

# METALLERİN YAPIŞTIRILMASINDA YÜZEY HAZIRLAMA YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

**Tezcan Şekercioğlu\***

Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Bölümü,  
Kınıklı Kampüsü / DENİZLİ  
tsekerci@pau.deu.tr

**Murat Özenç**

Pamukkale Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Bölümü,  
Kınıklı Kampüsü / DENİZLİ  
muratozenc@pau.edu.tr

## ÖZET

Yapıştırma bağlantıları için gerekli olan yüzey işleme ve hazırlama yöntemleri, malzemenin kendine özgü nitelikleri nedeniyle karmaşıktır. Bu makale, metalik malzemeler için yüzey işleme ve hazırlama yöntemlerini genel bir şekilde açıklamaktadır. Yapıştırılacak yüzeyler için uygun yüzey hazırlama yöntemlerinin seçilmesi, yapıştırma bağlantılarının dayanıklılığını etkileyen oldukça önemli bir faktördür. Yapıştırma bağlantılarındaki gerilmeler, bir yüzeyden diğer bir yüzeye yapıştırıcı vasıtasıyla aktarılmaktadır. Yapıştırıcı ve yapıştırılan malzeme arasında oluşan ara yüzey veya ara faz, bu gerilmelerin transferi için kritik bir önem taşımaktadır. Yüzey hazırlığının amacı, yapıştırıcının kendi iç bağlarından daha güçlü ve kararlı ara yüzey veya ara faz oluşturmaktır. Bu durumda, bağlantının başlangıcında veya servis sürecinde oluşabilecek kohezyon hasarıyla maksimum mukavemet elde edilebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapıştırma bağlantısı, yüzey işlemler, metalik malzemeler

## Investigation of Surface Preparation Methods for Bonding of Metals

## ABSTRACT

Surface treatment and preparation methods for adhesive bonding are complicated due to the specific nature of adherent material. This article describes the surface preparation and treatment techniques for metallic materials in a general way. Proper preparation of an adherent surface is an extremely important factor affecting the durability of adhesive bonded joints. The stresses in adhesive joints are transferred from one adherent to the other adherent through the adhesive. The interface or interphase between adhesive and adherent has the most critical importance for this stress transfer. The aim of a surface treatment is to form a strong and stable interface or interphase that is stronger and more durable than the adhesive's cohesion. In this case, the maximum joint strength can be obtained with the cohesive failure occurs in initially and throughout the joint's service lifetime.

**Keywords :** Adhesive bonding, surface treatment, metallic materials

\* iletişim yazarı

Geliş tarihi : 09.02.2012  
Kabul tarihi : 10.05.2012

Şekercioğlu T., Özenç M. 2012. "Metallerin Yapıştırılmasında Yüzey Hazırlama Yöntemlerinin İncelenmesi," TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 53, sayı 627, s. 43-50.

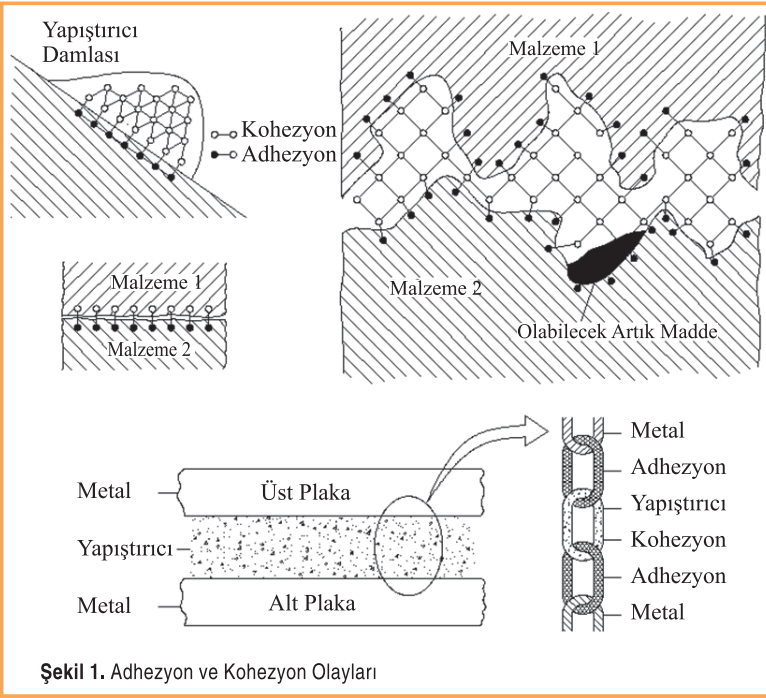
## 1. GİRİŞ

**Y**apıştırma, iki malzemenin yapıştırıcı bir malzemeyle birleştirilmesi işlemine denir. Yapıştırıcı, yüzey temasıyla malzemeleri bir arada tutmayı sağlayabilen madde olarak tanımlanmıştır [1].

Yapıştırma bağlantıları, yapıştırıcı ve yüzeyler arasında tam temas olmamasından olumsuz etkilenirler. Başarılı bir yapıştırma için tasarımda, uygun yüzey hazırlama yöntemi ve uygun yapıştırıcı belirlenmelidir. Yüzey hazırlığı, yapıştırıcı

yapıştırıcının polimerizasyonu-kürleşmesi aşamasında gerçekleşir (Şekil 1).

Yapıştırma bağlantısında tatmin edici bir yüzey hazırlığı yapılmadığı takdirde, yapıştırıcı-yüzey temas bölgesinden (adhezyon bölgesi) kopacaktır. Bu hasar şekline adhezyon hasarı denir (Şekil 2a). Doğru yöntemler uygulanarak yapılan yapıştırma bağlantılarında, hasarlar yapıştırıcının kohezyon kuvvetinin aşılması ve yapıştırıcı tabakasının ikiye ayrılması şeklinde meydana gelir (Şekil 2b). Yapıştırıcının nihai



Şekil 1. Adhezyon ve Kohezyon Olayları

kullanarak yapılan birleştirme yönteminin en kritik aşamasıdır. Yüzey hazırlamanın amacı, sürekli ve yüksek dayanımlı yapıştırma bağlantıları sağlamak için yapıştırılan malzeme yüzeylerini istenilen şartlara getirmektir. Yapıştırılacak malzemelerin, oksit, boya, kimyasal kalıntılar, yağ vb. tabakaların araya girmeden yapıştırıcıyla direkt temas etmesi istenir. “Zayıf Sınır Tabakalar” olarak adlandırılan bu tabakalar arada olduğu durumlarda yapıştırıcı, yapıştırılacak malzeme yüzeyleriyle tam temas içinde olmayacak ve homojen bir yapışma gerçekleşmeyecektir [2-4].

Yapışma kuvveti, büyük ölçüde yapıştırılacak yüzeyler ile yapıştırıcı arasındaki adhezyon kuvveti tarafından belirlenir. Adhezyon, yapıştırıcıyla yapıştırılacak yüzey arasında meydana gelir. İki yüzeyin ara yüzey kuvvetleri (valans kuvvetleri) tarafından bir arada tutulması olayıdır. Kohezyon ise yapıştırıcının kendi içerisinde meydana gelir. Yapıştırıcıyı meydana getiren kütle bileşenlerinin kimyasal (monomerler arasındaki bağ kuvvetleri) ve fiziksel kuvvetler (van der Waals kuvvetleri) tarafından bir arada tutulması olayıdır. Bu olay



a) Alüminyum yüzeyde adhezyon hasarı



b) Bakır yüzeyde kohezyon hasarı

Şekil 2. Yapıştırma Bağlantılarında Hasar Şekilleri

mukavemetinden yararlanabilmek için, iyi bir yapıştırma bağlantısında her zaman kohezyon hasarı meydana gelmesi istenir.

## 2. METAL YÜZEYLERİNİN HAZIRLANMASI

Bağlantı mukavemeti ve sürekliliğini sağlayabilmek için, yüzey

hazırlama yöntemleri ile adhezyon kuvvetlerinin artırılması gerekmektedir. Adhezyon kuvvetleri aşağıda verilen uygulamalarla artırılabilir;

- Yağ alma,
- Mekanik aşındırma,
- Kimyasal temizleme,
- Asitle dağlama,
- Yüzey kaplama.

Yüzey hazırlama yöntemleri genel yüzey hazırlığı ve malzemeye bağlı hazırlık olmak üzere ikiye ayrılabilir.

## 2.1 Genel Yüzey Hazırlama Yöntemleri

Yapıştırılacak malzemelerin yüzeylerinin hazırlanması yapıştırma sürecindeki en önemli basamakların başında gelmektedir. Yüksek bağlantı dayanımının, sürekliliğin ve verimliliğin istendiği yerlerde, dikkatli ve kontrollü bir yüzey hazırlama süreci gerekir. Yüzey hazırlama yöntemlerinin seçiminde, bağlantı dayanımı, süreklilik ve hizmet edilen çevre, yapıştırılacak malzeme üzerindeki kirlenici unsurların türü ve miktarı, yapıştırılacak malzeme vb. unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır.

### 2.1.1 Yağ Temizliği

Mümkün olan en iyi yapışmayı elde etmek için yapıştırılacak yüzeylerden yağ, gres, toz ve diğer kalıntıların tamamen temizlenmesi gerekir. Kalıntı bırakmadan buharlaşan solventler buna uygundur. Aşağıda bu amaç için kullanılan solventler verilmiştir.

**Tablo 1.** Yağ Temizliğinde Kullanılan Solventler [2]

Solvent	Temizleme kapasitesi	Yanıcı veya parlayıcı
Hidrokarbonlar (izoparafinler)	İyi	Evet
Ketonlar (aseton)	İyi	Evet
Alkoller (izopropanol)	Orta	Evet
Su bazlı	İyi	Hayır

Eğer yüksek miktarda imalatlar için özel yağ alma banyoları kullanılıyorsa, temizlik banyosunun kirlenmemesi için çok kirli yüzeylere ön-temizlik yapılması tavsiye edilir. Buharlı yağ alma sistemleri çok sık kullanılmaktadır. Bu yöntemde, solvent kaynama noktasına kadar ısıtılır ve buharlaştırılır. Soğuk parçalar buharlaşmış temizleyiciyle temas ettiğinde, temizleyici yüzeyler üzerinde yoğunlaşır. Yoğuşan sıvı, yüzeylerde kalmış kir, pas ve gres parçacıklarını temizler.

Yapıştırılacak yüzeydeki yağ, gres vb. kirlenici unsurlar, deterjan kullanılarak da temizlenebilir. Parçalar 66 °C-99 °C'de suya daldırılır. Sonra hemen saf suda iyice

çalkaladıktan sonra kurutulur. Genellikle, kullanılan deterjanın alkalın esaslı olması tavsiye edilir. Alkalın veya asit bazlı sulu temizleyiciler her zaman korozyon önleyici içerirler. Bunlar eğer temizleme sonrası yüzeyde kalırsa, yapışma kuvvetini azaltabilir veya yapıştırıcının kürleşmesini engelleyebilir. Her durumda tüm yüzeyler iyice durulanmalı veya silinmelidir.

Solventlerle temizlik yapılırken daha iyi netice almak için, yüzeylerden kiri ayıran kimyasal işlem mekanik yöntemlerle de desteklenebilir.

### 2.1.2 Mekanik Aşındırma

Yapıştırılacak olan kirli metal yüzeyler, çoğunlukla bir oksit tabakasıyla (pas) kaplıdır ve bu tabaka yağ alma ile temizlenmez. Böyle durumlarda, kumlama, zımparalama, taşlama veya tel fırçayla fırçalama gibi mekanik ön işlemler gereklidir.

Yapıştırma bağlantılarının dayanımı üzerine yüzey pürüzlülüğünün önemli derecede etkisi vardır. Bu etki malzemenin yüzey alanını artırarak sağlanır. Dolayısıyla malzeme ve yapıştırıcı arasındaki kimyasal bağlar artar.

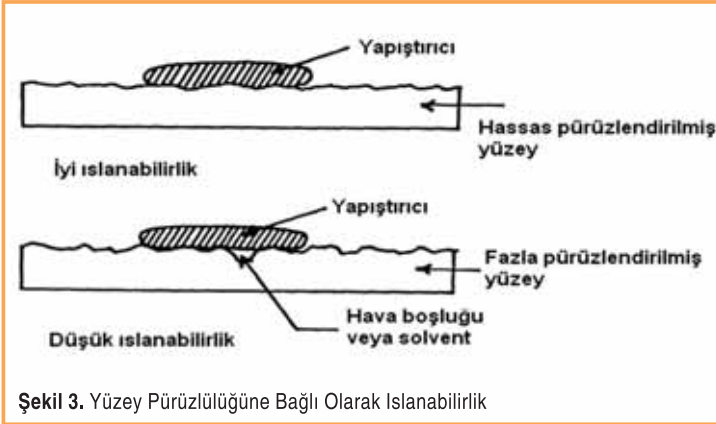
Zımparalama geniş yüzeyleri temizlemek için iyi bir yöntemdir. Çok kalın zımpara kullanmamak kaydıyla, bu yöntemle istenen yüzey pürüzlülüğü elde edilir. Bu yöntemde yüzey pürüzlülüğünü iyi seçmek önemlidir. Bağlantı dayanımı genellikle yüzey pürüzlülüğünün derecesine bağlıdır. Tablo 2'de farklı metaller için tavsiye edilen aşındırıcı boyutları verilmiştir.

**Tablo 2.** Metal Yüzeyler İçin Önerilen Zımpara Numaraları [5]

Metal yüzeyi	Zımpara yöntemi	Zımpara no
Çelik	Kuru zımparalama	80-100
Paslanmaz çelik	Islak zımparalama	140-325
Alüminyum	Islak zımparalama	140-325
Pirinç	Islak zımparalama	140-325

Literatürde, metal yapışma yüzeyleri için en uygun yüzey pürüzlülüğü olarak  $R_a=1,5-2,5 \mu m$  alınması gerektiği belirtilmektedir. Çok parlak yüzeylerde, yapıştırıcının tutunma olasılığı azaldığı için mukavemet değerleri azalmaktadır. Çok kaba işlenmiş yüzeylerde de ( $R_a > 5 \mu m$ ) tam ıslanma ve adhezyon olayı sağlanmadığı için aynı durum söz konusudur. Aşırı pürüzlü yüzeyler, bağlantıda boşluklar oluşturacağından dayanımı olumsuz yönde etkiler. Ayrıca bu durum sonucunda ıslanabilirlik (yapıştırıcının yüzeyi kaplama kabiliyeti) iyi olmayabilir ve girintilerde sıkışan hava kürleşen yapıştırıcı içinde kalabilir (Şekil 3).

Mekanik aşındırma ile malzeme yüzeyinde girintiler ve



Şekil 3. Yüzey Pürüzlülüğüne Bağlı Olarak Islanabilirlik

çıkıntılar oluşacağından, bu girintilerde oluşan organik kirlenmenin yüzeyden tamamen kaldırılması zorlaşmaktadır. Dolayısıyla yüzeyleri tekrar kimyasal çözücülerle temizlemekte fayda vardır.

## 2.2 Metal Türüne Göre Yüzey Hazırlama Yöntemleri

Önceki bölümde verilen yapıştırma işlemi öncesinde uygulanacak ön işlemler, tüm metalik malzemeler için ortak olarak uygulanmaktadır. Bu mekanik işlemlerin devamında, bağlantı dayanımını ve sürekliliğini artırmak amacıyla metal türüne bağlı olarak kimyasal işlemler de uygulanmaktadır. Bu kimyasal işlemler, yapıştırma yöntemiyle birleştirilebilen malzemelerin sanayide kullanım yoğunlukları dikkate alınarak, ASTM D 2651-01 [6] ve TSEN 13887 [7] standartlarında verilmiştir. Bu çalışmada endüstride yaygın olarak kullanılan çelik, bakır, alüminyum, magnezyum ve titanyum esaslı metalik malzemelere yapılan yüzey işlemleri incelenmiştir.

### 2.2.1 Çelikler

Çelik malzemeler yağ alma sonrasında mekanik olarak aşındırılabilen gibi Tablo 3'te verilen çözeltiyle de dağlanarak aşındırılabilir. Malzemeler, 23°C deki çözeltiye 5 dakika süreyle daldırılır. Oksit tabakası çok kısa bir sürede oluşacağından dolayı daldırma işleminden sonra parçalar kurularak hemen yapıştırılmalıdır [6].

Tablo 3. Çelik Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Hacim %
Nitrik asit (40° Baume)	5
Fosforik asit, %85 ağırlıkça	30
Süfaktan (Triton X200)	0,01
Damıtılmış su	64,99

### Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelik yüzeyler için standartta [6] çok farklı yüzey işlemleri belirlenmiştir. Bu yöntemler;

### Asitle Dağlama (Sülfürik, Nitrik, Hidroflorik)

Tablo 4'te verilen 65 °C-71 °C'deki çözeltiyle 10 dakika dağlanır. Suyla iyice çalkalanır ve gerek varsa tortular fırçalanır. II. işlem olarak Tablo 5'te verilen çözeltiye oda sıcaklığında 10 dakika süreyle daldırılır.

Tablo 4. Paslanmaz Çelik Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (I. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Su	90 birim
Sülfürik asit (yoğunluk 1,84 g/ml)	37 birim
Sodyum dodecylbenzene sulfonat	0,2 birim

Tablo 5. Paslanmaz Çelik Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (II. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Nitrik asit (yoğunluk 1,2 g/ml)	15 birim
Hidroflorik asit (%35,35, yoğunluk 1,15 g/ml)	2 birim
Damıtılmış su	88 birim

### Asitle Dağlama (Hidroklorik, Ortofosforik, Hidroflorik)

Kaynar su banyosunda 93 °C'ye ısıtılmış Tablo 6'da verilmiş olan çözeltiye iki dakika süreyle parçalar daldırılır.

Tablo 6. Paslanmaz Çelik Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (I. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Hidroklorik asit (yoğunluk 1,2 g/ml)	200 birim
Ortofosforik asit (yoğunluk 1,8 g/ml)	30 birim
Hidroflorik asit (%35,35, yoğunluk 1,15 g/ml)	10 birim

### Asitle Dağlama (Sülfürik, Sodyum Dikromat)

Malzemeler, Tablo 7'de verilen 63±3°C sıcaklıktaki çözeltiye 15 dakika süreyle daldırılır.

Tablo 7. Paslanmaz Çelik Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Sülfürik asit (yoğunluk 1,84 g/ml)	100 birim
Doymuş sodyum dikromat (yoğunluk 1,8 g/ml)	30 birim

### Sodyum Metasilikat

Malzemeler, Tablo 8'de verilen 63±3°C sıcaklıktaki çözeltiye 15 dakika süreyle daldırılır.



**Tablo 8.** Paslanmaz Çelik Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Sodyum metasilikat	1 birim
Sodyum tuzu (polietersülfonat)	1,8 birim
Su	47,2 birim

**Asitle Dağlama (Hidroklorik, Sülfürik-Dikromat)**

Malzemeler, Tablo 9'da verilen 60°C-65°C sıcaklıktaki çözeltiye 10 dakika süreyle daldırılır. Suyla iyice durulanır. Daha sonra II. işlem olarak Tablo 10'da verilen 50°C-65°C sıcaklıktaki sülfürik asit dikromat çözeltisine 5 dakika süreyle daldırılır. Yine su ile durulanır. 93°C'yi geçmeyen fırında kurutulur.

**Tablo 9.** Paslanmaz Çelik Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (I. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Hidroklorik asit (yoğunluk 1,2 g/ml)	50 birim
Formalin solüsyonu (%40)	10 birim
Hidrojen peroksit (konsantrasyon %30-%35)	2 birim
Su	45 birim

**Tablo 10.** Paslanmaz Çelik Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (II. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Sülfürik asit (yoğunluk 1,84 g/ml)	10 birim
Sodyum dikromat	1 birim
Damıtılmış su	30 birim

**2.2.2 Titanyum ve Alaşımaları**

Titanyum ve alaşımları, dayanım-ağırlık oranı yüksekliğinin sağladığı avantajla havacılık uygulamalarında oldukça geniş kullanım alanı bulmaktadır. Yapıştırıcıyla birleştirebilmek amacıyla, farklı firmalar tarafından geliştirilmiş birçok yüzey hazırlama metodu mevcuttur. Bu çalışmada ASTM D 2651-01 standardında [6] verilmiş olan yöntemler açıklanmıştır.

**Asitle Dağlama (Hidroklorik, Ortofosforik, Hidroflorik)**

Malzeme, Tablo 11'de verilen oda sıcaklığındaki çözeltiye 2 dakika süreyle daldırılır. Suyla durulanır. Daha sonra 88°C-93°C de 15 dakika süreyle fırında kurutulur.

**Tablo 11.** Titanyum Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Hacim
Ortofosforik asit	841 ml
Hidroflorik asit	63 ml

**Asitle Dağlama (Nitrik, Hidroflorik)**

Malzemeler, 3,6 litre su içerisine 168-190 ml kostik temizleyici ilave edilmiş 76°C'deki çözelti içerisine 15 dakika süreyle daldırılır. Soğuk çeşme suyu ile durulanır. II. işlem olarak 5 dakika süreyle oda sıcaklığında Tablo 12'de verilen çözeltiye daldırılır. Soğuk çeşme suyu ile durulanır. Oda sıcaklığında havayla kurutulur.

**Tablo 12.** Titanyum Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (II. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Nitrik asit (yoğunluk 1,5 g/ml)	%48
Amonyum biflorid	%3
Su	%49

Daha sonra 2 dakika süreyle oda sıcaklığında Tablo 13'te verilen çözeltiye daldırılır. Oda sıcaklığında hava ile kurutulur ve işlem tamamlanır.

**Tablo 13.** Titanyum Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (III. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Trisodyum fosfat	50 g
Sodyum florid	8,9 g
Hidroflorik asit	26 ml
Bileşenler üzerine çözelti hacmi 3,6 litre olana kadar su ilave edilir.	

**2.2.3 Magnezyum Alaşımaları**

Bu metal tehlikelidir ve tutuşma potansiyeli göz önünde bulundurulmalıdır. Magnezyum ve alaşımları aşındırılmamalıdır. Bileşen yüzeyleri sıcak buhar banyosu ortamına maruz bırakılmamalıdır [7].

Magnezyum alaşımları için yüzey hazırlama yöntemleri daha ziyade korozyon önleme amaçlıdır. Magnezyumun yüksek aktivitesinden dolayı çoğu servis uygulamalarında, korozyon önleyici kaplamaların kullanılması gerekir. Bu kaplamaların bazıları yapıştırma için iyi yüzey şartları sağlar. Ancak kaplama kalınlığının çok olması durumunda yapıştırıcı film tabakasıyla birlikte hasar görme olasılığı da mevcuttur. Bu bölümde ASTM D 2651-01 standardına [6] göre magnezyum alaşımlarına uygulanabilecek yüzey hazırlama yöntemleri incelenmiştir.

**Alkalın-Deterjan Çözeltisi**

Yağ alma işlemi uygulanır. 10 dakika süreyle 60°C-71°C'de Tablo 14'te verilen çözeltiye daldırılır. Suyla durulanır. 60°C'nin altında bir sıcaklıkta kurutulur.

**Tablo 14.** Magnezyum Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Sodyum metasilikat	2,5 birim
Trisodyum pirofosfat	1,1 birim
Sodyum hidroksit	1,1 birim
Sodyum dodesilbenzen sülfonat	0,3 birim
Damıtılmış su	95 birim

**Kromik Asit**

Yağ alma işlemi uygulanır. 71°C-88°C sıcaklıktaki ağırlıkça 4 birim damıtılmış su ve 1 birim kromik oksit (CrO<sub>3</sub>) çözeltisine 10 dakika süreyle parçalar daldırılır. Suyla durulanır. Daha sonra 60°C'nin altında bir sıcaklıkta kurutulur.

Bu iki yöntem (alkalin-deterjan ve kromik asit), arada sulu durulama uygulanarak ardışık olarak uygulanabilmektedir. Bu şekilde yapıştırma bağlantısının dayanımı artırılabilir.

**Sodyum Hidroksit-Kromik Asit**

Yağ alma işlemi uygulanır. 5-10 dakika süreyle 63°C-79°C'de, ağırlıkça 12 birim su ve 1 birim sodyum hidroksitten oluşan çözeltiye parçalar daldırılır. Oda sıcaklığında veya altında suyla durulanır. Tablo 15'te verilen çözeltiye oda sıcaklığında 5-10 dakika süreyle parçalar daldırılır. Daha sonra suyla durulanır ve 60°C'nin altında bir sıcaklıkta kurutulur.

**Tablo 15.** Magnezyum Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Kromik oksit (CrO <sub>3</sub> )	24 birim
Nitrat	1,1 birim
Damıtılmış su	123 birim

**2.2.4 Bakır ve Alaşımları**

En başarılı yüzey siyah oksit (Nitrik asit - sodyum klorit) uygulamasıyla elde edilir. Özellikle korozyon söz konusu olduğunda bu yöntem kullanılmalıdır [6, 7].

**Nitrik Asit - Sodyum Klorit (siyah oksit)**

Bu yöntem %95 ve üzeri saflıktaki bakır alaşımları için

**Tablo 16.** Bakır Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Konsantrasyon, g/l
Sodyum klorit	31,6
Trisodyum fosfat	10,5
Sodyum hidroksit	5,3

uygundur. Klorür içeren yapıştırıcılar da kullanılması tavsiye edilmez. Malzemeler Tablo 16'da verilen çözeltiye daldırıldıktan sonra akan suda parçalar iyice yıkanır ve havada kurutulur. Parçalar 12 saati geçirmeden yapıştırılmalıdır [6].

**Nitrik Asit-Ferrik Klorit**

Yağ alma işlemi uygulanır. Oda sıcaklığında 1-2 dakika süreyle Tablo 17'de verilen çözeltiye parçalar daldırılır. Daha sonra parçalar iyice yıkanır. Parçalar hemen kurutulur ve yapıştırılır.

**Tablo 17.** Bakır Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Nitrik asit (yoğunluk 1,42 g/ml)	30 birim
Ferrik klorit solüsyonu	15 birim
Su	197 birim

**Asitle Dağlama (Sülfürik Asit, Sodyum Dikromat-Ferrik Sülfat)**

Yüzeylerdeki kirler temizlenir ve yağ alma işlemi uygulanır. Parçalar, 10 dakika süreyle Tablo 18'de verilen 66°C'deki çözeltiye daldırılır. Parçalar oda sıcaklığının altında suyla durulanır ve mümkün olan en kısa sürede kurutulur.

**Tablo 18.** Bakır Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (I. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Sülfürik asit (yoğunluk 1,84 g/ml)	75 birim
Ferrik sülfat (ticari derecede)	1 birim
Damıtılmış su	8 birim

Daha sonra parçalar Tablo 19'da verilen oda sıcaklığındaki çözeltiye parlak, temiz bir yüzey elde edilinceye kadar daldırılır. Sonra musluk suyu ile yıkanır. Konsantrasyon amonyum hidroksite daldırılır. Musluk suyu ile tekrar yıkanır. Hızlı bir şekilde kurutulur ve hemen yapıştırılır.

**Tablo 19.** Bakır Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti (II. İşlem)

Çözelti Bileşenleri	Ağırlıkça
Sülfürik asit (yoğunluk 1,84 g/ml)	2 birim
Sodyum dikromat	1 birim
Damıtılmış Su	17 birim

**2.2.5 Alüminyum ve Alaşımları**

Alüminyum ve alaşımları özellikle yüksek nem ortamı gibi zor çevresel şartlara maruz kalacaksa, korozyondan korunma alüminyum yüzeylerinin hazırlığında düşünülmesi gereken en

önemli parametredir. Çözeltiyle temizleme ve mekanik aşındırma işlemleri, çevresel dayanımın gerekli olduğu yerlerde korozyon dayanımı oluşturmadıklarından yeterli gelmemektedir. Bu noktada yüzeylerin hazırlanmasında kimyasal ve elektrokimyasal işlemlerin kullanılmasının oldukça etkili bir yöntem olduğu yapılan deneysel çalışmalarla ortaya konmuştur.

Alüminyum ve alaşımlarının yapıştırma öncesi yüzey hazırlama işlemleri için ASTM D 2651-01 [6], TS EN 13887 [7], ve ASTM D 3933-98 [8] gibi standartlar mevcuttur. ASTM D2651-01 standardına göre alüminyum alaşımlarının yüzey hazırlığında kullanılan iki temel yöntem vardır. Bunlar, kimyasal olarak asitle dağlama ve elektrokimyasal olarak anotlama işlemleridir.

Standartlardan bağımsız olarak lazer yöntemiyle de yüzey hazırlama işlemleri deneysel çalışmalarda uygulanmış olup, uygulamaların bağlantı mukavemet değerlerinde önemli ölçüde değişiklikler meydana getirdiği gözlemlenmiştir.

#### **Asitle Dağlama**

##### **Sülfürik Asit-Sodyum Dikromat Çözeltisi (FPL)**

Sülfürik Asit-Sodyum Dikromat (optimize edilmiş FPL, Forest Products Laboratory) prosesi alüminyum ve alaşımlarının yüzey hazırlanmasında kullanılan etkili, kontrol edilebilir ve güvenli bir yöntemdir. Hazırlanan çözeltiyle yapılan dağlamayla yüzeyde bulunan başlangıçtaki oksit tabakası çözünür ve yeni bir ince oksit tabakası oluşur. Bu tabaka ince bir bariyer tabaka şeklinde olup ağız yapıda, gözenekli ve çıkıntıları olan bir tabakadır. Oluşan bu gözenekli yapı yapıştırıcı ve oksit yüzeyi arasında mekanik kilitlenmeyi sağlamak için yeterlidir [3-4].

FPL çözeltisi şu sırasıyla uygulanır [6]. Yağ ve gres artıklarının yüzeyden temizlenebilmesi için yüzeyler asetonla vb. kimyasallarla yıkanır. Perkloretilen buharıyla yağ giderme işlemi yapılır ve Tablo 20'de verilen 66°C-71°C sıcaklıktaki Sülfürik Asit-Sodyum Dikromat çözeltisine 12-15 dakika daldırılır. Daha sonra 40°C'deki suya 1-2 dakika daldırma, 60-65°C'deki saf suya 30 dakika daldırma ve 60°C'deki fırında kurutma işlemleri gerçekleştirilir.

**Tablo 20.** Alüminyum Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Konsantrasyon, g/l
Sülfürik asit	287,9-310 g/litre su
Sodyum dikromat	28-67,3 g/litre su
Alüminyum alaşımı-2024	1,5 g/litre su

Çözelti hazırlanırken bileşenler önce bir litre suyun % 60'ına dökülmeli, karıştırılmalı, daha sonra kalan su ilave edilmelidir. Asla tersi yapılmamalıdır.

##### **Sülfürik Asit-Ferrik Sülfat Çözeltisi (P-2)**

Bu çözeltide FPL çözeltisinde kullanılan sodyum dikromat yerine onun zararlı ve zehirli etkilerini bertaraf etmek için oksitleyici olarak ferrik sülfat kullanılmaktadır. Bu yöntemle de öncekine benzer şekilde mekanik kilitlenmeye izin veren bir oksit yüzey morfolojisi meydana getirilir [3-4].

P2 çözeltisi şu sırasıyla uygulanır [6]. Yağ ve gres artıklarının yüzeyden temizlenebilmesi için yüzeyler asetonla yıkanır. Perkloretilen buharıyla yağ giderme işlemi yapılır ve Tablo 21'de verilen 60°C-65°C sıcaklıktaki sülfürik asit-ferrik Sülfat çözeltisine 10-12 dakika daldırılır. Daha sonra 40°C'deki suya 1-2 dakika daldırma, oda sıcaklığında saf suya daldırma ve 60°C'deki fırında kurutma işlemleri gerçekleştirilir.

**Tablo 21.** Alüminyum Yüzeyler İçin Kimyasal Çözelti

Çözelti Bileşenleri	Konsantrasyon, g/l
Sülfürik asit	%27-36 (ağırlıkça)
Ferrik sülfat	135-165 g/l

#### **Anotlama (Eloksal Kaplama)**

Eloksal alüminyum için özel bir yüzey kaplamadır ve elektrokimyasal bir prosesle yapılır. Kullanılan elektrolit genellikle asidik bir çözeltidir. Kaplanacak alüminyum elektroliz işleminin anodudur. Belirli ve kontrol edilen bir akım (genellikle doğru akım, DA) yoğunluğu, kaplanacak alüminyum ile uygun bir katot arasında, yine belirli bir süre için geçirilir. Bu süre, oluşacak eloksal tabakasının özellik ve kalınlığına göre belirlenir. Proses sırasında ısı ortaya çıkar ve elektrolitin sıcaklığını sabit tutmak için bu ısının işlem ortamından alınması (elektrolitin soğutulması) gerekir [9].

Elektrokimyasal olarak uygulanan yüzey hazırlama teknikleri olarak yapıştırma bağlantılarında en çok kullanılan yöntemler fosforik (PAA) ve kromik (CAA) asit anodizasyonu uygulamalarıdır. Bunların yanında sülfürik asit (SAA) ve borik-sülfürik asit (BSAA) anodizasyonları da mevcut olup kullanımları diğerleri kadar yaygın değildir. Ayrıca yapıştırma mukavemetleri PAA ve CAA ile karşılaştırıldıklarında daha düşük performans sergilemektedirler [10].

#### **Fosforik Asit Anodizasyonu (PAA)**

Boeing şirketi tarafından geliştirilmiş olan bu yöntem ASTM D3933-98 standardında tanımlanan haliyle en yaygın olarak kullanılan anotlama yöntemidir. PAA uygulanarak birleştirilen bağlantılar, FPL uygulamalarına nazaran nemli ortamlarda oldukça iyi dayanım sergilemektedir. Ayrıca uygulamada FPL kadar hassasiyet gerektirmemektedir. Bu sebeple uzay ve uçak sanayinde tercih edilen yüzey hazırlama yöntemidir [4]. Malzeme yüzeyinden pislik ve yağlar arındırıldıktan sonra anotlama işlemi Tablo 22'de verilen şartlara göre yapılır.

**Tablo 22.** Fosforik Asit Anodizasyonu Şartları

Fosforik asit (%85)	%9-12 (ağırlıkça)
Sıcaklık	19°C -25°C
Voltaj (DA)	9-16 V
Anotlama süresi	15-20 dakika

Anotlama işleminden sonra parçalar 10-15 dakika maksimum 43°C'de suyla yıkanır ve 30 dakika maksimum 80°C'de hava ile kurutulur. Bu yöntemlerle elde edilen oksit tabakası, dağlamayla elde edilen tabakadan daha kalın ve korozyon direnci daha üstündür [3].

#### **Kromik Asit Anodizasyonu (CAA)**

Alüminyum yüzeylerinin korozyon direncini arttırmak amacıyla geliştirilmiş bir yöntem olup, daha sonra özellikle Avrupa'da havacılık uygulamalarında yapıştırma bağlantılarında yüzey hazırlama tekniği olarak kullanılmıştır. Bu proses (Benough Stuart metodu), 40°C'de %3'lük kromik asit elektroliti, doğru akımda 0-50V arasında değişen voltaj, 50 dakika süreyle uygulanır. Anodizasyon işlemi soğuk su ile yıkama ve havayla kurutma işlemleri takip eder [9].

CAA oksit tabakası PAA oksit tabakasından birkaç önemli açıdan farklılık göstermektedir. Oksidin elektrolit içinde çözünabilirliği olmadığından dolayı PAA oksit tabakasına nazaran çok daha az gözenekli bir oksit tabakası vardır. Yine oksidin elektrolit içinde çözünmemesinden dolayı üst yüzey morfolojisi, tamamen eloksal işlemi öncesinde yüzeye yapılan işlem tarafından belirlenir. Örneğin eloksal işlemi öncesinde deoksidasyon işlemi olarak FPL işlemi uygulanmışsa, eloksal sonrasında üst yüzey morfolojisi FPL morfolojisine benzeyecektir. Uygulamadaki yüksek anodizasyon gerilimi nedeniyle oksit tabakasının kalınlığı diğer proseslerde elde edilenlere nazaran daha kalın olup, 1-3 µm dolaylarındadır. Ayrıca oksit tabakasının dibinde, sütunların altında oluşan bariyer tabaka kalınlığı da 40 nm civarındadır [4].

#### **Lazer Uygulamasıyla Yüzey Hazırlama Yöntemi**

Kimyasal ve elektrokimyasal olarak uygulanan diğer yüzey hazırlama yöntemlerinde kullanılan sıvı fazdaki organik solventlerin veya inorganik solüsyonların çevreye, insan sağlığına olabilen zararlı etkilerinin oluşturduğu dezavantaj bu yöntemle bertaraf edilerek avantaj halini aldığı düşünülmektedir. Sadece tek bir malzeme türüne özel bir uygulama olmayıp, aynı şartlar altında farklı malzemelere de uygulanabilmektedir.

Lazer uygulamasıyla metal dış yüzeyinden organik kalıntılar tamamen kaldırılmakta ve yüzey morfolojisi değişmektedir. Bu sayede yapıştırıcı ile malzeme yüzeyi arasında adhezyon

kuvveti artırılmakta dolayısıyla bağlantı mukavemeti de artmaktadır [11].

### **3. SONUÇ**

Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak yapıştırma bağlantılarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Otomotiv ve uzay sanayisi uygulamalarında çok farklı metal yüzeylerinin yapıştırılması ihtiyacı doğmaktadır. Başarılı bir yapıştırma tasarımında, malzeme türüne göre uygun yüzey hazırlama yöntemi ve uygun yapıştırıcı belirlenmelidir. Yapıştırma bağlantısında adhezyon hasarı yerine kohezyon hasarını gerçekleştirebilmek ve maksimum bağlantı dayanımını elde etmek için standartlarda belirlenmiş olan kriterlere göre uygun yüzey hazırlama yönteminin belirlenmesi gerekmektedir. Yüzey hazırlama işlemlerinde kullanılan kimyasal malzemeler ve işlem basamakları standartlarda verilen kriterlere göre uygulandığında bağlantı mukavemeti, insan ve çevre sağlığı açısından optimum sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır.

### **KAYNAKÇA**

1. ASTM D907-11a. 2011. Standart Terminology of Adhesives.
2. Loctite Corporation. 1998. Loctite Worldwide Design Handbook Second Edition, on CD.
3. **Ebnesajjad, S.** 2006. Surface Treatment of Materials for Adhesion Bonding, William Andrew Publishing.
4. **Pocius, A.V.** 2002. Adhesion Science and Engineering II, Surfaces Chemistry and Applications, Elsevier, New York.
5. **Aydın, M.D.** 2003. "Yapıştırıcı ile Birleştirilmiş Tek Tesirli Bindirme Bağlantısının Mekanik Özelliklerinin Deneysel ve Teorik İncelenmesi," Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
6. ASTM D 2651-01. 2008. Standart Guide for Preparation of Metal Surfaces for Adhesive Bonding.
7. TS EN 13887. 2007. Yapısal Yapıştırıcılar-Metallerin ve Plastiklerin Yapıştırma Öncesi Yüzey Hazırlama Kılavuzu.
8. ASTM D 3933-98. 2010. Preparation of Aluminium Surfaces for Structural Adhesives Bonding (Phosphoric Acid Anodizing).
9. www.aluminyumsanayi.com, son erişim: Ocak 2012
10. **Cognard, P.** 2005. Handbook of Adhesives and Sealants, vol. 1, Elsevier, New York.
11. **Spadaro, C., Sunseri, C., Dispenza, C.** 2007. "Laser Surface Treatments For Adhesion Improvement of Aluminium Alloys Structural Joints," Radiation Physics and Chemistry, no. 76, p. 1441-1446.