

# ALÜMİNYUM KAPLANAN ÇELİK MALZEMELERDE YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ahmet PASİNLİ\*,  
N. Sinan KÖKSAL\*\*

Çelik malzemelerin yüzey özelliklerini iyileştirmek amacıyla, yüzeyleri alüminyum ile kaplama yapılmaktadır. Bu çalışmada, az karbonlu çelik (Ç1020) ve paslanmaz çelik (AISI 316) malzemelerin yüzeyine sıcak daldırma yöntemiyle Al kaplama yapılmıştır. Bu işlem 750 °C sıcaklıkta, 2 ve 10 dak süreyle bekletilerek uygulanmıştır. Al kaplama uygulanan numunelere, nötr ortamda 800 °C sıcaklıkta ve 1 ve 6 saat süreyle difüzyon tavlama uygulanmıştır. Kaplama işlemi sonrası uygulanan ısı işlemlerle yüzey mikroyapısı ve mikrosertlik ölçümler yardımıyla Al ve difüzyon tabakalarındaki kalınlık değişimi incelenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Alüminyum kaplama, sıcak daldırma yöntemi, difüzyon,

*It was aimed to improve the surface properties of the steel materials which coating by aluminium were applied. In this study, on surface in materials Ç 1020 and AISI 316 was applied Al coating by hot dip method. This process was applied to aluminium at temperature of 750 °C, for 2 and 10 minutes. Samples of Al coated were subjected to diffusion treatment at 800 °C for 1 and 6 hours in notr media. With applied heat treatment processes after coating process were examined on surface microstructure and the changes in the thickness of diffusion layer or Al layer by microhardness values.*

**Keywords:** Aluminium coating, hot dip method, diffusion

## GİRİŞ

Teknolojideki gelişmelerle birlikte kullanım yeri ve çalışma şartlarına bağlı olarak malzemelerden dayanım, tokluk, hafiflik ve düşük maliyet gibi özellikler istenmektedir. Isıl işlemlerle malzemenin bazı dayanım değerleri iyileştirilse de aşınma, darbe dayanımı, korozyon direnci, kırılma tokluğu, hafiflik gibi özellikler aynı anda sağlanamamaktadır. Bu nedenle yeni malzeme üretmek veya değişik yöntemlerle çalışma koşullarına en uygun malzemeyi seçmek amaçlanmaktadır.

Çalışma ortamının etkisi ile metalik malzemelerin kimyasal yapıları ve mekanik özelliklerinde değişimler ortaya çıkmaktadır. Üretilen parçanın ömrünü ve kalitesini artırmak, çalışma ortamının olumsuz koşullarının etkilerini azaltmak ve bazı mekanik özelliklerini iyileştirmek için metalik ve metalik olmayan kaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Endüstride en çok kullanılan malzeme olan çelik üzerine kaplama metalleri (Cr, Ni, Zn, Al, vb.) değişik yöntemlerle (sıcak daldırma, püskürtme, iyon implantasyonu, plazma, vb.) kaplanmaktadır. Bunlardan Al, Zn malzemelerinin sertliği az olmasına rağmen, Fe ile oluşturduğu intermetalik fazlar sert ve gevrek [1,2].

Yüksek dayanımlı, hafif malzemelerle beraber korozyona dayanıklı, refrakterlik özelliği olan malzemeler tercih edilmektedir. Dayanım değerleri iyi malzemelere uygun bir kaplama yöntemi ve ısı işlemlerle özellikle korozyona dayanımlı parçaların üretimi gerçekleştirilebilir. Uçak endüstrisindeki bazı parçaların üzerinde yapılan alüminyum kaplamanın yüksek sıcaklık korozyonuna karşı daha yüksek dayanım sağladığı çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır [3]. Özellikle uzay araçları ve uçaklar için devamlı olarak daha yüksek dayanım/ağırlık oranına sahip malzemeler aranmaktadır. Uçak yapımında kullanılan malzemelerde aranan ana özellikler, mukavemet, yoğunluk ve şekillendirilebilmedir. Uçak malzemelerini öncelikle, metal esaslı ve kompozit malzemeler olarak iki grupta incelemek mümkündür. Uçak motorlarında ana malzeme olarak alüminyum, magnezyum ve demir esaslı malzemeler kullanılır. Paslanmaz çelikler, nikel alaşımları, titanyum alaşımları ve alüminyum alaşımları yaygın olarak kullanılan metal esaslı uçak malzemeleridir.

Alüminyum; uçak, roket ve uzay aracı endüstrisinde birçok parçada

\* Ege Üniversitesi, Ege MYO Makina Bölümü

\*\* Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Bölümü

kullanılır (Örneğin; kanatlarda, motorda, pervanelerde, yardımcı parçalarda ve sıvı yakıt ya da oksitleyici tanklarında). Alüminyum korozyona direnci yüksek bir malzemedir. Doğada, yüzeyinde alüminyum oksit olduğu halde bulunur. Al alaşımları korozyondan korunmak veya dekoratif amaçlarla da kullanılmaktadır. Az karbonlu çeliklerde, yüzey oksidasyonu ve çukurlaşma tipi korozyon oluşur ki, yüzeyler kıvrıl-kahverengi pas görünümündedir. Korozyona dayanıklı çeliklerde ise, uygun olmayan ısı transferinden dolayı taneler arası korozyon tipi görülür ve yüzey üzerinde bazen kıvrıl, bazen de kahverengi ya da siyah lekeler biçiminde görünüm oluşur [4]. Bu nedenle yüzeyde oluşturulacak bir kaplama ile bu malzemelerin çalışma koşullarındaki olası sakıncaların giderilmesi araştırılmaktadır [5].

Teorik olarak, anodik bir metal olması dolayısıyla Al kaplama, uygulandığı metali korumak için harcanarak metalin koruması sağlanır. Uygulamada Al kaplamaların korozyondan koruma özellikleri yüzeylerinde oluşan oksit tabakasına bağlıdır. Al kaplama temiz sularda her sıcaklıkta, diğer sularda ise, yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir [6].

Al kaplama yöntemleri olarak; sıcak daldırma, püskürtme, elektrik ark püskürtme, akımsız metal kaplama, yayınma ile kaplama, vakum kaplama, katodik saçınım, iyon kaplama gibi yöntemler uygulanmaktadır. Çalışmamızda, az karbonlu çelik ve paslanmaz çelik

kaplamanın mikrosertlik değişimleri incelenmiştir. Aynı şekilde, numunelerin kaplama yüzeyinden ana metale doğru kaplama tabakası ve difüzyon tabakası kalınlıklarında oluşan değişimler de belirlenmiştir.

## DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kimyasal bileşimleri Tablo 1'de verilen iki farklı çelik numune; az karbonlu çelik (Ç 1020) ve paslanmaz çelik (AISI 316) numuneler alınmıştır. Levha şeklinde hazırlanan numunelerin yüzeyleri alkolle temizlendikten sonra sıcak hava ile kurutulmuştur. İndüksiyon fırınında sıvı akışkanlığını artırmak amacıyla, ergime sıcaklığının yaklaşık 100 °C üzerinde 750 °C'de sıvı alüminyum hazırlandı. Bu sıvı Al içerisine sırasıyla 2 ve 10 dak süreyle daldırılarak yüzeylerinde alüminyum kaplama oluşması sağlanmıştır. Daha sonra Al kaplanan numuneler 800 °C sıcaklıkta, alümina toz içerisinde (nötr ortamda), sırasıyla 6 ve 8 saat süre ile bekletilerek difüzyon tavlama uygulanmıştır.

Mikroskobik inceleme için; numuneler bakalite alınıp sırasıyla kaba ve ince zımparalamayla parlatma işlemleri uygulandı. Daha sonra inceleme yüzeyine bu malzemelere uygun hazırlanmış olan dağlama sıvısı uygun sürede uygulanarak, mikroskopta oluşan kaplama bölgesi incelenmiştir.

**Tablo 1.** Çelik Numunelerin Kimyasal Bileşimleri (%)

Malzeme	C	N	Cr	Ni	Mo	P	Si	S	Mn	Fe
Ç 1020	0.19	-	0.04	0.02	-	0.02	0.04	0.03	0.47	Kalanı
AISI 316	0.04	0.04	16.8	10.7	2.2	-	0.9	-	2.0	Kalanı

numunelere sıcak daldırma yöntemiyle, 750 °C sıcaklıkta, 2 ve 10 dakika süreyle tutularak alüminyum kaplama işlemi uygulanmıştır. Kaplanan numunelere işlem sonrasında 800 °C sıcaklık ve 1 ve 6 saat süre ile nötr ortamda difüzyon tavlama uygulanmıştır. Isıl işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak, yüzeyde oluşan Al

## DENEY SONUÇLARI

Numunelerin mikroyapı görüntüleri Şekil 1'de verilmiş olup, alüminyum kaplama ve difüzyon tabaka kalınlıkları, uygulanan ısıl işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak gösterilmiştir. Aynı şekilde uygulanan işlemlerle

**Tablo 2.** Numunelerdeki Al Kaplama ve Difüzyon Tabaka Kalınlıkları ( $\mu\text{m}$ )

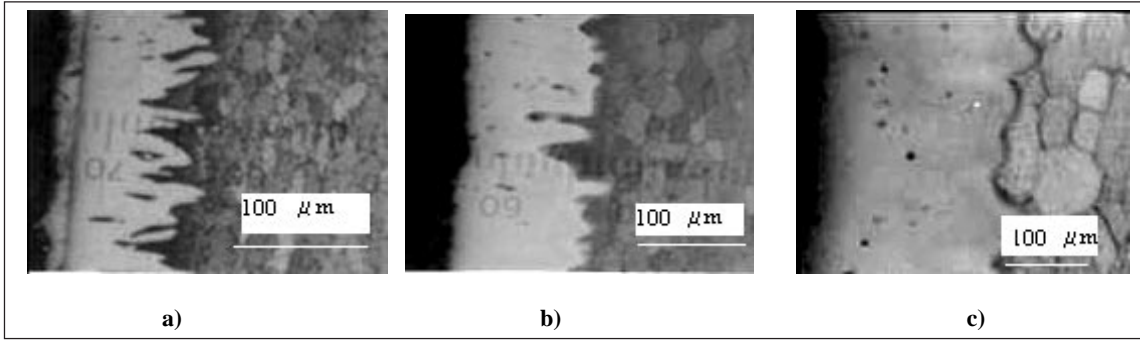
Malzeme+İşlem	Tabaka	Ç 1020	AISI 316
Al Kaplama (750 °C'de 10 dak)	Al	31,36	15,68
	Difüzyon	117,60	78,40
Al Kaplama+800 °C'de 1 saat difüzyon tavlama	Al	39,20	23,52
	Difüzyon	141,20	86,24
Al Kaplama+800 °C'de 6 saat difüzyon tavlama	Al	54,88	23,52
	Difüzyon	125,40	156,80

numunelerde oluşan tabakaların kalınlıkları da Tablo 2'de verilmiştir.

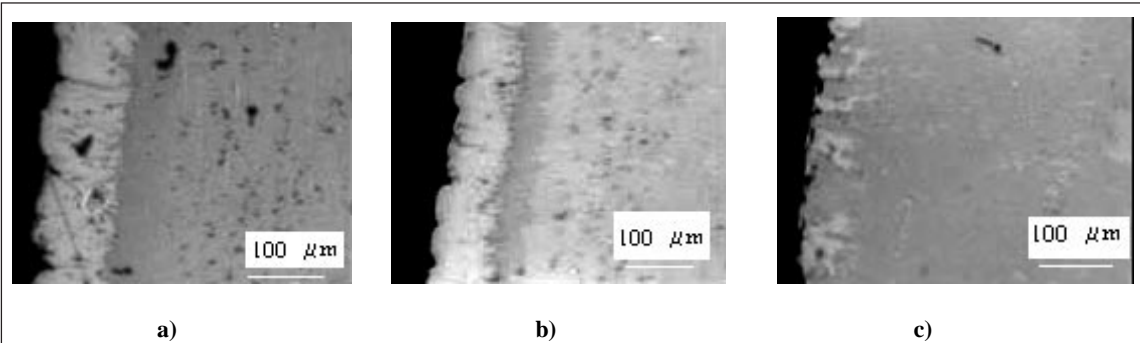
Al kaplanmış ve difüzyon tavlaması uygulanmış numunelerin mikrosertlik değerleri incelendiğinde, Ç1020 malzemedeki difüzyon tabakasının sertliğinin en büyük değeri 1750 HV, AISI 316 malzemede ise 1250 HV olarak ölçülmüştür.

İşlem gören numunelerde oluşan difüzyon tabakası kalınlığını belirlemede yardımcı olması açısından, yüzeyden başlayarak iç kısımlara doğru mikrosertlik ölçümleri uygulanmış ve elde edilen değerler Şekil 3'te verilmiştir.

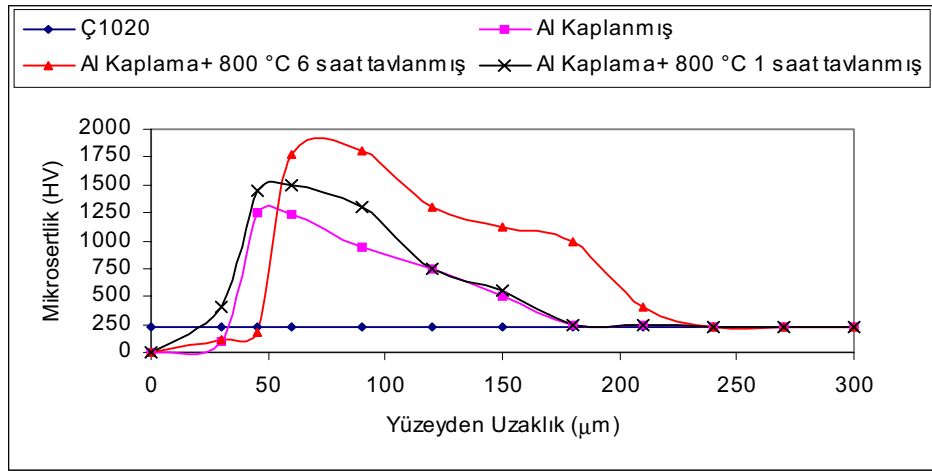
Kaplama işlemi uygulanmamış Ç1020 malzemenin mikrosertlik değeri 230 HV, AISI 316 malzemede ise 260 HV olarak ölçülmüştür.



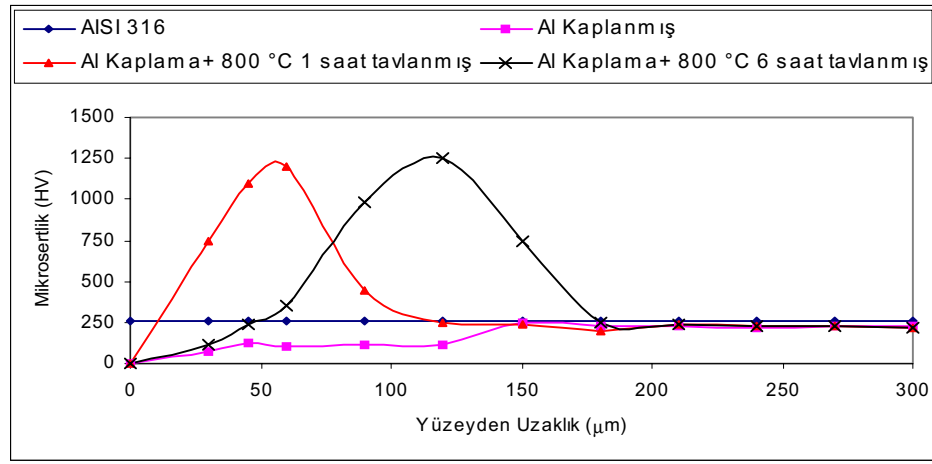
**Şekil 1.** a) Al Kaplanmış Ç1020 Numunesinin İçyapı Görüntüsü  
b) Al Kaplama + 800 °C'de 1 saat difüzyon tavlaması uygulanmış Ç1020 numunesinin içyapı görüntüsü  
c) Al Kaplama + 800 °C'de 6 saat difüzyon tavlaması uygulanmış Ç1020 numunesinin içyapı görüntüsü



**Şekil 2.** a) Al Kaplanmış AISI 316 Numunesinin İçyapı Görüntüsü  
b) Al Kaplama + 800 °C'de 1 saat difüzyon tavlaması uygulanan AISI 316 numunesinin içyapı görüntüsü  
c) Al Kaplama + 800 °C'de 6 saat difüzyon tavlaması uygulanan AISI 316 numunesinin içyapı görüntüsü



a)



b)

Şekil 3. a) Ç1020 b) AISI 316 Numunelerinin Yüzeiden Merkeze Doğru Mikrosertlik Ölçüm Sonuçları

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sıcak daldırma yöntemiyle kimyasal bileşimleri farklı çelik malzemelerin yüzeylerine Al kaplama uygulanmıştır.

Malzemelerin yüzeylerinde oluşan Al kaplama tabakası ve difüzyon tabakası kalınlıklarında, uygulanan ısıl işlem koşullarına ve işlem sürelerine bağlı olarak değişiklikler gözlenmiştir. Az karbonlu çelikte paslanmaz çeliğe göre sertlik ve difüzyon tabaka kalınlığı gibi değerlerde daha büyük değişimler olduğu görülmektedir.

Al sıvı içerisinde bekletme sürelerine bağlı oluşan Al kaplama kalınlığı, Ç1020 malzemede belirgin olarak görülmüştür. AISI 316 malzemede bu değişim çok fazla olmamıştır.

Malzeme yönünden karşılaştırıldığında, bu uygulamada az karbonlu çeliklerde daha iyi bir kaplama oluştuğu görülmüştür. Isıl işlem olarak difüzyon tavlama

uygulandığında, paslanmaz çelik malzemelerde oluşan kaplama tabakası kalınlığı artmıştır. Ölçülen mikrosertlik değerlerindeki artışlarda, malzemelerde intermetalik sert fazların oluşmasının etkisi olduğu görülmüştür.

## KAYNAKÇA

1. **Drewolt, R.**, "Diffusion Coatings for the Protection of Iron and Steel", Anti Corrosion, pp 11-15, 1969.
2. **Hocking, M.G.**, Surface and Coating Technol., 62, pp. 460-466, 1993.
3. **Bondareko, G. G., Borodulin, I.N.**, "Improving the Heat Resistance of Austenitic Steels by Thermomechanical Treatment Method", Metal Science and Heat Treatment 27, pp 624-627, 1985.
4. Aircraft Weapons System Cleaning and Control, Technical Manual, NAVAIR 01-1-A-509, Naval Air System Command, Washington USA, (September 1980).
5. **Pasinli, A.**, "Aluminium Coating on Steel", Master Thesis, Dokuz Eylül Ü., Fen Bil. Ens., 1992.
6. **Çakır, A.**, Korozyon Açısından Tasarım ve Malzeme Seçimi 6. Korozyon Sempozyumu, 4-7 Kasım 1998, İzmir.