



Alüminyum Alaşımlarının Yapıştırılmasında Kullanılan Mekanik Yüzey İşlemlerinden Zımparalamanın Farklı Numaralarının Kayma Kesme Dayanımı Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Melih KEKİK^{*1}, Timuçin ÖĞRENİR², Salim ASLANLAR³

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Arifiye MYO, Sakarya, Türkiye

² Türesaş, Sakarya, Türkiye

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Sakarya, Türkiye

*melihkekik@subu.edu.tr

(Alınış/Received: 20.06.2025, Kabul/Accepted: 11.07.2025, Yayımlama/Published: 31.07.2025)

Öz: Alüminyum alaşımları yüksek dayanım - ağırlık oranı ve mükemmel enerji sönmeme yeteneğinden dolayı gün geçtikçe kendilerine daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Enerji verimliliği hayatın her alanında olduğu gibi demiryolu sektöründe de çok önemlidir. Bu sebeple alüminyumdan imal edilmiş şasilerin ve diğer komponentlerin kullanım oranları artmıştır. Alüminyumun kaynaklanabilirliğindeki dezavantajlarından dolayı yapıştırma daha da önemli bir hale gelmiştir. Her birleştirme metodunun avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yapısal yapıştırma işlemlerinde yapıştırma işleminden önce yüzey hazırlığı gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında alüminyum malzemelerin yüzey hazırlığında sıklıkla kullanılan mekanik işlemlerden zımparalama işlemi ele alınmıştır. Zımpara işleminde 60, 80, 150, 400 ve 1500 farklı kum numaralarındaki zımparalar ile çelik ve alüminyum oksit olarak iki farklı kum türünün mekanik dayanıma olan etkileri incelenmiştir. Hedef çalışmada 60 kum ile alüminyum oksit kum türü ile optimum sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Alüminyum, Yapıştırma, Pürüzlülük, Yüzey hazırlığı

Investigation of the Effect of Different Numbers of Sandpaper, One of the Mechanical Surface Treatments Used in Bonding of Aluminum Alloys, on Shear Strength

Abstract: Due to their high strength-to-weight ratio and excellent energy absorbing ability, aluminum alloys are finding more and more applications day by day. Energy efficiency is very important in the railway sector as in all areas of life. For this reason, the use of chassis and other components made of aluminum has increased. Due to the disadvantages in the weldability of aluminum, bonding has become even more important. Each joining method has its advantages and disadvantages. In structural bonding processes, surface preparation is required before bonding. In this study, sanding process, which is one of the mechanical processes frequently used in the surface preparation of aluminum materials, is discussed. The effects of abrasives with different grit numbers of 60, 80, 150, 400 and 1500 and two different grit types as steel and aluminum oxide on mechanical strength were investigated. In the target study, optimum results were obtained with 60 grit and aluminum oxide grit type.

Keywords: Aluminum, Bonding, Roughness, Surface treatment

1. Giriş

Alüminyum malzemelerin yapıştırılmasında kullanılabilecek çok sayıda yüzey işlemi bulunmaktadır. Bağlantının güvenlik sınıfına göre tasarımcı tarafından belirlenecek olan yüzey işlemlerinin her biri kendine has avantaj ve dezavantajlar barındırmaktadır. Genellikle yüzey işlemi seçilirken ekonomiklik, uygulanabilirlik, uzun süreli dayanım, mekanik dayanım gibi kriterler baz alınır. Bahsedilen yüzey işlemleri, kimyasal, fiziksel, elektrokimyasal veya elektro

Atıf için/Cite as: M. Kekik, T. Öğrenir, S. Aslanlar, "Alüminyum alaşımlarının yapıştırılmasında kullanılan mekanik yüzey işlemlerinden zımparalamanın farklı numaralarının kayma kesme dayanımı üzerine etkisinin incelenmesi," *Demiryolu Mühendisliği*, sy. 22, ss. 91-105, Temmuz 2025. doi: 10.47072/demiryolu.1724065

fiziksel olabilir. Bu çalışmada mekanik yüzey işlemlerinden zımparalamanın yapıştırıcının tutunma (hasar türü) özelliklerine etkisi incelenmiştir [1-4].

Yapılan çalışma kapsamında yürütülmüş literatür araştırmalarında yüzey hazırlığı üzerine farklı teknikler ile ilgili çalışmalar mevcut olsa da çelik ve alüminyum oksit kum türleriyle 5 farklı kum seviyesinin AA6061 için araştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır, yapılan bazı çalışmaların örnekleri şöyle özetlenmektedir; 2021 yılında Fei Cheng vd. karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) ile alüminyum alt tabakalar arasındaki yapışma dayanımını artırmak amacıyla, üç farklı sülfürik asit çözeltisi kullanılarak oluşturulan yüzey morfolojilerini incelemiştir. Farklı asit çözeltilerinin alüminyum yüzeyinde oluşturduğu mikroyapısal değişikliklerin, yapışma kuvveti üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. Uygun yüzey işlemleriyle CFRP-alüminyum birleşimlerinde daha güçlü ve dayanıklı yapısal bağlantıların elde edilebileceğini göstermiştir [9].

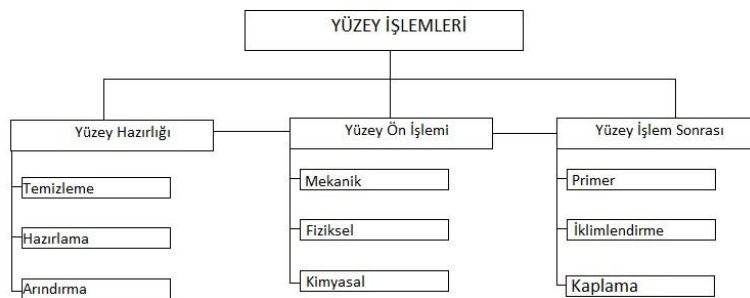
2022 yılındaki diğer çalışmada Amir Safari vd. farklı yüzey hazırlama yöntemleri ve yapıştırıcı türlerinin 2024-T3 alüminyum alaşımındaki yapıştırma bağlantılarının dayanımı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Mekanik ve kimyasal yüzey işlemlerinin yanı sıra epoksi ve akrilik bazlı yapıştırıcıların kullanımı karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, uygun yüzey işlemi ve yapıştırıcı kombinasyonunun bağlantı dayanımını önemli ölçüde artırabileceğini ortaya koymuştur [10].

2024 yılında Mani Mohan Tiwari vd. yaptığı çalışmada ise yapısal yapıştırma uygulamalarında 6061-T6 alüminyum alaşımının yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin çekme-sıyırma dayanımı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Farklı yüzey işleme teknikleriyle elde edilen pürüzlülük seviyeleri, yapışma performansını doğrudan etkilemiştir. Belirli bir yüzey pürüzlülüğü aralığının yapışma kuvvetini optimize ederek daha yüksek kayma dayanımı sağladığını göstermiştir [11].

2. Yüzey İşlemleri

Yüzey hazırlığındaki temel amaçlar, yüzeyde daha önce oluşmuş zayıf tabakaların yüzeyden uzaklaştırılması, yapıştırıcı ve yüzeyler arasındaki etkileşimin en üst seviyeye taşınması, bağlantının uzun süreli dayanımını sağlayacak yüzeyler arasındaki yapışma kuvvetlerinin yüksek olması, işleme özel yüzey mikro yapısı elde edilmesidir [1-4].

Birçok malzeme türünde yapıştırma işlemi yapılmadan önce çeşitli yüzey hazırlıklarının yapılması gerekmektedir. Bu yüzey hazırlıkları temizleme, fiziksel veya kimyasal değişime uğratma, aşındırma gibi işlemler içermektedir. Genel olarak yapılan yüzey hazırlıklarının temel amacı, yüzeylerin ıslatılabilirliğini artırarak yapışmanın iyileştirilmesidir. Aynı zamanda, uzun süreli dayanım yapılacak olan iyi bir yüzey hazırlığı ile artırılabilir [4-7]. Bazı düşük enerjili yüzeylerin, kimyasal ve fiziksel bazı işlemler ile enerjisi yüzey enerjisi değiştirilmelidir [8].



Şekil 1. Yüzey işlemleri [1,2]

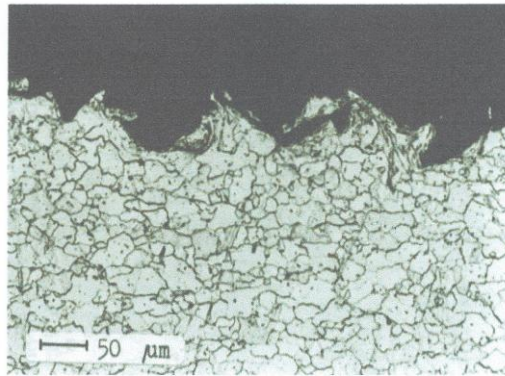
Yapıştırılacak olan parçaların yüzeylerinde bulunabilecek ve adezyonu olumsuz etkileyecek olan kontaminasyonlardan arındırılması gerekir. Genellikle güvenlik gereksinimi taşıyan tüm yapıştırma işlemlerinde bu adımlardan bir veya birkaçı yapılmaktadır. Yapıştırılacak parçaların yüzeylerinde bulunabilecek ve yapışma performansını olumsuz etkileyecek yağ, kir, pas, boya, vernik gibi katmanların genellikle kaldırılmaları gerekmektedir. Özel uygulamalar dışında bu yüzey katmanları, yapışma performansını olumsuz etkiler [1,2].

Yüzey hazırlığı işlemlerinden sonra genellikle yüzeyi tam anlamıyla hazırlamak, yüzeyin ıslatılabilirliğini, efektif temas alanını arttırabilmek için ilave bazı yüzey ön işlemleri yapılır. Bu işlemler mekanik, fiziksel veya kimyasal olabilirler. Teori ve pratikte tüm metalik malzemelerin yüzeylerinde kontrolsüz bir oksit tabakası yer alabilir. Kimi metalde bu tabaka yüzeye zayıf şekilde bağlandığı için yapıştırma bağlantısı açısından dezavantaj yaratabilir. Bu yüzden yüzeyden tamamen kaldırılması ve/veya kontrollü şekilde tekrar oluşturulması gerekebilir [9,10].

2.1. Mekanik yüzey işlemleri

Mekanik işlemler genellikle bir yüzeyin çok belirgin bir şekilde pürüzleşmesine neden olur, ancak yapışma üzerindeki etkisi karmaşıktır. Pürüzlü bir yüzeyin yalnız başına yapışma için temel bir gereklilik olmadığı unutulmamalıdır. Mekanik işlemin en önemli gereksinimi, zayıf yüzey tabakalarını ortadan kaldırmak ve temiz, yeni bir yüzey ortaya çıkarmaktır [7]. Taşlama, fırçalama, zımparalama veya kumlama en önemli yöntemlerdir. Her halükârda önceden yağ alma gereklidir, aksi takdirde olası yağ kalıntıları yüzeye yayılabilir veya hatta ince gözeneklere veya diğer girintilere bastırılabilir [6].

Taşlama, fırçalama ve zımparalama, kumlama ya da düşük toz yükü ile karakterize edilir, ancak ön işlemin düzgünlüğü daha düşüktür. Taşlama veya fırçalama etkisi, işlemi 90°'lik bir açıyla tekrarlayarak (çapraz taşlama) geliştirilebilir. Daha büyük yüzeylerin ön işlemi için tampon zımparalar ve bant zımparalar mevcuttur. Taşlama ve fırçalamadan daha etkili olan yöntem, farklı tür ve formlarda (alüminyum oksit aşındırıcı, çelik kum, cam inciler) satılan bilyeli zımparalamadır (kumlama). Maliyetleri göz önüne alındığında, özellikle yapıştırılmış bağlantıların uzun süreli gerilmesi durumunda, kumlama ideal bir yüzey ön işleminin yöntemi olarak kabul edilebilir. Jet basıncına ve aşındırıcı tane çapına bağlı olarak farklı pürüzlülük değerlerindeki yüzeyler elde edilebilir. Örnek olarak, tane çapı 0,5-1mm arasında değişen alümina aşındırıcısı ile 0,8MPa'lık jet basıncı ile kumlanan çelik yüzeye ait örnek Şekil 2'de verilmiştir [1-5].



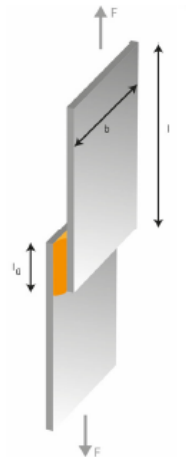
Şekil 2. Kumlanmış çelik yüzeyi [2]

2.2. Zımparalama

Yapıştırma işlemlerinde zımparalama genellikle yüzeyde yer alan ve kontrolsüz olan oksit tabakasını kaldırmak ve yüzeyi temizleyerek pürüzlendirmek için kullanılır. Kullanılacak zımpara kâğıdının elde edilecek yüzey temizliği ve pürüzlülüğünde büyük etkisi bulunmaktadır. Yapıştırma mekanizmalarından olan mekanik adezyon teorisine göre yapıştırıcının yüzeye kilitlenmesini sağlayan kavram yüzey pürüzlülüğüdür [8].

3. Deneysel Çalışmalar

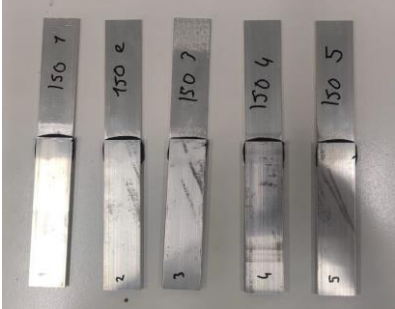
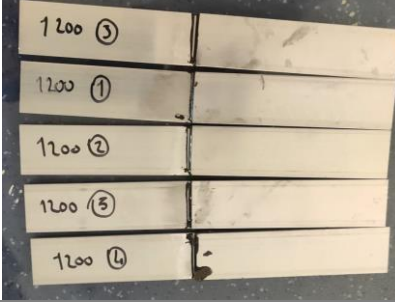
Bu çalışmanın tamamında, yapılacak olan tüm senaryolar, demiryolu aracı üretiminde kullanılması muhtemel metotlardır. Her bir senaryodan çok daha iyi alternatiflerin bulunması ve bilinmesine rağmen uygulanabilirlik, ekonomiklik, pratiklik gibi sebeplerle gerçekçi seçimler yapılmıştır. Örnek olarak zımpara, kumlama vb. işlemler, araçların imalatında uygulandığı şekilde yapılmıştır. Tüm yapıştırma işlemleri aynı sıcaklık ($25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), nem değerleri (%57) ve aynı operatör ile gerçekleştirilmiştir. Tüm işlemlerde Şekil 3.'de yer alan test numunesi kullanılmıştır. Bu düzende, kalınlığı tüm bağlantılarda sabit tutmak ve yapıştırıcı kalınlığını, yapıştırıcı içerisinde yer alan cam küreciklerin çapı ile sınırlandırmak için şimler kullanılmıştır. Testlerin yapıldığı Bu çalışmada farklı numaralara sahip zımpara kâğıtları ile elde edilecek olan yüzey pürüzlülüğü ve buna bağlı olarak yapışma performansı değerlendirilecektir. Çalışmada kullanılacak zımpara numaraları 60, 80, 150, 400, 1200 şeklinde belirlenmiş olup elde edilen bağlantıların görselleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 3. Örnek lap-shear test numunesi

Tablo 1. İzopropil alkol +kum zımpara ile hazırlanmış deney numuneleri

Kum zımpara	Deney numuneleri
60 kum zımpara	

80 kum zımpara	
150 kum zımpara	
400 kum zımpara	
1200 kum zımpara	

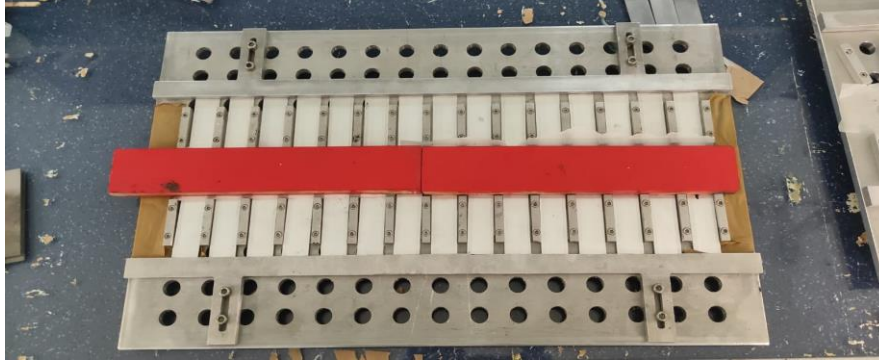
Bu çalışmada hafif raylı demiryolu araçlarında ve Milli Elektrikli Tren Setinde sıklıkla kullanılan Al 6061-T6 Alüminyum alaşımı seçilmiş, spektral analizi yapılarak sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Al6061-T6 spektral analizi

Si(%)	Fe(%)	Cu(%)	Mn(%)	Mg(%)	Cr(%)	Ni(%)	Zn(%)	Ti(%)
0.754	0.520	0.270	0.122	0.890	0.151	0.0118	0.0797	0.0402
Be (%)	Bi (%)	Pb (%)	Sn (%)	V (%)	Zr (%)	Al (%)		
0.00002	0.0946	0.0055	0.0025	0.0015	0.0023	97.0		

Tüm test numunelerine kayma-kesme gerilmesinin ölçülmesi için lap-shear testi uygulanmıştır. Buna göre, TS EN 1465 standardına göre (Bindirmeli sistemlerin ayrılma dayanımının tayini) numuneler hazırlanmıştır. Bu numuneler 2x25x100 ebatlarında standarda göre ayarlanmıştır.

Tüm test numunelerinde bindirme uzunluğu $17 \pm 1,50$ mm olacaktır. Bunun için Şekil 4'te verilen test aparatı hazırlanmıştır.



Şekil 4. Test düzeneği

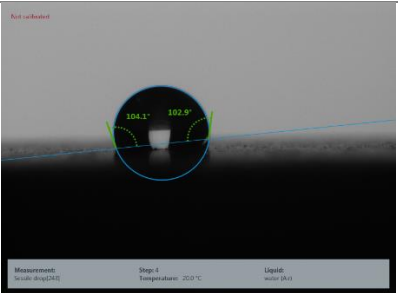
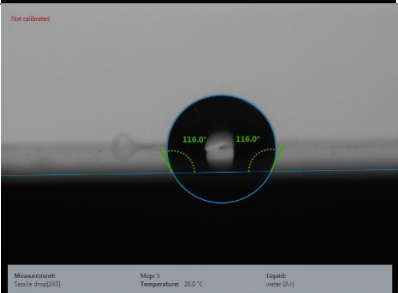
Yapılacak tüm yüzey işlemlerinde yüzeyi kontaminasyonlardan arındırmak için izopropil alkol kullanılmıştır. Yalnızca zımparanın değişken numaralarını test edilebilmesi için, laboratuvar şartları, temizleyici, operatör vb. Tüm değişkenler sabit tutulmuştur. Her bir zımparalama işleminden sonra numuneler tekrar izopropil alkol ile temizlenip SEM görüntüleri alınmıştır.

Tüm numuneler aynı standarda aynı test düzeneğinde hazırlanıp aynı kayma gerilmesi testine tabi tutulmuştur. Yapıştırıcı olarak, demiryolu araçlarında yapısal yapıştırıcı olarak kullanılan ve yanmazlık gereksinimlerini de sağlayan iki bileşenli, toklaştırılmış epoksi olan 3M™ Scotch-Weld™ 7240 FR ürünü tercih edilmiştir.

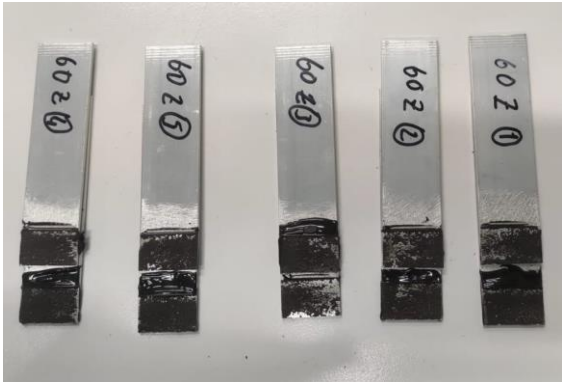
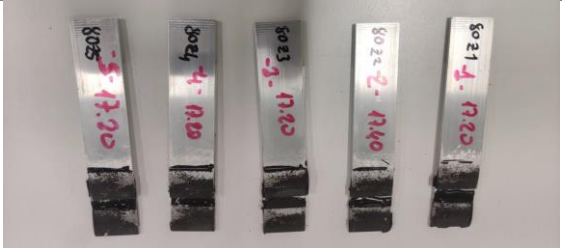
Yapıştırma işleminden önce Temas Açısı/Optik Yüzey Gerilimi Ölçüm cihazı ile farklı kum zımparalar ile elde edilmiş yüzeylerin ıslatma açıları ölçülmüş ve Tablo 3'de verilmiştir. Yapıştırma işleminden sonra yapılan çekme makaslama deneyinde elde edilen hasar türleri Tablo 4'te verilmiştir.

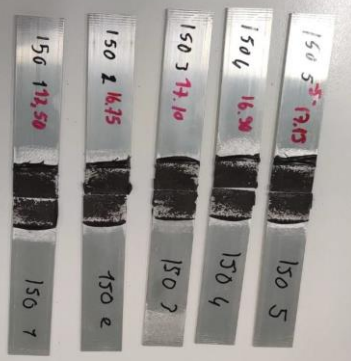
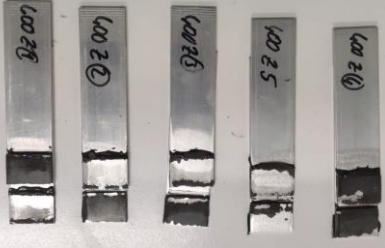
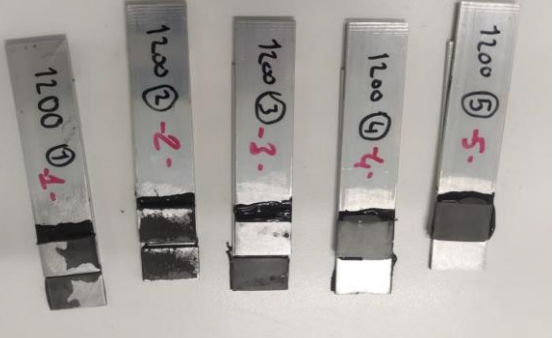
Tablo 3. İzopropil alkol +kum zımpara ile temizlenen yüzeylerin ıslatma açıları

Kum zımpara	Islatma açıları
60 kum zımpara	
80 kum zımpara	

150 kum zımpara	
400 kum zımpara	
1200 kum zımpara	

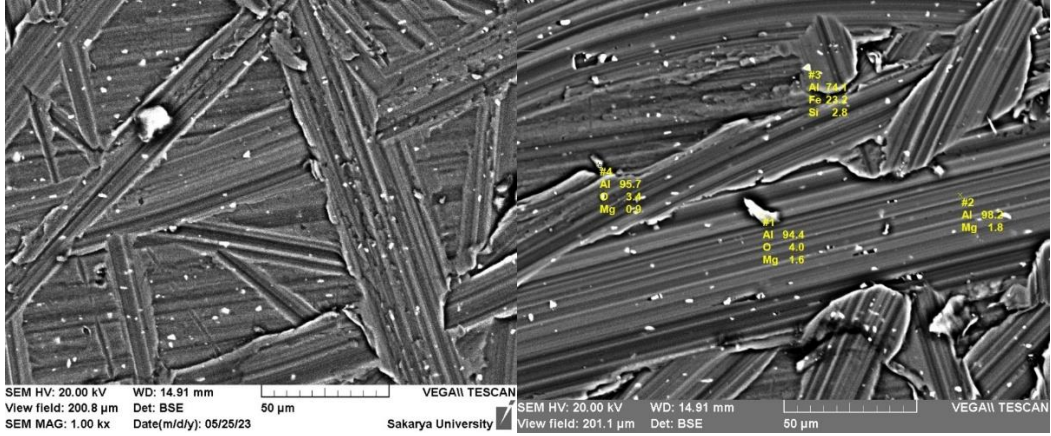
Tablo 4. İzopropil alkol +kum zımpara ile elde edilen bağlantıların test sonucunda meydana gelen hasar türleri

Kum zımpara	Hasar türü	Kopma yüzeyi
60 kum zımpara	Kohezif	
80 kum zımpara	Kohezif	

150 kum zımpara	Kohezif	
400 kum zımpara	Adezif	
1200 kum zımpara	Adezif	

3.1. İzopropil alkol + 60 kum zımpara ile mekanik yüzey işlemi

60 kum zımpara ile hazırlanacak yüzeyler öncelikle izopropil alkol ile temizlenmiştir. Zımparalama işlemi sonrasında tekrar izopropil alkol ile temizlenmiştir. Yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümünde elde edilen veriler ve TS EN 1465 standardına göre yapılan çekme testine ait veriler 5 numunenin ortak değerleri Tablo 4'te, grafiği Şekil 6'da verilmiştir. Yüzeye ait sem görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. İzopropil alkol + 60 kum zımpara ile temizlenen yüzeyin 1000x SEM görüntüsü ve EDX analizi

MALZEME TANIMI

AL 6061 - 3M 7240 FR - 60 ZIMPARA NUMUNE

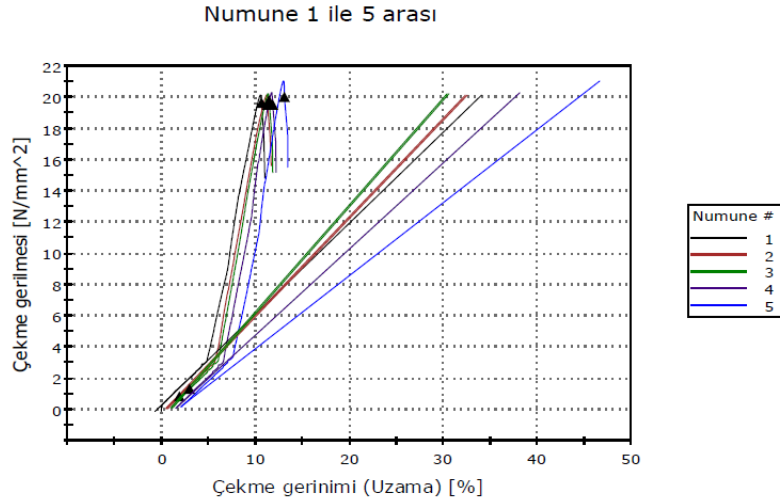
YÜZEY İŞLEMİ

60 ZIMPARA

YAPIŞTIRICI

3M 7240 FR

Test Grafiği



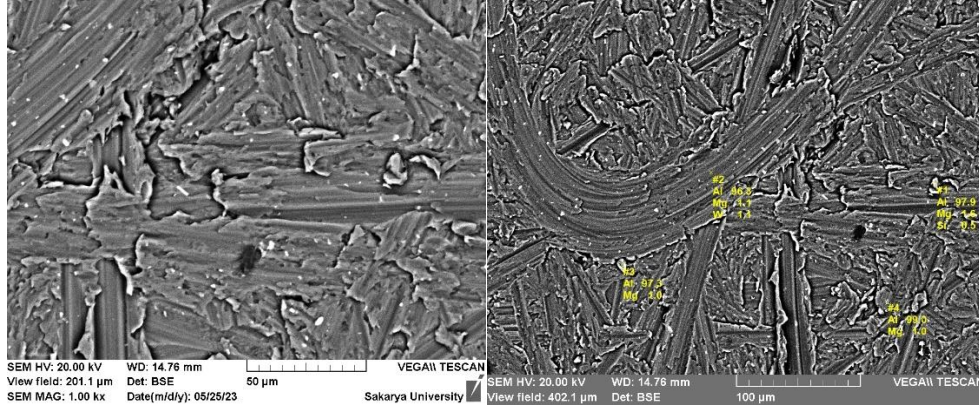
Şekil 6. İzopropil alkol + 60 kum zımpara ile hazırlanan numunelerin çekme testi grafiği

Tablo 5. İzopropil alkol + 60 kum zımpara numunelerinin ortalama test sonuçları

Yüzey Pürüzlülüğü (Rz) (µm)	Bindirme Uzunluğu (mm)	Bindirme Genişliği (mm)	Maksimum Kuvvet (N)	Gerilme (MPa)	Hasar Türü
15-18	15,83	24,99	8052,8	20,35	Kohezif

3.2. İzopropil alkol + 80 kum zımpara ile mekanik yüzey işlemi

80 kum zımpara ile hazırlanacak yüzeyler öncelikle izopropil alkol ile temizlenmiştir. Zımparalama işlemi sonrasında tekrar izopropil alkol ile temizlenmiştir. Yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümünde elde edilen veriler ve TS EN 1465 standardına göre yapılan çekme testine ait veriler 5 numunenin ortak değerleri Tablo 6’da, grafiği Şekil 8’de verilmiştir. Yüzeye ait sem görüntüleri Şekil 7’te verilmiştir.



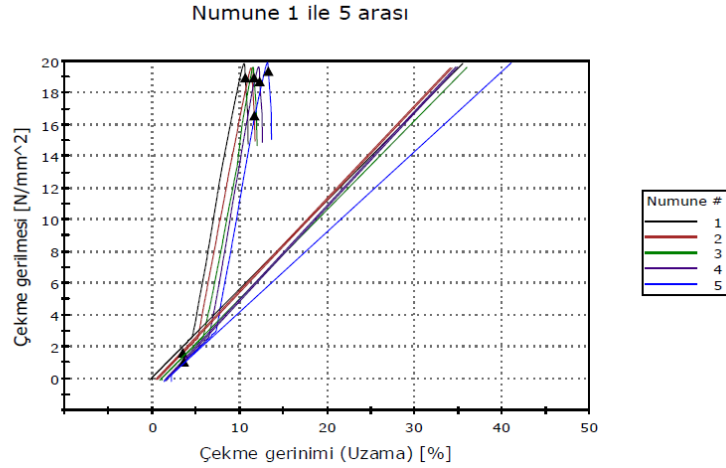
Şekil 7: İzopropil alkol + 80 kum zımpara ile temizlenen yüzeyin 1000x SEM görüntüsü ve EDX analizi

MALZEME TANIMI
AL 6061 - 3M 7240 FR - 80 ZIMPARA NUMUNE

YÜZEY İŞLEMİ
80 ZIMPARA

YAPIŞTIRICI
3M 7240 FR

Test Grafiği



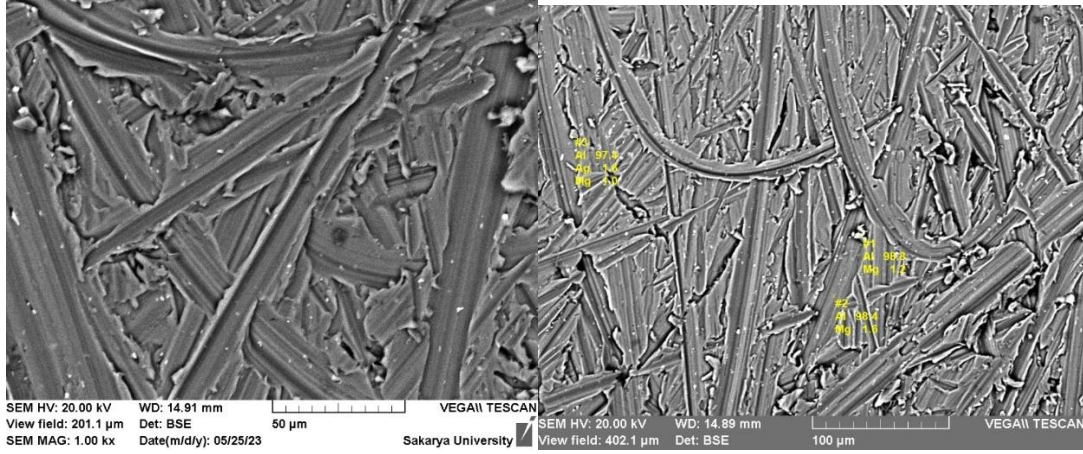
Şekil 8. İzopropil alkol + 80 kum zımpara ile hazırlanan numunelerin çekme testi grafiği

Tablo 6. İzopropil alkol + 80 kum zımpara numunelerinin ortalama test sonuçları

Yüzey Pürüzlülüğü(Rz) (μm)	Bindirme Uzunluğu (mm)	Bindirme Genişliği (mm)	Maksimum Kuvvet (N)	Gerilme (MPa)	Hasar Türü
8-9	17,24	24,96	8500	19,70	Kohezif

3.3. İzopropil alkol + 150 kum zımpara ile mekanik yüzey işlemi

150 kum zımpara ile hazırlanacak yüzeyler öncelikle izopropil alkol ile temizlenmiştir. Zımparalama işlemi sonrasında tekrar izopropil alkol ile temizlenmiştir. Yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümünde elde edilen veriler ve TS EN 1465 standardına göre yapılan çekme testine ait veriler 5 numunenin ortak değerleri Tablo 7’de, grafiği Şekil 10’da verilmiştir. Yüzeye ait SEM görüntüleri Şekil 9’da verilmiştir.

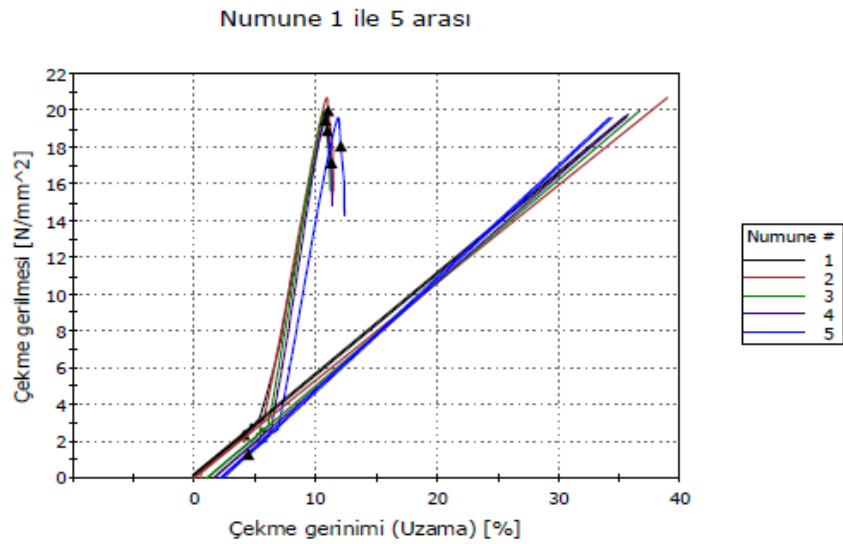


Şekil 9. İzopropil alkol + 150 kum zımpara ile temizlenen yüzeyin 1000x SEM görüntüsü ve EDX analizi

YÜZEY İŞLEMİ
150 C

YAPIŞTIRICI
3M 7240 FR

Test Grafiği



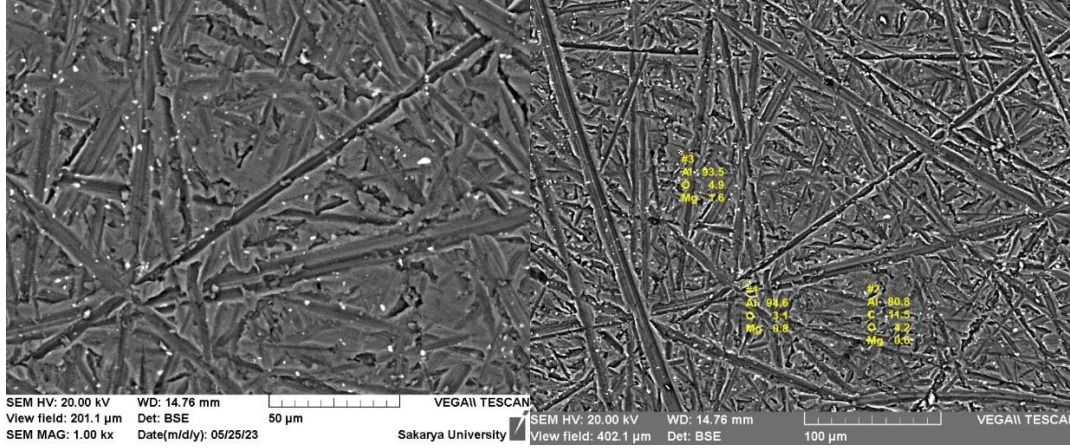
Şekil 10. İzopropil alkol + 150 kum zımpara ile hazırlanan numunelerin çekme testi grafiği

Tablo 7. İzopropil alkol + 150 kum zımpara numunelerinin ortalama test sonuçları

Yüzey Pürüzlülüğü(Rz) (µm)	Bindirme Uzunluğu (mm)	Bindirme Genişliği (mm)	Maksimum Kuvvet (N)	Gerilme (MPa)	Hasar Türü
6-7	17,08	24,99	8528,4	19,98	Kohezif

3.4. İzopropil alkol + 400 kum zımpara ile mekanik yüzey işlemi

400 kum zımpara ile hazırlanacak yüzeyler öncelikle İzopropil Alkol ile temizlenmiştir. Zımparalama işlemi sonrasında tekrar İzopropil Alkol ile temizlenmiştir. Yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümünde elde edilen veriler ve TS EN 1465 standardına göre yapılan çekme testine ait veriler 5 numunenin ortak değerleri Tablo 8'de, grafiği Şekil 12'de verilmiştir. Yüzeye ait sem görüntüleri Şekil 11'de verilmiştir.



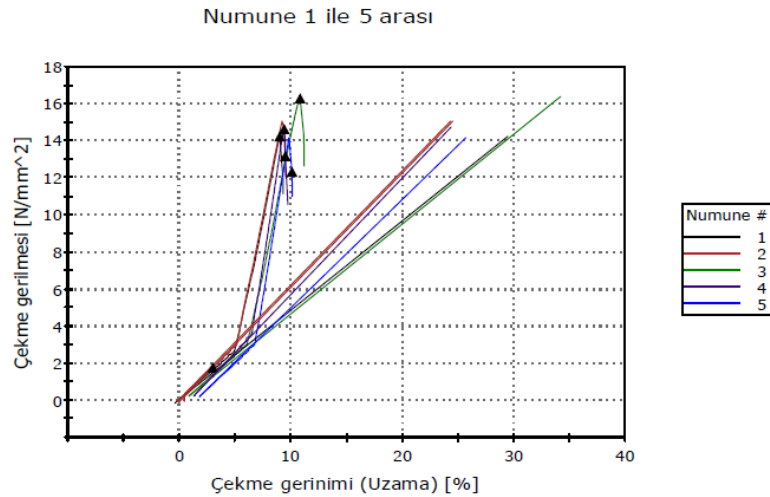
Şekil 11. İzopropil alkol + 400kum zımpara ile temizlenen yüzeyin 1000x SEM görüntüsü ve EDX analizi

MALZEME TANIMI
AL 6061 - 3M 7240 FR - 400 ZIMPARA NUMUNE

YÜZEY İŞLEMİ
400 ZIMPARA

YAPIŞTIRICI
3M 7240 FR

Test Grafiği



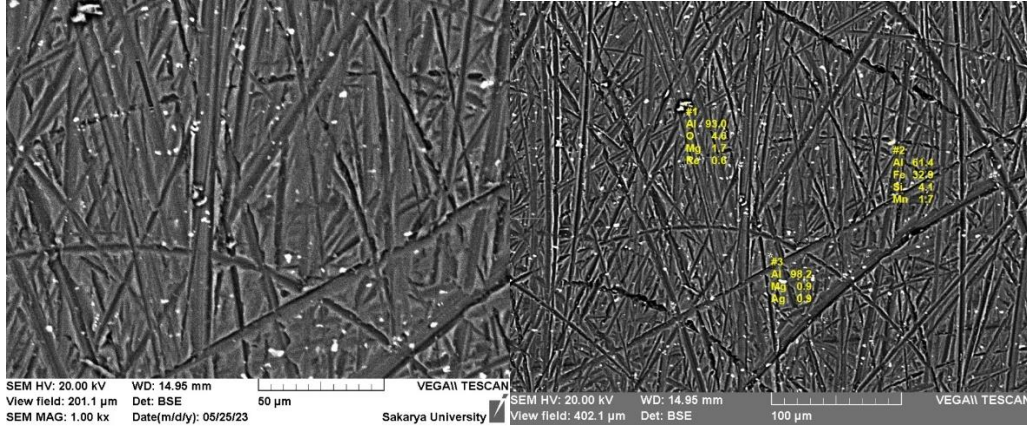
Şekil 12. İzopropil alkol + 400 kum zımpara ile hazırlanan numunelerin çekme testi grafiği

Tablo 8. İzopropil alkol + 400 kum zımpara numunelerinin ortalama test sonuçları

Yüzey Pürüzlülüğü(Rz) (µm)	Bindirme Uzunluğu (mm)	Bindirme Genişliği (mm)	Maksimum Kuvvet (N)	Gerilme (MPa)	Hasar Türü
2-3	17,40	24,97	6125,4	14,91	Adezif

3.5. İzopropil alkol + 1200 kum zımpara ile mekanik yüzey işlemi

1200 kum zımpara ile hazırlanacak yüzeyler öncelikle İzopropil Alkol ile temizlenmiştir. Zımparalama işlemi sonrasında tekrar İzopropil Alkol ile temizlenmiştir. Yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümünde elde edilen veriler ve TS EN 1465 standardına göre yapılan çekme testine ait veriler 5 numunenin ortak değerleri Tablo 9'da , grafiği Şekil 14'de verilmiştir Yüzeye ait SEM görüntüleri Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. İzopropil alkol + 1200kum zımpara ile temizlenen yüzeyin 1000x SEM görüntüsü ve EDX analizi

MALZEME TANIMI

AL 6061 - 3M 7240 FR - 1200 ZIMPARA NUMUNE

YÜZEY İŞLEMİ

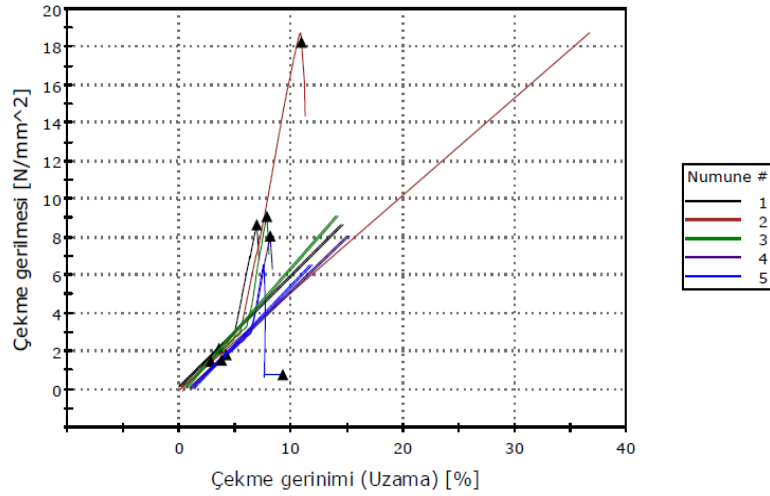
1200 ZIMPARA

YAPIŞTIRICI

3M 7240 FR

Test Grafiği

Numune 1 ile 5 arası



Şekil 14. İzopropil alkol + 1200 kum zımpara ile hazırlanan numunelerin çekme testi grafiği

Tablo 9. İzopropil alkol + 1200 kum zımpara numunelerinin ortalama test sonuçları

Yüzey Pürüzlülüğü(Rz) (µm)	Bindirme Uzunluğu (mm)	Bindirme Genişliği (mm)	Maksimum Kuvvet (N)	Gerilme (MPa)	Hasar Türü
1-2	16,60	24,99	4231,7	10,22	Adezif

4. Sonuçlar ve Değerlendirme

Mekanik yüzey işlemlerinden zımparalama işlemleri için 5 farklı zımpara kâğıdı seçilmiştir. Bu kâğıtlar 60 kum, 80 kum, 150 kum, 400kum ve 1200 kumdur. Yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde Rz değerleri 1 µm ile 20 µm arasında değiştiği görülmektedir. 400 kum ve sonrasında kopma artık tamamen adezife dönüştüğü için 400 ve üzeri zımparaların kullanılması

teknik açıdan özel uygulamalar haricinde tavsiye edilmemektedir. Daha küçük numaralı zımparalardan en iyi sonuç 60 kumda elde edilmiştir. Ancak dikkat edilmelidir ki, oluşan yüksek pürüzlülük korozyon ve hava kabarcığı ihtimalini arttırmaktadır. Bu sebeple, özellikle yüksek nem içeriği ile yaşlanma testlerinin yapılması ve mekanik testlerin tekrarlanması gerekmektedir. 80 kum zımparanın yüzey pürüzlülüğü daha düşük olmasına rağmen elde edilen mekanik dayanımlar benzerdir. 80 kum zımparada ortalama 19,75 MPa dayanım elde edilirken, 60 kum zımparada bu değerin 20,4 MPa olduğu görülmüştür. Aradaki fark oldukça küçük olup iki alternatif için de yaşlanma testleri yapılması gerekmektedir. 150 zımparada elde edilen değerler 400 zımparaya göre çok daha iyidir. 400 zımpara ve sonrasında artık kopmaların adezif olmasından dolayı tavsiye edilmez. Böylelikle 400 ve üzeri zımparalarda herhangi bir yaşlanma testine dahi gerek bulunmamaktadır. 80 ve 150 kum zımparalar arasında ise dayanım olarak 80 kum öndedir. Yapılacak yaşlanma testleri sonrasındaki dayanım düşümleri benzer olması halinde 80 kum zımpara veya 150 kum zımpara tercih edilebilir.

Kumlama işlemlerinde iki farklı kum tipi, aynı parametreler ile aynı operatör tarafından uygulanmıştır. Çelik kum ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü çok yüksektir. Her ne kadar elde edilen kırılma paterni kohezif kırılmayı gösteriyor olsa da, alüminyum yüzeyine gömülü kalan ve operatörün göremeyeceği kum taneleri sıcaklık farkı, nem ve farklı malzemeler arasında gelişecek olan korozyon sebebiyle zayıf sınır tabakası oluşturacak ve adezyonu azaltacaktır. Dolayısıyla bir yüzeyi tamamen kumdan ayırmak ya mümkün değildir, ya da işlemin zorluğu ve maliyeti fazladır. Bu sebeple elde edilen değerlerin yüksek olmasına karşın alüminyum oksit kullanılan kumlamaya göre bir avantajı bulunmamaktadır. Alüminyum oksit ile kumlanan parçaların yüzey pürüzlülüğü, çelikle kumlanan parçaların yüzey pürüzlülüğünün yaklaşık olarak yarısı olmasına karşın iki yöntemle de ortalama 20 MPa'lık dayanım elde edilmiştir. Ayrıca çelik kumun sağladığı yüzey pürüzlülüğünün solvent ile temizlenmesi sonrasında yüzeyde artık madde kalma ihtimali ve yüzey pürüzlülük noktalarının içinde solvent hapsolme ihtimali bulunmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmalar neticesinde, ilave bir yaşlanma testi gerekmeksizin alüminyum oksit kumu tercih edilebilir.

Kaynakça

- [1] E. M. Petrie, Handbook of Adhesives & Sealants, USA, 2000.
- [2] S. Ebnesajjad, Handbook of Adhesives and Surface Preparation, William Andrew, 2010.
- [3] J. Minford, Handbook of aluminum bonding technology and data, New York, 1993.
- [4] G. Gierenz, W. Karmann, Adhesives and Adhesive Tapes, Wiley-Vch, 1997.
- [5] J. Minford, Aluminum Adhesive Bond Performance Treatise on Adhesion and Adhesives, USA, 1981.
- [6] G. Habenicht, Applied Adhesive Bonding: A Practical Guide for Flawless Results, Wiley-Vch, 2009.
- [7] A. Hutchinson, "Surface Preparation of Component Materials, Strengthening and Rehabilitation of Civil Infrastructures Using FRP Composites", Woodhead, 2008.
- [8] T. Şekercioğlu ve M. Özenç, "Metallerin Yapıştırılmasında Kullanılan Yüzey Hazırlama Yöntemlerinin İncelenmesi," *Mühendis ve Makine Dergisi*, 2012.
- [9] F. Cheng, Y. Hu, X Zhang, X Hu, Z. Huang, "Adhesive bond strength enhancing between carbon fiber reinforced polymer and aluminum substrates with different surface morphologies created by three sulfuric acid solutions," *Composites Part a: Applied Science and Manufacturing*, 2021.
- [10] A. Safari, M. Farahani, P. Ghabezi, "Experimental study on the influences of different surface treatment processes and adhesive type on the aluminum adhesive-bonded joint strength," *Mechanics Based Design of Structures and Machines*, 2020.
- [11] M.M. Tiwari, S. Noormohammed, D.K. Sarkar, & X. G. Chen, "Effects of surface roughness parameters on the shear strength of AA 6061-T6 aluminium alloy in structural adhesive bonding applications," *Journal of Adhesion Science and Technology*, 2024.

Özgeçmiş**Melih KEKİK**

Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora Eğitimini Sakarya Üniversitesinde tamamladı. Küçükoğlu Holding ve Yeşilova Holding’te Ar-Ge Mühendisi olarak görev yaptıktan sonra Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi’nde Dr. Öğr. Üyesi olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: melihkekik@subu.edu.tr

**Timuçin ÖĞRENİR**

Lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesinde, yüksek lisans eğitimini Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesinde tamamladı. Doktora eğitimine Sakarya Üniversitesinde devam ediyor. Türkiye Raylı Sistem Araçları Anonim Şirketine Kalite Kontrol Koordinatörü olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: timucin.ogrenir@turasas.gov.tr

**Salim ASLANLAR**

Lisans ve Yüksek Lisans Eğitimini Fachhochschule Niederrhein Üniversitesinde tamamladı. Sakarya Üniversitesinde sırasıyla Araştırma Görevlisi, Öğretim Görevlisi, Yardımcı Doçent ve Doçent olarak görev yaptı. Halen Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesinde Profesör Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.

E-Posta: aslanlar@subu.edu.tr

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Yazarların katkıları: Melih KEKİK: Kavramsallaştırma, Görselleştirme, Metodoloji, Yazım, Doğrulama. Timuçin ÖĞRENİR: Kaynaklar, Yazma-orijinal taslak hazırlama ve Düzenleme.

Salim ASLANLAR: İnceleme, Yazma-gözden geçirme, Kontrol.