

## GALVANİZLİ ÇELİKLERİN MİKROYAPISI

Handan BAYCIK, Fatmagül KOLTUK, Füsün MÜFTÜOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Z.K.Ü. Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, İmalat ve Konstrüksiyon. ABD.

*Metal korozyonunu engellemek için kullanılan değişik yöntemlerden biri yüzey kaplamadır. Yüzey kaplama için çeşitli yöntemler kullanılır. Metalik kaplama yöntemleri içinde yer alan çinko kaplama, galvanizleme olarak adlandırılır. Galvanizleme genellikle, sıcak daldırma, elektroliz veya metal püskürtme yöntemleri ile yapılır. Bilindiği gibi, galvanizli malzemeler inşaat, konstrüksiyon, otomotiv ve beyaz eşya sanayiinde kullanılmaktadır. Bundan dolayı, galvanizleme konusundaki gelişmelerin tüm toplumu etkileyeceği açıktır. Bu makalede, sıcak daldırma yöntemi ile galvanizleme ve çinko kaplama tavlama (galvannealing) yaparak elde edilen malzemelerin mikroyapıları incelenmiştir. Galvanizlemede, kaplama yapısı genellikle çelik, G, d, z ve h fazlarından oluşur. Çinko kaplama tavlama yapı çelik, z fazı, G fazı ve yüzeyde küçük bir miktar z fazı ile büyük miktarda d fazı içerir.*

**Anahtar sözcükler :** Galvanizleme, çinko kaplama tavlama, mikroyapı

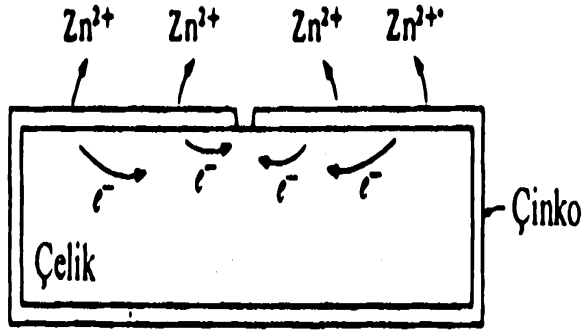
*Surface coating is one of the various methods used for preventing of metal corrosion. Different methods are available for surface coating. Zinc coating which takes part in the metallic coatings methods, is named galvanizing. Galvanizing is usually applied with hot dip, electrodeposition or metal spraying methods. As it is known, galvanized steels are used for building, construction, automotive industry and electrical goods (refrigerator, oven etc.). Therefore, it is clear that, developments about galvanizing affect all society. In this article, microstructures of the materials galvanized with hot dip method and galvanized have been examined. In galvanizing, the coating structure generally made up of steel, G, d, z and h phases. In galvannealing, the structure comprises steel, z phase, G phase and in the surface small amount of z phase and large amount of d phase.*

**Keywords :** Galvanizing, galvannealing, microstructure

### GİRİŞ

Çevrenin etkisi ile metallerin kimyasal ve/veya elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda hasar görmelerine *korozyon* denir. Kimyasal korozyonda metalin bulunduğu ortam kurudur. Oluşan gaz metalde oksit tabakasına (tufal) neden olur ve bu tabaka elektriği iletmez. Elektrokimyasal korozyonda ise ortam ıslaktır ve pas oluşumuna neden olur. Elektrokimyasal korozyon için anot ve

katottan oluşan iki elektrot, iletken ve sıvı bir ortam ve anot ile katot arasında elektrik akımının oluşması gerekir. Burada oluşan hücreye *korozyon hücresi (galvanik hücre)* adı verilir.



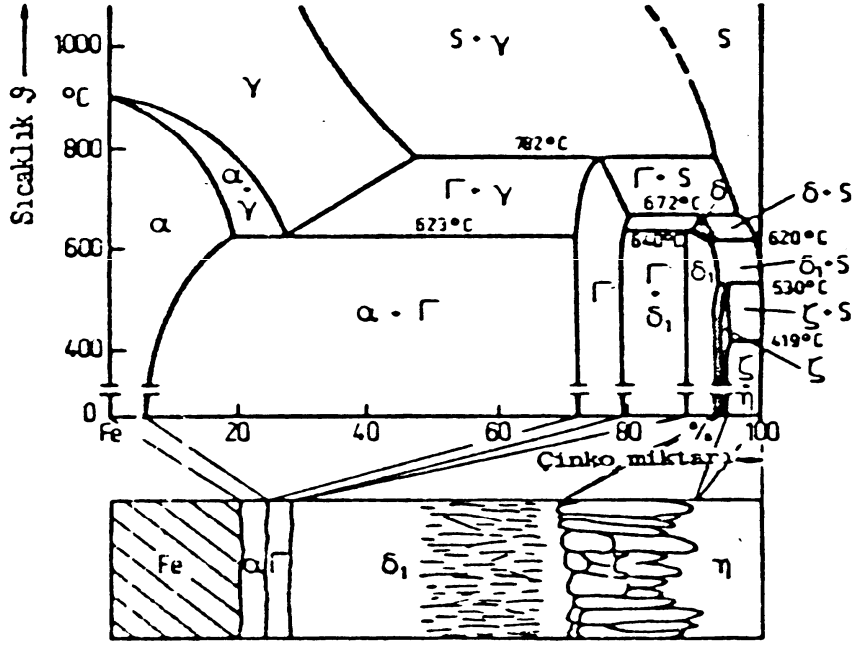
*Şekil 1. Çinko Kaplanmış Bir Çeliğin Kaplama Çizildiğinde Davranışı [3].*

Korozyonun önlenmesi için korozyon hücresini oluşturan elemanlardan en az birinin devreden çıkarılması gerekir. Bundan dolayı, malzeme seçimi, kaplama yöntemi, tasarım, katodik ve anodik koruma ve çevre kontrolü gibi faktörler önem kazanmaktadır.

Bu makalede, metalik kaplama yöntemlerinden sıcak daldırma ile galvanizleme ve çinko kaplama tavi (galvannealing) yapılarak elde edilen malzemelerin mikroyapıları incelenmiştir.

## ÇİNKO KAPLAMA

Çinko, elektrokimyasal gerilim serisinde asallıktan oldukça uzak bir elementtir [1,2]. Ayrıca, çeliğe göre daha anodik yani korozyona uğrayan taraftır [3,4]. Nem veya suyun etkisi ile çinkonun yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşarak korozyon hızını azaltır [2]. Bu özellikten yararlanmak için çinko ile kaplama yapılır. Şekil 1'de, kaplama çizildiği zaman çinkonun çelikle etkileştiği ve anodik olmaya devam ettiği görülmektedir [3].



Şekil 2. Çinko Kaplama Yapısının Fe-Zn Denge Diyagramı Yardımı ile Şematik Açıklanması[2].

Tablo 1. Fe-Zn Denge Diyagramındaki Fazların Özellikleri [6].

Faz	Kristal yapı	Formül	Sertlik ( $HV_{0.025}$ )
$\alpha$ -Fe (alfa)	HMK	$Fe(Zn)$	104
$\Gamma$ (gama)	HMK	$Fe_3Zn_{10}$	326
$\delta$ (delta)	Hegzagonal	$FeZn_{10}$	358
$\zeta$ (zeta)	Monoklinik	$FeZn_{13}$	208
$\eta$ (eta)	Hegzagonal	$Zn(Fe)$	52

### Sıcak Daldırma Yöntemi İle Galvanizleme

Sıcak daldırmalı galvanizleme, hazırlanmış çelik ve dökme demirin çinko eriyiğine daldırılarak üzerine çinko ve/veya çinko-demir alaşımlarından bir kaplamanın oluşumudur [5].

Şekil 2'de Fe-Zn denge diyagramı ve oluşan fazlar görülmektedir [2]. Fe-Zn alaşım sisteminde oluşan fazların formülleri ve kristal yapıları Tablo 1'de görülmektedir [6].

### Çinko Kaplama Tavı (Galvannealing)

Çinko kaplama tavı, sıcak daldırma ile çinko kaplanan çeliğin hemen, kısa bir süre ile yaklaşık 500°C sıcaklıkta ısıtılması ile yapılır [7]. Burada amaç, çinko kaplanmış çelik sacların, yapışabilirlik ve kaynaklanabilirlik özelliğini geliştirmektir. Tavlama işlemi, sıvı çinko potasının üstündeki ısıtma

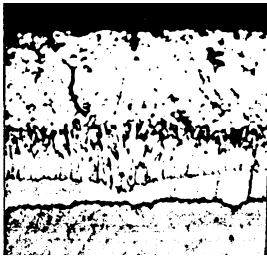
ve soğutma ünitelerinde sürekli bir şekilde gerçekleştirilir. İstenilen kaplama özelliklerini elde etmek için ısıtma hızı, tutma sıcaklığı ve süresi, soğutma hızı gibi faktörler önem kazanır. Bunun yanında, çinko banyosu ve çelik sacın kimyasal bileşimi de iç yapıyı ve özellikleri değiştirir.

## GALVANİZLİ SACLARIN MİKROYAPISI

Galvanizli sac kesilirken çelik ile çinko kaplama ara yüzündeki kenarların katmanlara ayrılmasından sakınmak gerekir [8]. 600 no.lu zımpara ile ıslak zımparalama yapılabilir. Parlatma yapılırken kaplamayı lekelendireceği için su kullanılmamalıdır. Kaba parlatmada genellikle az tüylü ipek çuha üzerinde 3m'luk elmas parlatıcı kullanılır. Son parlatmada ise az tüylü yumuşak ipek çuha üzerinde 0.05m alümina önerilir. Sonra numune, amil alkol ile silinerek temizlenmelidir. Dağlamada, amaca bağlı olarak amil nital (10 ml amil alkole 1 damla nitrik asit) kullanarak 30 saniye daldırma veya 10 ml asetona birkaç damla nitrik asit kullanarak 10-30 saniye daldırma önerilir [8].

Şekil 3, 4, 5 ve 6'da değişik parametrelerle galvanizlenmiş çeliklerin mikroyapıları görülmektedir [9]. Burada, dağlayıcı olarak önce %4 nital, sonra 200g  $CrO_3$ , 15g  $Na_2SO_4$ , 1l su içeren solüsyon kullanılmıştır. Şekil 3'de, yukarıdan aşağıya doğru Zn, z, d, G fazları ve çelik tabakası görülmektedir. Şekilde, çinko tabakasındaki küçük kurşun parçacıklarının dağılımı dikkat çekmektedir. Kullanılan çinkoda maksimum %1.6 kurşun bulunmaktadır. Kurşun, pullanma sınırlarını geliştirir, küçük bir miktar kalay ilavesi pullanmayı artırır [9].

Şekil 4'de, galvanizli çeliğin üst kısmında mat gri renkte aşırı bir alaşım tabakası görülmektedir. Bu tabaka, çinko banyosunda aşırı yüksek sıcaklık veya çok uzun tutma süresi ile oluşur [9].



Şekil 3. Sıcak Daldırma ile Galvanizlenmiş Çeliğin Mikroyapısı (x250) [9].



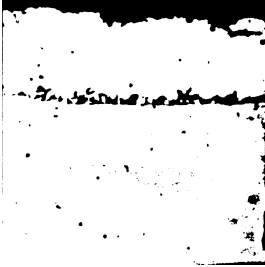
Şekil 4. Sıcak Daldırma ile Galvanizlenmiş Çelikte Aşırı Alaşım Tabakasının Oluşumu (X500) [9].

Galvanizleme öncesi çelik asitle aşırı temizlenir ise hidrojen absorpsiyonu oluşur. Absorbe edilen hidrojen, eğer çinko banyo sıcaklığında banyoyu tamamen terketmezse gaz boşlukları ve kabarcıklardan dolayı kaplamaya engel olabilir. Şekil 5'de, gaz boşluklarından dolayı oluşan geniş siyah noktalar görülmektedir. Bu olay, aynı zamanda alaşım tabakalarında da engel oluşturabilir [9].



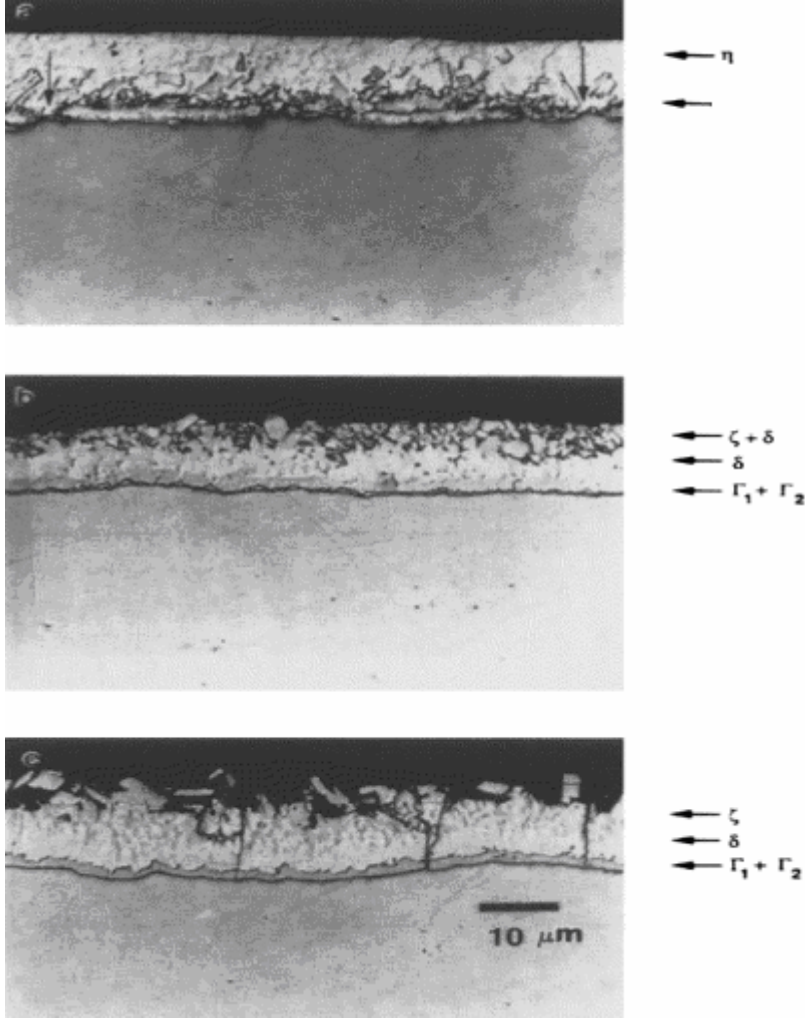
*Şekil 5. Galvanizleme Öncesi Asitle Aşırı Temizlenmiş Çeliğin Mikroyapısı (X500) [9].*

Şekil 6'da sürekli galvaniz hattında galvanizlenmiş bir çeliğin mikroyapısı görülmektedir. Üstten itibaren çinko, Fe-Zn alaşımı (ince, koyu) ve çelik tabakaları gözlenmektedir. Çinko banyosuna %0.2 Al ilavesi sünek ve daha ince bir kaplama oluşturur [9].



*Şekil 6. Sürekli Galvaniz Hattında Galvanizlenmiş Bir Çeliğin Mikroyapısı (X500) [9].*

Çinko kaplama tavı yapılan çeliklerde ise tip 0, tip 1, tip 2 olarak adlandırılan üç değişik iç yapı görülür (Şekil 7)[6]. Bunlardan birincisi, genellikle  $\delta$  fazı içeren az alaşımlanmış kaplama; ikincisi, 10m'den daha az  $\delta$  alt tabakası ve yüzeyde küçük bir miktar  $\delta$  fazının yer aldığı büyük ölçüde  $\delta$  fazı içeren optimum alaşımlanmış kaplamadır. Üçüncüsü ise, 1mm'den fazla  $\delta$  alt tabakası ve en üstte  $\delta$  fazıyla birlikte kaplama/çelik ara yüzeyine dik  $\delta$  fazını içeren aşırı alaşımlanmış kaplamadır.



*Şekil 7. Çinko Kaplama Tavı Yapılan Çeliğin Mikro yapısı (Yukarıdan Aşağı: Tip 0, Tip1, Tip2 [6].*

## SONUÇLAR

Sıcak daldırma ile kaplamada, kaplama yapısı genellikle alttan itibaren çelik, Fe-Zn fazları ve çinkodan oluşur. Galvanizli sacların özelliklerini, çeliğin kimyasal bileşimi ve galvanizleme işlemi etkiler.

Bir araştırmada, 560°C'de saf çinko banyosunda sıcak daldırma ile galvanizleme yapılmış ve bu kaplamaya üç noktadan eğme testi uygulanmıştır [10]. İşlem sırasında çekme artık gerilmelerinin bir sonucu olarak d fazında mikroçatlaklar oluştuğu ifade edilmiştir. Aynı zamanda, kaplama yüzeyine kadar çıkan çatlak yoğunluğunun, yalnızca çinkoca zengin dış tabaka kalınlığına bağlı olduğu iddia edilmiştir.

Başka bir çalışmada ise, Fe/Zn, Fe/Zn - %0.1Al ve Fe/Zn - %0.2Al çiftleri kullanılmıştır [11]. Galvanizleme, malzeme 400°C sıcaklıkta, 10 dakikadan 50 dakikaya kadar değişik sürelerde

tutularak yapılmıştır. Çinkoya alüminyum ilavesi ile başlangıçta, engelleyici metallerarası bileşik olduğu belirtilmiştir. Tutma süresi 30 dakikadan az olduğunda, üçlü çiftlerde, faz büyümesini engelleyici bir  $\alpha$  bölgesel faz oluşumu görüldüğü ifade edilmiştir. Bununla birlikte, tutma süresi 40 dakikadan daha fazla olduğunda, bu fazın çözüldüğü belirtilmiştir. Aynı zamanda, ikili çiftlerde büyüyen metallerarası fazın, kısa zamanda  $\beta$  fazı tarafından bastırıldığı, ama 30 dakikadan daha uzun sürede  $\alpha$  fazının baskın olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla, üçlü çiftlerde  $\beta$  ve  $\alpha$  artma oranının tutma süresine bağlı olduğu ifade edilmiştir.

Bir araştırmada da, alevin galvanizlenmiş dikenli tellere etkisi incelenmiştir [12]. Galvanizlenmiş yüzeylerde renk değişimi veya lekelenmeler görülmüş ve bunun bir kaplama hatası olmadığı ifade edilmiştir. Normal çevre koşullarında, saf çinko tabakasının korozyona uğradığı, bundan dolayı, var olan demir-çinko alaşım tabakalarının açığa çıktığı belirtilmiştir. Çalışmada, demir içeren bu tabakaların lekelenebileceği, bunun yanlışlıkla kaplama hatası olarak yorumlanabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, kırmızı pasın kaplama hatasını ve alttaki çeliğin korozyonunu gösterdiği iddia edilmiştir. Renk değişiminin de, kaplama içindeki demir-çinko metallerarası tabakalarda olduğu belirtilmiştir.

Literatürde, biçimlendirme sırasında kaplamada ortaya çıkan çatlama derecesinin,  $\beta$  fazının varlığına,  $\beta/\alpha$  fazı oranına veya bu fazlar içindeki Fe dağılımına bağlı olduğu ileri sürülmüştür [7]. Fe-Zn fazları arasında  $\alpha$  fazının en sünek,  $\alpha$  ve  $\beta$  fazlarının ise en gevrek faz olduğu iddia edilmiştir. Kaplama, galvanizli sacların biçimlendirilme özelliklerini de önemli ölçüde etkilediğinden dolayı kaplamanın sünek olması gereklidir. Ancak,  $\alpha$  fazının artan sürtünme gerilmeleri ile pullanmayı (kaplama kalınlığına yakın boyutta partiküller oluşacak şekilde kaplama/çelik ara yüzeyinin ayrılması) artırabileceği ifade edilmiştir [7]. Bundan dolayı, bir kaplamada yüzeyde bir miktar  $\beta$  fazı ve ince bir ( $\leq 1 \mu\text{m}$ )  $\beta$  fazı ile ana bileşen olarak  $\alpha$  fazının bulunmasının hem pullanma, hem de tozlaşma (kaplama kalınlığından daha küçük boyutta partiküller oluşacak şekilde kaplama içindeki kırılma) dayanımını artıracak ileri sürülmüştür.

Sonuç olarak, kaplamada en uygun yüzeyi sağlamak için mikroyapıyı oluşturan Fe-Zn fazları ile birlikte kaplama kalınlığı da önemli bir faktördür.

## KAYNAKÇA

1. **Smith, W.F.**, Principles of Materials Science and Engineering, 2.edition, McGraw-Hill International Editions, Singapore, 1990.
2. **Bargel, H-J., Schulze, G., Çev. Güleç, Ş., Aran, A.**, Malzeme Bilgisi, Cilt II, İ.T.Ü. Makina Fakültesi, İ.T.Ü. Ofset Atölyesi, İstanbul, 1995.
3. **Askeland, D.R., Çev. Erdoğan, M.**, Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Cilt II, Nobel Yayın Dağıtım, Yayın no. 128, Ankara.
4. **Güleç, Ş.**, Malzeme Ders Notları, İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Sayı 35, İstanbul, 1990.
5. TS 914 EN ISO 1461, Demir ve Çelikten Yapılmış Malzemeler Üzerine Sıcak Daldırılmış Galvaniz Kaplamalar-Özellikler ve Deney Metotları, TSE, 6.11.2001.
6. **Marder, A.R.**, The Metallurgy of Zinc-Coated Steel, Progress in Materials science, 45(3), June 2000, pp. 191-271.

7. **Elkoca, O.**, "Tavlı Çinko Kaplamalarda Fe-Zn fazlarının Gelişimi ve Bunların Kaplama Özelliklerine Etkisi", I. Demir-Çelik Sempozyumu, T.M.M.O.B. Mak. Müh.Odası yayını, E/2001/274-1, KDZ. Ereğli, 3-4-5 Ekim 2001, s.403-411.
8. **Materials Handbook**, A.S.M. Metals park, V8, Metallograph, Structures and Phase Diagrams, 8. edition, Ohio, 1973.
9. **Materials Handbook**, A.S.M. Metals park., V7, Atlas of Microstructures of Industrial Alloys, 8. edition, Ohio, 1972.
10. **Tzimas, E., Papadimitriou, G.**, "Cracking Mechanisms in High Temperature Hot-Dip Galvanized Coatings", Surface and Coatings Technology, 145(1-3), pp.176-185, 2001.
11. **Syabuddin, Munroe, P. R., Gleeson, B.**, The Development of Fe-Zn Intermetallic compounds in Solid Fe/Zn and Fe/Zn-Al Diffusion Couples During Short-term Annealing at 400°C, Materials Science and Engineering A, 264(N1-2), pp.201-209, 1999.
12. **Engle, D.M., Weir, J.R., Gay, D.L., Dugan, B.P.**, Grassland Fire Effects on Barbed Wire, Journal of Range Management, 51(6), pp.621-624, 1998.