



Tolga Dıraz, PCS.

Kimya Mühendisi / Koruyucu Boyalar ve Kaplamalar Uzmanı  
www.korozyondoktoru.org

## Galvanizlenmesi (SDG / HDG) Zor Çelikler: Hangileridir ve Neler Yapılabilir?

ÖZET: Çelik malzemelerin çoğu, bu sektördeki profesyoneller olarak gayet iyi bildiğiniz üzere, **kolaylıkla** ve **sorunsuz** olarak tatminar bir şekilde **HDG Galvanizlenmesi** yapılabilmektedir. Ancak aşağıda açıklanacak bazı özel Çelik malzemelerde, -gerekli önlemler alınmaz ise- ya HDG Galvanizleme işlemi hiç yapılamamakta, yahut sonuç olarak sağlıklı bir Galvanizleme yapılamamaktadır. Bu yazımızda, detaylarını vereceğimiz problemlere neden olabilen Galvanizleme durumlarının, hem Galvanizci hem de Çelik İmalatçı açılarından- nasıl değerlendirilmesi gerektiği irdelenecektir.

### Giriş

Siz hiç Galvanizleme yapmadığınız veya yaparken problemler yaşadığınız durumlar ile karşılaştınız mı? Zaman zaman, Türkiye'deki (ve tabii ki başka ülkelerdeki) Galvanizciler, normal kabul edilen çelik tipleri dışında özel tip çelikler veya sıradışı malzemeler ile Galvanizleme için uğraşmak durumunda kalmaktadır. Ticari ve teknik sıkıntılar oluşturan bu problemin kök sebeplerini ve çözümlerini sağlıklı bir biçimde saptayabilmek için, GALVANİZLEME (SDG) operasyonunun literatürde kabul

gören *en basit ancak en kapsamlı tanımına* bakmak gerekir. Örneğin, ISO 1461 standardına göre Sıcak-Daldırma Galvanizinin tanımı şudur:

**Hazırlığı yapılmış dökme demir veya çelik ürünlerinin ergimiş çinkoya daldırılarak çinko ve/veya çinko-demir alaşımlarından** meydana gelen kaplama oluşumudur. Bu tanımdan da görebileceğiniz gibi, Boya ve Kaplama yüzeysel uygulamalarından<sup>1</sup> farklı olarak, çinko yüzeysel olarak değil, demir veya çelik **yüzeylerinin** içine nüfuz edecek şekilde (**difüzyon**) kaplama oluşumu gerçekleşmektedir.

<sup>1</sup> Geleneksel boya ve kaplamalar, sadece yüzeyde film tabakası oluşturarak koruma yapmaktadır. Yani, SDG Galvanizlemenin aksine, yüzeyin içine koruyucu bir malzeme girmemektedir.

Galvanizlenmesi istenen demir veya çelik malzemenin içine ergimiş çinkonun nüfuz ederek alaşım tabakaları oluşturması süreci, birtakım malzemeler için problemlenabilir. Bunlardan bazıları:

**Tablo 1:** Galvanizlenme sırasında sorun çıkarabilecek malzeme kaynaklı özel durumlar

Demir/Çelik Sınıfları ve İç-yapılarındaki Element oranları ( <i>Silikon, Fosfor ve Sülfür gibi</i> )
Durgunlaştırılmış ( <i>Killed</i> ) ve Yarı-durgunlaştırılmış ( <i>Semi-killed</i> ) Çelikler
Çok kalın et kalınlığına sahip (örn. >100 mm) Demir ve Çelik malzemeler
Çok-düşük alaşımlı Çelik malzemeler

Gelin bu özel durumlara ve oluşabilecek sonuçlarına yakından bakalım:

### Demir/Çelik Sınıfları ve İç-yapılarındaki Element oranları (Silikon, Fosfor ve Sülfür gibi)

Hepimizin bildiği gibi, endüstride yüzlerce farklı sınıfta özel çelikler mevcuttur. Aşağıdaki tabloda ise, *kompozisyonlarındaki element oranları sebebiyle Sıcak-daldırma Galvanizleme sırasında ve sonrasında problemler oluşturabilen* öne çıkan demir/çelik sınıflarından bazıları incelenecektir:

**Tablo 2:** Galvanizlenmesi Zor Çelik Sınıfları: Yapıları, olası sonuçlar ve yapılabilecekler

<b>Yay Çelikleri</b>	Bu çelikler %2.0'ye var yüksek <b>Silikon (Si)</b> oranları içerebilir. Bu gibi yüksek Silikon içeren çelikler, <i>kırılgan yapıda kalın galvanizli kaplamalar oluşmasına</i> neden olur, zira bu çelikler çinko ile çok çabuk tepkimeye girerler. Bu olumsuz durumu, çelik malzemenin Galvaniz banyosunda geçireceği süreci kısaltarak minimize etmek mümkündür.
<b>Tok Çelikler</b>	Bu çelikler, %1.0'den yüksek <b>Manganez (Mn)</b> oranları içerebilir. Bu tipteki çelikler, kırılgan-kahverengimsi galvaniz kaplamaları oluşumuna neden olurlar. Ayrıca, bu galvaniz kaplaması, elleçleme sırasında normal çeliklerdeki galvaniz kaplamalara göre <i>daha kolay hasar görürler</i> . Bu olumsuzluğu iyileştirmek için, Galvaniz banyosuna çeşitli oranlarda <b>Nikel (Ni)</b> ve <b>Bakır (Cu)</b> ilave edilebilir.
<b>Sert Çelikler</b>	Bu çelikler, %1.0'den yüksek <b>Karbon (C)</b> oranları içerebilir. Yüksek karbonlu çelikler, akma mukavemet değerleri 800 MPa (115,000 psi) değerinin üzerinde olduğu sürece, başarılı bir biçimde Galvanizlenebilir

<b>Otomat Çelikleri</b>	Bu çelikler, <b>yüksek Sülfür (S) oranları</b> içerebilir. Yüksek sülfür içeren çelikler Galvanizlenmesi önerilmez, zira yüksek Sülfürlü çelikler, Galvanizlenme operasyonu sırasında şiddetli bir biçimde erirler.
<b>Elektrik-sacı Çelikleri</b>	Bu çelikler <b>yüksek oranda Fosfor (P)</b> içerebilir. Bu çelikler, çinko ile çok çabuk reaksiyona girerek, kalın koyu-renkli yüzeyden kolayca ayrılabilen ve hasar gören kaplamalar oluşumuna neden olurlar.
<b>Paslanmaz Çelikler</b>	Bu çelikler <b>yüksek oranda Nikel (Ni)</b> ve <b>Krom (Cr)</b> içerebilir. Bu sınıftaki çelikler Galvanizlenirse, Sıvı Metal Kırılganlığı ( <i>Liquid Metal Embrittlement - LME</i> ) oluşumlarına müsaittir ve ergimiş çinko banyosuna daldırıldığında - yük altında - çatlayabilirler.
<b>Dökme Demir ve Çelikler</b>	Bu malzemeler <b>yüksek Karbon (C) oranları</b> ile birlikte, ametal safsızlıklar ve <b>yüze kaynamış döküm kumu</b> içerebilir. Buradaki en büyük sıkıntı, döküm kumunun Galvaniz yüzey hazırlığı işlemlerinde tamamen giderilemeyeceği için, oluşan kaplamayı yüze yapışmada sorunlar oluşabilir. Bunun önüne geçebilmek için, <b>Aşındırıcı Kuşlama</b> yapılması önerilmektedir.
<b>Çok-düşük alaşımlı çelikler</b>	Bu çelikler çok-düşük alaşım ilavelerine sahiptir ve büyük ölçüde saf demirdir (bu yapı, galvaniz banyolarının imal edildiği çeliklere oldukça benzer.) Bu çok-düşük alaşım yapısı, çok-düşük çinko ile tepkime hızlarına neden olur. Bu da, ISO 1461 veya benzeri diğer uluslararası Galvaniz standartlarının istenen kaplama kalınlıklarına ulaşılmasını engel olabilir.

### Durgunlaştırılmış (*Killed*) ve Yarı-durgunlaştırılmış (*Semi-killed*) Çelikler

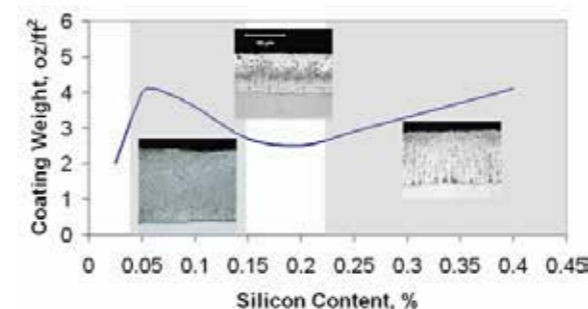
Çelik üretimi sırasında, daha sonra bazı olumsuzlara neden olabilecek Oksijen gazını iç-yapıdan uzaklaştırmak için, potaya **Aluminyum (Al)** veya **Silikon (Si)** ilave edilebilir. Böylelikle, çelik soğurken iç yapısında Oksijen çıkışı nedeniyle gaz boşlukları oluşmayacağı veya daha az oluşacağı için, çelik içyapısı **gözenekliliği azalacak** ve **daha homojen ve daha sağlam** hale getirilmiş olacaktır.

Tablo 2'de Yay Çelikleri sınıfı durumuna benzer problemler, özellikle Silikon ile durgunlaştırılmış (Silicon-killed) çeliklerde sözkonusu olmaktadır. Zira, çelik kompozisyonundaki **Silikon+Fosfor değeri** ağırlıkça **0,03 - 0,14** aralığında ise, oluşan Galvaniz tabakaları çok kalın ve **düzensiz** olacağı gibi, ayrıca **zayıf adalans** (tabakalar arası yapışma) da gösterecektir.

Bu nedenle, ya bu bu sınıftaki çelikler Galvanizlenmesinden kaçınılmalı, yahut özel bir **kompozisyona sahip Galvaniz banyosu** kullanılması gerekmektedir.

**Resim 1:** Sandelin Eğrisi - AGA: Amerikan Galvanizer Association

### Sandelin Curve



### Çok kalın et kalınlığına sahip (örn. >100 mm) Demir ve Çelik malzemeler

Çok kalın kesitli (örn. >100 mm) çelik malzemeler, geleneksel SDG Çinko banyolarında galvanizlenmesi oldukça güçtür! Zira, bu elemanın birim hacimleri çok yüksek olması ve ergimiş çinkonun donma noktasından sadece 30-35°C üstünde üzerinde tutulması, malzemenin Çinko banyosuna daldırıldığında çelik yüzeyinin hemen üzerinde **50 mm veya daha yüksek kalınlıkta donmuş Çinko tabakası** oluşmasına neden olabilir.

Bu aşırı kalın çinko tabakasının daha sonra çelik yüzeyinden tekrar eritilmesi gerekecektir ve bu da hem malzeme

hem de işçilik kaybına neden olacaktır. Ayrıca bu tekrar-eritme tekrar galvanizleme sırasında, SDG kaplanmamış alanlarda oluşabilirdi SDG Galvaniz sektöründe tecrübe edilmiş bir gerçektir! Bu olumsuzlukları minimize etmek için, galvanizlenecek malzemenin önceden Çinko banyosu sıcaklığına ön-ısıtması yapılması veya daha yüksek sıcaklıklarda çalışacak Çinko banyosu işletmeye alınması, tavsiye edilen teknik alternatiflerdir.

**Özetle:** Ulusal veya uluslararası projelerinizde, Galvanizleme operasyonunuzda her zamankinden farklı bir çelik malzeme ile karşılaşma riskiniz son derece yüksektir.

Yukarıda bahsettiğimiz çelik sınıfları ile karşılaşmanız durumunda, o sınıfa özgü oluşan durumları karşılaştırması gibi, bunun öncesinde şu 3 faktörü bilmeniz size çözüme giden yolda avantajlar sağlayabilir:

1. Çelik malzemenin kimyasal kompozisyonu (içindeki elementlerin yüzdesel oranları)
  2. Çelik malzemenin mukavemet derecesi (Akma mukavemeti, MPa veya PSI cinsinden)
  3. Çelik malzemenin kesit kalınlığı\*
- \* *Bu faktör, çelik malzemenin ergimiş çinko banyosunda daldırma süresinin ne kadar olacağını belirler.*

Yukarıdaki maddelere alacağınız yanıtlara göre çelik malzemenin;

- a) Galvanizleme öncesi pickling veya aşındırıcı kuşlama yapıp yapılmayacağı
- b) Çinko banyosunun kompozisyonu ve sıcaklığının hangi aralıkta olacağı
- c) Ergimiş çinko banyosunda kalacağı gibi teknik parametreler belirlenebilir.

### REFERANSLAR:

1. Influence of Ni and Cu Addition on Galvanizing Properties of Steel Containing Si and Mn- Development of High-strength Steel Sheet for Galvanizing - NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT No. 91 January 2005
2. Steels suitable for galvanizing - NORDIC Galvanizers
3. How Metallurgy Affects Galvanizing - Bernardo A. Duran III - American Galvanizers Association AGA
4. Continuous hot-dip galvanizing - process and products. - Gary W. Dallin, Director, GalvInfo Center
5. ISO 1461:2009 - Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles -- Specifications and test methods
6. Galvanizing Difficult Steels - INGAL Specifiers Manual
7. Steel Chemistry & Surface Condition - American Galvanizers Association AGA
8. The Four Types of Steel - METAL Superarkets
9. ISPATGURU - Glossary Of Terms Used For Defining Steels
10. Steel Industry I: Manufacturing System Vol. 6 - Tadao Kawaguchi, Kenji Sugiyama - NIPPON Steel Corporation

# GALVANİZ

## DÜNYASI

Genel Galvanizciler Derneği  
GALDER İktisadi İşletmesi Yayın Organı

2019 - 1 Yıl: 8 / Sayı: 30



## Solar Enerjiye İlgil Artıyor

*Growing Interest in Solar Energy*