dikkat çekici gelişmeler göstermiştir. Bu yöntem, malzemenin uygun bir kimyasal çözelti içerisinde kontrollü olarak aşındırılması olarak tanımlanabilir (Anusree ve Puthumana, 2014). Yöntemde kullanılacak kimyasal çözelti, püskürtme veya daldırma yöntemiyle malzemeye nüfuz ettirilebilmektedir.

Yüzeyin kontrollü bir şekilde aşındırılması ile işlenen malzeme istenilen şekil ve boyutlara getirilebilmekte ve yüzeyde istenilen yüzey yapıları oluşturulabilmektedir. Hemen hemen bütün mühendislik malzemeleri uygun kimyasallar kullanılarak kimyasal olarak işlenebilmektedir. Malzeme mekanik özelliklerinin kimyasal aşınma ye etkisi olmaması, malzemenin ısı ve dinamik etkilere maruz kalmaması, dar bir tolerans aralığında hassas parça işlenebilmesi, çapak oluşmaması, farklı malzemelere uygulanabilirliği ve maliyetinin düşük olması bu yöntemin en önemli avantajlarıdır (Çakır vd., 2007).

Ayrıca işlenecek malzemenin kimyasal bileşenlerine ve bu bileşenlerin yüzey yapılanmalarına bağlı olarak kullanılacak çözeltilerle seçici kimyasal aşındırma yapılarak mikro ve nano ölçekte yüzey yapıları oluşturulabilir ve bu yapılar rastgele, düzensiz, karmaşık geometrik (fractal) düzenler oluşturabilir. Bazı işlevsel yüzey uygulamalarında (yapışma ve süperhidrofobik yüzey oluşturma) düzensizlik istenen bir özelliktir. Örneğin düşük enerjili yüzeylerde yüzeyi oluşturan malzeme bileşimleri homojen olmadığında, yüzeylerin farklı mikro ölçekli bölgelerinde kimyasal aşındırma oranları eşit olmaz, mikro ölçekli yapıların eşit olmayan dağılımı, yüzeylerde mevcut rastgele pürüzlülüğün ve süperhidrofobik özelliklerin oluşmasına yol açar (Taşkın, 2021). Şekil 1’de kontrollü kimyasal aşındırma ile düzensiz yapı oluşturulmuş süperhidrofobik çelik yüzeylerin kesitlerinden alınmış SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 1. Kimyasal işleme ile pürüzlendirilmiş süperhidrofobik bir yüzeylerin kesit SEM görüntüleri (a) 200 µm, (b) and (c) 20 µm (Taşkın, 2021)

Benzer şekilde, Dong ve arkadaşları (2011) bakır üzerinde lazer aşındırma yöntemi ile mikro ölçekli düzenli yapılar ve seçici kimyasal aşındırma yöntemi kullanarak rastgele yapılar oluşturarak yaptıkları çalışmada düzenli yüzeylerde daha düşük temas açısı elde etmişlerdir. Onda ve arkadaşları (1996) suyun ve farklı konsantrasyonlardaki çeşitli sulu çözeltilerin temas açılarını incelemek için düz ve fraktal yüzeyleri alt tabaka olarak kullanmış fraktal yüzeydeki temas açıları daha yüksek (süperhidrofobik; 174°), düzenli yüzeylerde daha düşük temas açıları (hidrofobik; maksimum 109°) gözlemişlerdir. Akpınar (2024), AA2024 alüminyum alaşımlarının yapıştirılarak birleştirilen bağlantılarının mukavemetini arttırmak için çeşitli değişken parametreler kullanmıştır. Bunlardan biri de malzeme yüzeylerinin kimyasal aşındırma yöntemi ile yüzey pürüzlülüğünün artırılmasıdır. Yüzey pürüzlülüğü artırılan numunelerin bağlantısında hasar yükü değerinin arttığı gözlenmiştir. Bu durum, yüzey pürüzlülüğünün artmasıyla birlikte yapışkan ile yapıştirılan numune yüzeylerinin arasındaki tutunmanın da artmasıyla açıklanmıştır. Kimyasal aşındırma yöntemi ile alüminyumun yüzey pürüzlülüğünün ve morfolojisinin kontrollü olarak değiştirildiği yüzey mühendisliği uygulamalarında aşındırma sıcaklığı (Burokas, 2008), aşındırma süresi (Sarkar, 2008), kimyasal çözelti türü

(Wu, 2012) (Çakır, 2019) ve konsantrasyonu (Abbas, 2018) başlıca değişkenlerdir.

Bu çalışmada AA5754 ve AA7075 alaşım yüzeylerinin kimyasal işlenmesinde iki farklı çözelti içinde ve farklı aşındırma süreleri için malzeme aşındırma hızları ve yüzey pürüzlülüklerinin (Ra) zamana bağlı olarak değişimleri incelenmiştir. Çalışmanın, endüstride sıklıkla kullanılan bu iki alüminyum alaşımın fonksiyonel yüzey uygulamaları için kimyasal işlenmeleri ile ilgili yapılacak çalışmalar için literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Malzeme ve Deney Düzenneği

Çalışmada AA5754 ve AA7075 alüminyum alaşımları ve dağılayıcı olarak 2 farklı çözelti (A ve B çözeltileri) kullanılmıştır. Alüminyum alaşımlarının ve çözeltilerin kimyasal içeriği sırasıyla Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilmiştir.

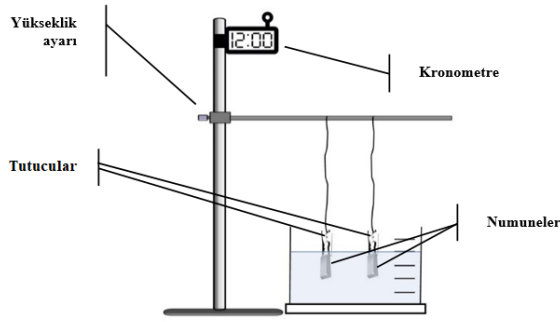
Çizelge 1. Alüminyum alaşımlarının kimyasal içeriği

Elementler	AA5754	AA7075
Si	0,40	0,40
Fe	0,40	0,50
Cu	0,10	1,2-2,0
Mn	0,50	0,30
Mg	2,6-3,6	2,1-2,9
Cr	0,30	0,18-0,28
Zn	0,20	5,1-6,1
Ti	0,15	0,20
Diğer	0,15	0,15
Al	Kalan	Kalan

Numunelerin kimyasal işlenmesi için tasarlanan düzenek Şekil 2’de verilmiştir. Numunelerin kimyasal çözelti içerisine eş zamanlı olarak daldırıp çıkarılabilmesi için yükseklik ayarı yapılabilen bir düzenek tasarlanmıştır. Aşındırma süresinin takip edilebilmesi için kronometre kullanılmış, numunelerin çözelti kabının tabanına değmeyip sıvı içinde askıda durması için askı tertibatı kullanılmıştır.

Çizelge 2. Kimyasal çözeltilerin içeriği

	Kimyasal içerik	Miktar (ml)
A çözeltisi	Hidroflorik asit (HF)	5,0
	Hidroklorik asit (HCl)	7,5
	Nitrik asit (HNO ₃)	12,5
	Saf su (H ₂ O)	475
B çözeltisi	Hidroflorik asit (HF)	1,10
	Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	0,43
	Saf su (H ₂ O)	23,8



Şekil 2. Deney düzeneği şematik gösterimi

2.2. Deneysel Çalışmalar

2.2.1. Numune Hazırlama

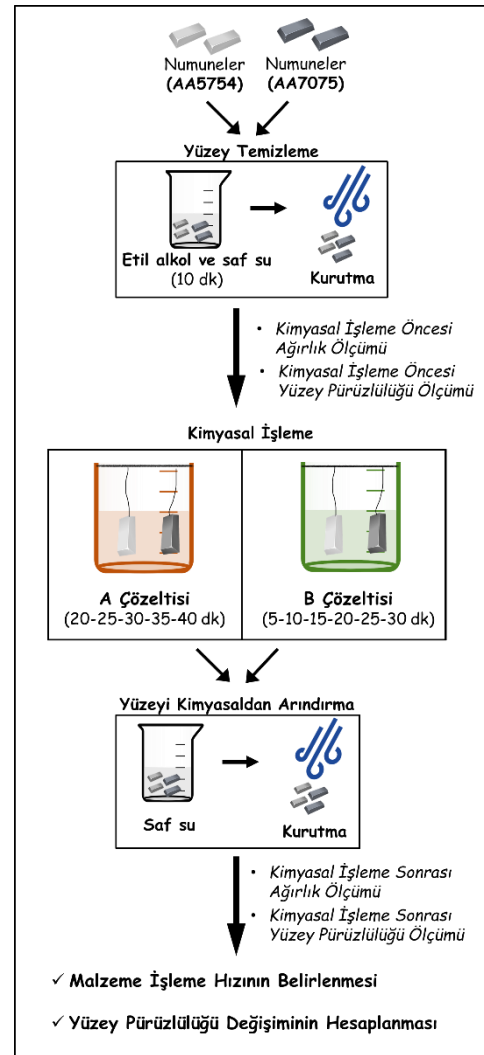
AA5754 ve AA7075 alaşımlarından 10 x 20 x 3 mm boyutlarında her durum için 6 yüzünden ölçüm yapılabilecek şekilde 20 adet numune hazırlanmıştır. Numune yüzeyleri N5 kalitesinde hazırlanmış ve kimyasal aşındırma öncesinde kir ve oksit tabakalarından arındırmak için etanol ve saf su ile temizlenmiştir.

Kimyasal aşındırma işlemi öncesinde ve sonrasında numunelerin yüzey pürüzlülük ve kütle değerleri ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü değeri Taylor Hobson Precision Surtronic 25 profilometre ile 0.01 µm belirsizlikle ölçülmüştür. Ölçümlerin tümünde Ra (ortalama yüzey pürüzlülüğü) parametresi kullanılmıştır. Kimyasal aşındırma sonrası malzeme yüzeylerinde meydana gelen pürüzlülük değişiminin incelenmesi amacıyla numuneler kimyasal aşındırma

öncesi ve sonrasında optik mikroskopta incelenmiştir. Kütle ölçümlerinde 0,0001g belirsizlik ile ölçüm yapabilen Mettler Toledo terazi kullanılmıştır.

2.2.2. Kimyasal İşleme

Aşamaları ve değişkenleri şematik olarak Şekil 3'te özetlenen kimyasal aşındırma için literatürdeki uygulamalar esas alınarak 2 farklı (A ve B) çözelti hazırlanmıştır.



Şekil 3. Deney aşamaları ve işlem parametreleri

Ön çalışmalar dikkate alınarak numuneler A çözeltisi içerisinde sırasıyla 20-25-30-35-40 dk boyunca, B. çözeltisi içerisinde ise 5-10-15-20-25-30 dk boyunca bekletilmiş ve süre sonunda numuneler saf su içine alınarak kimyasal reaksiyon sona erdirilmiştir.

Kimyasal işlem öncesi ve sonrası kütle farkı aşındırma süresine bölünerek “g/dk” cinsinden aşındırma hızları belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

AA5754 ve AA7075 alaşımı numunelere iki farklı kimyasal çözelti içerisinde farklı sürelerde kimyasal aşındırma uygulanarak zamana bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değişimi ve malzeme aşındırma hızları karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir.

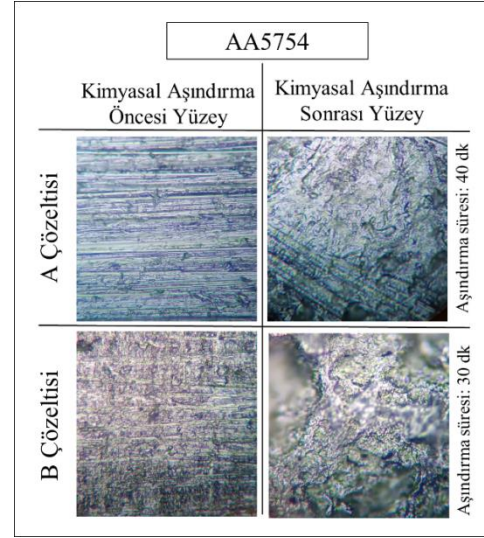
3.1. İşleme Süresinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

AA5754 ve AA7075 alaşımı numuneler A ve B çözeltileri içinde daldırılarak farklı sürelerde kimyasal aşındırmaya tabi tutulmuştur. Yüzey pürüzlülüklerinin değişimi ve aşındırma hızları Çizelge 2’de verilen çalışmanın işlem süreleri ön çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre belirlenmiştir. A çözeltisi ile aşındırma tabii tutulan her iki alaşımda da kimyasal aşınma hızı ilk 15 dakikada 0,0001g/dk’dan az olarak gerçekleşmiş ve ortalama olarak ~0,035 µm/dk yüzey pürüzlülük değişimi meydana gelmiştir.

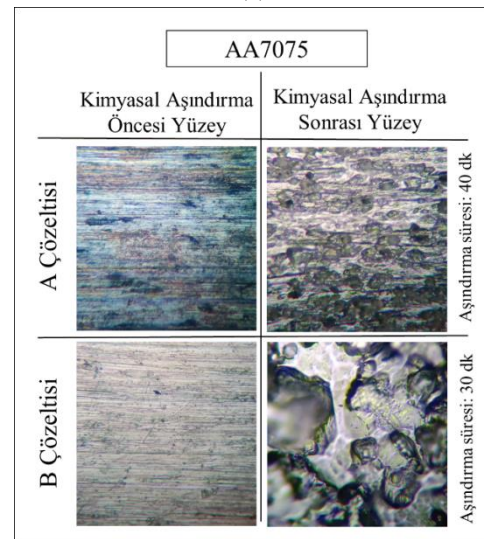
Çizelge 2: AA5754 ve AA7075 numunelerinin yüzey pürüzlülükleri ve aşındırma hızları

İşlem süresi (dk)	Yüzey pürüzlülüğü (Ra, µm)		İşleme hızı (MRR, g/dk)	
A Çözeltisi				
	AA5754	AA7075	AA5754	AA7075
-	0,23±0,21	0,22±0,18	-	-
20	0,98±0,03	0,99±0,10	2,0x10 ⁻⁴	5,7x10 ⁻³
25	1,31±0,15	1,13±0,16	3,0x10 ⁻⁴	5,4 x10 ⁻³
30	1,64±0,14	1,14±0,15	2,0x10 ⁻⁴	5,0 x10 ⁻³
35	1,90±0,20	1,18±0,17	2,0x10 ⁻⁴	4,7 x10 ⁻³
40	2,23±0,24	1,37±0,18	3,0x10 ⁻⁴	4,7 x10 ⁻³
B Çözeltisi				
	AA5754	AA7075	AA5754	AA7075
-	0,58±0,14	0,48±0,20	-	-
5	2,50±0,52	4,58±1,40	1,5 x10 ⁻²	2,2 x10 ⁻²
10	4,08±0,82	6,80±1,22	1,0 x10 ⁻²	3,3 x10 ⁻²
15	4,71±0,71	6,92±1,43	8,0 x10 ⁻³	1,8 x10 ⁻²
20	6,68±1,78	8,95±1,67	6,6 x10 ⁻³	1,4 x10 ⁻²
25	5,76±1,43	7,56±2,94	5,6 x10 ⁻³	1,2 x10 ⁻²
30	5,26±1,85	8,05±2,85	5,1 x10 ⁻³	1,1 x10 ⁻²

Numuneler A çözeltisi içinde 20 dk işlem süresinden başlatılarak 5’er dakika arayla, B çözeltisinde ise kimyasal aşınma hızının daha yüksek olduğu göz önüne alınarak numuneler ilk 5. dakikadan itibaren yine 5 er dakika arayla kimyasal aşındırma tabi tutulmuştur.



(a)

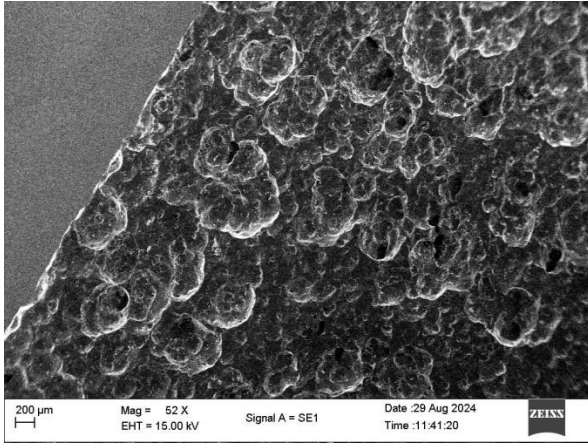


(b)

Şekil 4 . Kimyasal işlenmiş numunelere ait optik mikroskop görüntüleri (a) AA5754 (b) AA7075

Çizelge 1’de A ve B çözeltileri ile yapılan işlemlerde her iki alaşım için aşındırma süresi arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüklerinde genel olarak artış gözlenmiştir. Ancak, yüzey pürüzlülükleri yüzeyin

farklı bölgelerinde değişkenlik gösterdiği için ortalama değerlerin standart sapmaları ortalamanın %10'u civarında değişmiştir. Yüzey pürüzlülüğü oluşum mekanizmasının sürece bağlı doğası ve ilgili olguları etkileyen çok sayıda kontrol edilemeyen faktör nedeniyle pürüzlülük değişimi belirli bir aralıkta kontrol edilebilmektedir. Yüzeylerin gözle incelemesinde tüm yüzeylerde homojen dağılmış ~20-300 µm boyutlarında çukurcuklar oluştuğu gözlenmiştir. Bu yapılar Şekil 4.a ve 4.b de işlem öncesi ve sonrası olarak verilmiştir. Şekil 5' te ise işlem sonrası oluşan gözenekli yüzeyin daha ayrıntılı görüldüğü SEM görüntüsünde yüzey morfolojisi ayrıntılı görülmektedir.



Şekil 5 . B çözeltisi ile işlem görmüş AA7075 numunesine ait bir SEM görüntüsü

Kimyasal aşındırma elektrokimyasal bir olgu olduğundan metallerin dağlanması ile benzer fiziksel davranış sergilemektedir. Özellikle çok fazlı metallerin dağlanmasında olduğu gibi farklı fazlar ve tane sınırları farklı hızlarda aşınır. Bu sebeple yüzeyde bazı bölgelerde gözlenen lineer çözülme artışı bazı bölgelerde görülmez ve zamanla çözünen bölgeler değişir. İstenen yüzey pürüzlülüğü değerlerini elde etmek için kimyasal aşındırma süresinin yüzey malzemesinin türüne göre nasıl değiştiğini ortaya koyan çalışmalardan biri de Qu ve arkadaşlarının

(2007) metal yüzeyde kimyasal aşındırma ile yüzey pürüzlülüğü oluşturmak amacı ile yaptıkları çalışmadır.

Yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen değişim kimyasal işlemin süresine bağlıdır ve çok fazlı metallerin dağlama ve aşırı dağlama mekanizmaları ile açıklanabilir. Bu süreç, aşındırma reaktifinin aktivitesi devam ettiği sürece tekrarlı olarak devam eder ve sonunda asimptotik bant aralığında bir dizi dalgalı pürüzlülük değerleri gözlenir. Bu olgu Kozak ve Zybura-Skrabalak'ın (2016) bir başka çalışmasında matematiksel bir modelle açıklanmıştır. Kimyasal ve elektrokimyasal aşındırma etkisi altında çok fazlı yapıları alaşımların yüzey profillerinin değişimini simüle ettikten sonra, aşındırma işleminin ilk aşamasında yüzey pürüzlülüğünün azaldığını daha sonra tekrar arttığını ve bu sürecin tekrarladığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada da benzer süreç oluşarak kullanılan reaktifler ve çözeltilerin derişimine bağlı olarak malzeme yüzeylerinde seçici çözünme gerçekleşmiştir. Oluşan mikro çukurcuklar aşındırma süresinin artması ile öncelikle derinleşmiş ve genişlemiştir.

3.2. İşleme Süresinin İşleme Hızına Etkisi

AA5754 ve AA7075 alaşımlarının A ve B çözeltileri ile aşındırma hızları Çizelge 1'de verilmiştir. Şekil 6'da ise iki alüminyum alaşımı için iki farklı dağlayıcı çözelti ile farklı sürelerde elde edilen kimyasal aşınma hızı değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

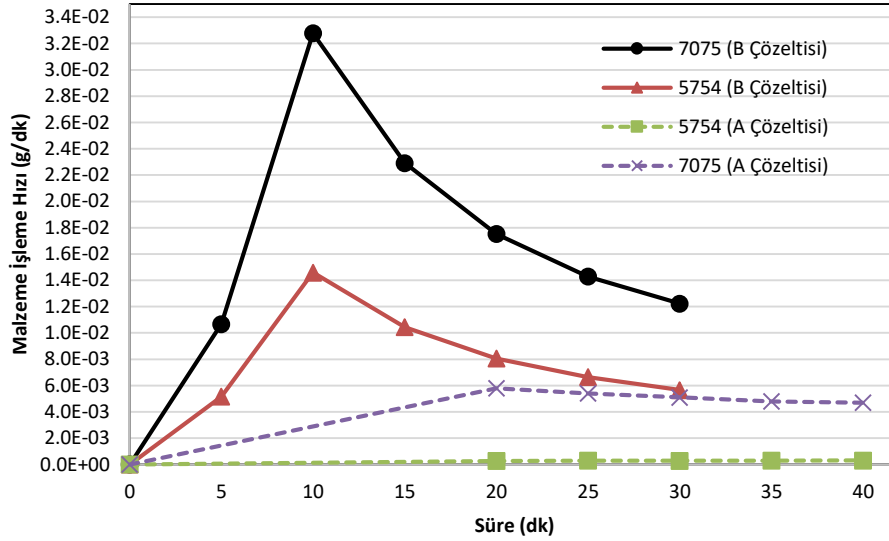
Her iki alaşım için aşındırma hızları reaktif çözelti türüne ve malzemeye bağlı olarak değişmiştir.

A çözeltisi ile yapılan işlemde AA5754 alaşımının kimyasal aşınma hızı 2×10^{-4} g/dk ile 3×10^{-4} g/dk olarak stabil değerler almıştır. AA7075 alaşımının kimyasal aşınma hızı ise ilk 20 dakika da lineer olarak artmış ve $4-6 \times 10^{-3}$ g/dk aralığında sabit hıza ulaşmıştır. B çözeltisi içinde kimyasal aşınmanın her iki alaşım içinde A çözeltisine oranla daha hızlı olduğu, bir

maksimum değere ulaştıktan sonra düşmeye başladığı ve bir değer aralığında sabitleme eğilimi olduğu gözlenmiştir. AA7075 alaşımı için ilk 10 dakikada maksimum değer olan $3,3 \times 10^{-2}$ g/dk değerine ulaştıktan sonra düşmeye başlamış ve $1-2 \times 10^{-2}$ g/dk aralığında kalma eğilimi göstermiştir. AA5754 alaşımı için kimyasal aşınma hızı bu çözeltide de daha düşük olarak gerçekleşmiştir. İlk 10 dk da $1,5 \times 10^{-2}$ g/dk

değerine çıkıp daha sonra $5-6 \times 10^{-3}$ g/dk hız aralığında kalma eğilimi göstermiştir.

En yüksek kimyasal aşınma hızı B çözeltisi içerisinde AA7075 numunesinde, en düşük kimyasal aşınma hızı ise A çözeltisi içerisinde AA5754 numunesinde elde edilmiştir.



Şekil 6. AA5754 ve AA7075 alaşımlarının A ve B kimyasal çözeltileri içerisindeki zamana bağlı kimyasal aşınma hızı değerleri

4. Sonuçlar

AA5754 ve AA7075 alüminyum alaşımlarından hazırlanan numuneler iki farklı kimyasal çözelti içerisinde farklı sürelerde işleme tabi tutularak yüzey morfolojilerindeki ve yüzey pürüzlülüklerindeki değişim incelenmiş elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

- AA7075 ve AA5754 alaşımlarının aşındırma hızları iki dağılayıcı çözelti (A çözeltisi: HF, HCl, HNO₃, H₂O) (B çözeltisi: HF, H₂O₂, H₂O) için tespit edilmiş ve çalışmada belirlenen oranlar ile alüminyum alaşımlarının kontrollü kimyasal aşındırılmasında kullanılabileceği görülmüştür.

- Hazırlanan çözelti çeşidi çözelti oranları için AA7075 alaşımı yüzeylerinde AA5754 alaşımı yüzeylerine göre daha yüksek kimyasal aşınma hızı gözlenmiştir.

Sonuç olarak, kimyasal aşındırma metodunun alüminyum yüzeylerin aşındırılmasında etkili bir yöntem olduğu gözlenmiştir. Böylece çeşitli yüzey uygulamalarında istenen yüzey pürüzlülük değerlerinin ve yüzey morfolojisinin kontrollü olarak elde edilebileceği söylenebilir. İşleme süreleri ile numuneler üzerinde oluşan yapıların ve gözenek boyutlarının kontrol edilebilir olması da bu çalışmadaki uygulamanın özellikle yüzeyde gözenekli yapı oluşturmak istenen uygulamalar için uygun olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (TÜBAP, Proje Numarası: 2023/178) tarafından desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarların beyan edilecek herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

ORCID

Tunahan PAMUKÇU, 0009-0008-5660-2066

Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN, 0000-0003-2251-3889

Kaynaklar

Abbas, F. I., Ahmed, B., Alaa, H. S., (2018). Influence FeCl₃ on Material Removal Rate And Surface Roughness in Chemical Machining Process, Kufa Journal of Engineering, 10 (1), 44-55.

Akpınar, İ. A., (2024). The effect of chemical etching and nanostructure additive epoxy coating technique on adhesion strength in aluminum joints bonded with nanostructure additive adhesive, International Journal of Adhesion and Adhesives, 129.

Anusree, T. G., Puthumana, G., (2014). Analysis of chemical machining for practical applications. BEST: International Journal of Management, Information Technology and Engineering, 2 (3), 77-86.

Barthlott, W, Neinhuis, C., (1997). Purity of the Sacred Lotus, or Escape from Contamination in Biological Surfaces. *Planta* 202(1),1–8.

Bennet, H.E., Porteus, J.O., (1961). Relation Between Surface Roughness and Specular Reflectance at Normal Incidence. *Journal of the Optical Society of America* 51,123–129.

Bruzzone, A.A.G., Pantani, A., Ferrando, A., Lonardo, P.M., (2003). Aluminium Joining with Structural Adhesives for Automotive Applications.

Proceedings of 6th AITEM Conference, Gaeta, 15–26.

BTYPK, (2021). İleri Malzeme Teknoloji Yol Haritası, T.C. Cumhurbaşkanlığı Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu.

Burokas, V., Martushene, A., Bikul'Chyus, G., Ruchinskene, A., (2009). Aluminum alloy etching in phosphoric acid solutions. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 82, 1835–1839.

Casalino, G., Mortello, M., Leo, P., Benyounis, K. Y., Olabi, A. G. (2014). Study on arc and laser powers in the hybrid welding of AA5754 Al-alloy. *Materials & Design*, 61, 191–198.

Cavalere, P., Nobile, R., Panella, F. W., Squillace, A. (2006). Mechanical and microstructural behaviour of 2024–7075 aluminium alloy sheets joined by friction stir welding. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46(6), 588–594.

Cognard, J., (2006). Some Recent Progress in Adhesion Technology and Science. *Comptes Rendus Chimie*, 9:13–24

Corbett, J., Mckeown, P. A., Peggs G. N., Whatmore, R. (2000). Nanotechnology: International Developments and Emerging Products. *Annals of the CIRP*, 49 (2), 523–545.

Çakır, O., (2019). Etchants for Chemical Machining of Aluminium and Its Alloys. *Acta Physica Polonica A*, 135 (4), 586-587.

Çakır, O., Yardımeden, A., Özben, T., (2007). Chemical machining. *Archives of Materials Science and Engineering*, 28 (8), 499-502.

Çetinkaya, C., Tekeli, S., Kurtuluş, O. (2002). Alüminyum Alaşımalarının Kaynaklanabilirliği ve Kaynak Parametrelerin Mekanik Özelliklere ve

- Mikroyapıya Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 5(4), 321-335.
- Danzebrink, H. U., Koenders, L., Wilkening, G., Yacoot, A., Kunzmann, H. (2006). Advances in Scanning Force Microscopy for Dimensional Metrology. *Annals of the CIRP*, 55 (2), 841–878.
- De Chiffre, L., Lonardo, P. M., Trumpold, H., Lucca, D. A., Goch, G., Brown, C. A., Raja, J., Hansen, H. N. (2000). Quantitative Characterisation of Surface Texture. *Annals of the CIRP*, 49 (2), 635–652.
- De Chiffre, L., Kunzmann, H., Peggs, G. N., Lucca, D. A. (2003). Surfaces in Precision Engineering Microengineering and Nanotechnology. *Annals of the CIRP*, 52 (2), 561–577.
- Dong, C., Gu, Y., Zhong, M., Li, L., Sezer, K., Ma, M., Liu, W. (2011). Fabrication of superhydrophobic Cu surfaces with tunable regular micro and random nano-scale structures by hybrid laser texture and chemical etching. *Applied Surface Science*, 211, 1234-1240.
- Geiger, M., Kleiner, M., Eckstein, R., Tiesler, N., Engel, U. (2001). Microforming. *Annals of the CIRP*, 50 (2), 445–462.
- Greenwood, J.A., Williamson, J.P.B., (1966), Contact of Nominally Flat Surfaces. *Proceedings of the Royal Society of London Series A*, 295,300–319.
- Hamed, J. A. (2017). Effect of welding heat input and post-weld aging time on microstructure and mechanical properties in dissimilar friction stir welded AA7075–AA5086. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 27(8), 1707–1715.
- Kasman, Ş, Yenier, Z. (2014). Analyzing dissimilar friction stir welding of AA5754/AA7075. *Int Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70, 145–156.
- Kozak, J., Zybura-Skrabalak, M., (2016), Some problems of surface roughness in electrochemical machining (ECM), *Procedia CIRP*, 42, 101–106.
- Lipowsky, R., Lenz, P., Swain, P.S., (2000). Wetting and Dewetting of Structured and Imprinted Surfaces. *Colloids and Surfaces A*, 161, 3–22.
- Lonardo, P.M., Bruzzone, A.A.G., (1989). Influence of Surface Roughness Parameters on the Mechanical Strength in Metal Gluing. *Annals of the CIRP*, 38 (1), 571–574.
- Onda, T., Shibuichi, S., Satoh, N., Tsujii, K. (1996). Super-water-repellent fractal surfaces. *Langmuir*, 12(9), 2125-2127.
- Qu, M., Zhang, B., Song, S., Chen, L., Zhang J., Cao X., (2007). Fabrication of superhydrophobic surfaces on engineering materials by a solution-immersion process, *Advanced Functional Materials*. 17, 593–596.
- Sarkar, D. K., Farzaneh, M., Paynter, R. W., (2008). Superhydrophobic properties of ultrathin rf-sputtered Teflon films coated etched aluminum surfaces. *Materials Letters*. 62, 1226–1229.
- TALSAD, (2023). Dünya ve Türkiye’de Alüminyum 2023 Yılı Raporu, Alüminyum Sektörü Raporu, Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği.
- Taşkın, N. U., Ordu, F., (2021). Effect of etching duration on roughness and wettability of different carbon steel substrates. *Materials Chemistry and Physics*. 257.
- Wu, R., Liang, S., Pan, A., Yuan, Z., Tang, Y., Tan, X., Guan, D., Yu, Y., (2012). Fabrication of nano-structured super-hydrophobic film on aluminum by controllable immersing method. *Applied Surface Science*. 258, 5933–5937.

Yahata, N., (1987). Effect of Lapping on the Fatigue-Strength of a Hardened 13Cr-0.34C Stainless Steel. *Wear*, 115 (3), 337-348.

Yahata, N., Inukai, T., Hayama, F., (1982). Effect of Surface Working on the Fatigue-Strength and Wear of a Hardened 13%Cr Stainless Steel. *Wear* 80(1), 89-100.

Yang, C., Tartaglino, U., Persson, B. N. J. (2006). Influence of Surface Roughness on Superhydrophobicity. *PRL* 97, 116103.