

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK KİMYASAL KOMPOZİSYONUNUN SICAK
DALDIRMA GALVANİZ KAPLAMA KALINLIĞINA
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şakir Öner AKGÜN

Enstitü Anabilim Dalı : METAL EĞİTİMİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Zafer TATLI

Eylül 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

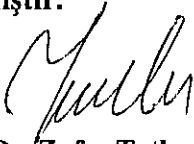
**ÇELİK KİMYASAL KOMPOZİSYONUNUN SICAK
DALDIRMA GALVANİZ KAPLAMA KALINLIĞINA
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

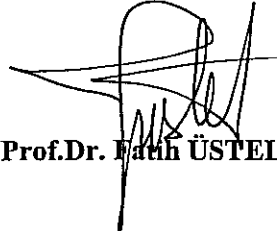
Şakir Öner AKGÜN

Enstitü Anabilim Dalı : METAL EĞİTİMİ

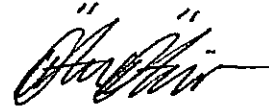
Bu tez 16 / 09 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Yrd.Doç.Dr. Zafer Tatlı



Prof.Dr. Fatih ÜSTEL



Yrd.Doç.Dr. Özkan ÖZDEMİR

ÖNSÖZ

Sıcak Daldırma Galvanizleme, erimiş çinko banyosuna daldırılan demir ve çelik malzemelerin yüzeyine çinko ve çinko bileşikleri içeren koruyucu bir kaplama yapma işlemidir. Koruyucu kaplama genellikle birkaç tabakadan meydana gelir. Temel metale yakın olanlar, demir-çinko bileşiklerinden meydana gelmiştir. Üst üste yer alan bu tabakaların en dışında tamamen çinkodan meydana gelen bir tabaka yer alır.

Galvaniz kaplamayı oluşturan tabakaların bu karmaşık yapısı, kimyasal kompozisyonu, fiziksel ve mekanik özellikleri büyük ölçüde değiştirerek kimyasal aktivite, difüzyon ve sonradan soğuma gibi özelliklerini etkiler. Kaplama kompozisyonu, banyo sıcaklığı, daldırma süresi, soğutma veya sonradan ısıtmada yapılacak ufak değişiklikler, kaplamanın görünümü ve özelliklerinde önemli değişikliklere yol açar. Sıcak daldırma galvanize kaplamalar çelik imalat cinsi malzemelerin üzerine yapılır.

Bu çalışmanın yürütülmesinde, her konuda yönlendiren, hiçbir desteğini esirgemeyen, öğreticiliği ve yol göstericiliği ile çok büyük desteğini gördüğüm danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Zafer TATLI'ya, Prof.Dr. Fatih ÜSTEL'e ve Termal Sprey Kaplama ve Araştırma Laboratuvarı çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi iletirim.

Ayrıca çalışmalarımda yaptıkları projelerle okulumuza kazandırdıkları teçhizatlar için değerli hocalarıma, Marmara Siegener Galvaniz'e, hayatım boyunca yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme, teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ÇELİĞİN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ.....	4
2.1. Çeliğin Yapısı.....	4
2.1.1. Çelik özellikleri ve çelik seçimi.....	4
2.1.2. Çeliğin kimyasal özellikleri.....	5
2.1.2.1. Bazı kavramlar ve tanımlar.....	5
2.1.3. Çeliğin fiziksel özellikleri.....	8
2.2. Çelik Üretimi Kaliteyi Etkileyen Unsurlar.....	9
2.2.1. Çeliğin eritilmesi.....	9
2.2.2. Isıl işlemler.....	10
2.2.3. Deoksidasyon.....	10
2.2.4. Kükürttten arındırma ve sülfid oluşumu.....	12
2.2.5. Çeliğin dökümü ve katılaşması.....	12
2.2.6. Sıcak haddeleme.....	13
2.3. Çelikte Alaşım Elementleri.....	15

2.3.1. Alaşım elementleri.....	16
2.3.1.1. Nikel.....	16
2.3.1.2. Krom.....	16
2.3.1.3. Molibden.....	16
2.3.1.4. Vanadyum.....	16
2.3.1.5. Volfram.....	17
2.3.1.6. Kobalt.....	17
2.3.1.7. Alüminyum.....	17
2.3.1.8. Bor.....	17
2.3.1.9. Bakır.....	18
2.3.1.10. Kurşun.....	18

BÖLÜM 3.

SICAK DALDIRMA YÖNTEMİ İLE GALVANİZLEME.....	19
3.1. Neden Sıcak Daldırma Galvaniz.....	21
3.2. Çinkonun Korozyonu Önlemedeki Rolü.....	25
3.3. Kaplamanın Metalürjik Karakteristikleri.....	26
3.3.1. Demir çelik tabakalar.....	26
3.3.2. Çinkonun kalitesi.....	26
3.3.3. Banyo alaşım elementleri.....	27
3.3.4. Kaplama kalınlığı.....	27
3.4. Galvanizleme İşlemi.....	28
3.4.1. Galvanize hazırlık işlemi.....	29
3.4.1.1. Yağ alma.....	29
3.4.1.2. Boya temizleme.....	30
3.4.1.3. Kuşlama.....	31
3.4.1.4. Asitle temizleme.....	32
3.4.1.5. Yıkama.....	35
3.4.1.6. İnhibitör kullanma.....	36
3.4.1.7. Flakslama.....	36
3.4.2. Galvanizleme.....	40
3.4.2.1. Çinko kalitesi ve banyo bileşimi.....	44
3.4.2.2. Banyo sıcaklığı.....	46

3.4.2.3. Daldırma süresi.....	47
3.4.2.4. Çekme hızı.....	48
3.4.3. Galvaniz sonrası işlemler.....	48
3.4.3.1. Sıyırma.....	48
3.4.3.2. Santifürüjleme.....	49
3.4.3.3. Su verme.....	49
3.4.3.4. İstifleme ve depolama.....	50
3.4.4. Distorsiyon.....	51
3.4.5. Galvaniz sonrası boyama.....	52
3.4.5.1. Açıkta bırakılan mat yüzeyler.....	53
3.4.5.2. Temizleme ve yüzey hazırlama.....	54
3.4.5.3. Boyanın seçimi.....	54
BÖLÜM 4.	
UYGULANAN İŞLEMLER.....	56
4.1. Artıklar.....	56
4.1.1. Lapa / dros.....	56
4.1.2. Kül.....	57
4.1.3. Flaks köpüğü.....	57
4.2. İnceleme ve Test.....	58
4.2.1. Gözle inceleme.....	58
4.2.2. Testler.....	58
4.3. Galvaniz Ekipmanları.....	60
4.3.1. Büyüklük ve şekil.....	60
4.3.2. Duvar kalınlığı.....	60
4.3.3. Isı kaynağı.....	61
4.3.4. Sıcaklık kontrolleri.....	61
BÖLÜM 5.	
ÇELİĞE KATILAN ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ.....	62
5.1. Silisyumun Etkisi.....	62
5.1.1. Silisyum içeren çeliklerin galvanizlenmesi.....	64
5.1.1.1. Polygalva işlemi.....	65

5.1.1.2. Yüksek sıcaklık galvanizleme işlemi.....	66
5.2. Manganın Etkisi.....	67
5.3. Fosfor ve Kükürtün Etkisi.....	68
5.4. Diğer İlavelerin Etkisi.....	68
BÖLÜM 6.	
GALVANİZLİ ÇELİKLERİN MİKROYAPISI.....	69
6.1. Çinko Kaplama.....	70
6.2. Galvanizli Saçların Mikro Yapısı.....	71
6.3. Sonuçlar.....	73
BÖLÜM 7.	
DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	76
7.1. Giriş.....	76
7.2. Deneylerin Yapılışı.....	76
7.3. Metalografik İncelemeler.....	81
7.4. Mikrosertlik Ölçümleri.....	84
7.5. SEM Analizi.....	84
BÖLÜM 8.	
DENEYSEL SONUÇLAR.....	85
8.1. Giriş.....	85
8.2. Metalografik İncelemeler.....	86
8.3. Tabaka Kalınlığı.....	92
8.4. Mikrosertlik Ölçümleri.....	97
8.5. SEM Analizi.....	100
8.6. Sonuçlar.....	104
8.7. Öneriler.....	105
KAYNAKLAR.....	106
ÖZGEÇMİŞ.....	108

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Al	: Alüminyum
ASTM	: American Society For Testing And Materials
C	: Karbon
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
O	: Oksijen
P	: Fosfor
S	: Kükürt
Si	: Silisyum
µm	: Mikron

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	Tipik bir sıcak daldırma galvaniz kaplamanın mikroskop altındaki görüntüsü (250 kat büyütülmüştür).....	25
Şekil 3.2.	Tipik galvaniz proses akış şeması.....	28
Şekil 3.3.	H ₂ S ₄ ve HCL'de demir miktarının çözeltilsinin yoğunluğuna bağlı olarak tespit edildiği şema.....	35
Şekil 3.4.	Çinko klorür ve amonyum klorür faz diyagramları.....	37
Şekil 3.5.	Sakinleşmiş ve sakinleşmemiş çeliklerde kazana daldırma süresinin kaplama ağırlığına etkisi.....	43
Şekil 3.6.	Kazandan çıkarma hızının kaplama ağırlığına etkisi.....	44
Şekil 3.7.	Daldırma süresine göre kaplama ağırlığı.....	47
Şekil 3.8.	Galvaniz şartlarının kaplama ağırlığına etkisi.....	48
Şekil 3.9.	Nem lekesini engellemek için galvanizlenmiş cisimler eğik olarak istif edilmesi.....	51
Şekil 5.1.	Silisyumla söndürülmüş ve söndürülmemiş çeliklerin 455°C de galvanizlenmesinde kaplama ağırlığı.....	65
Şekil 6.1.	Çinko kaplanmış bir çeliğin kaplama çizildiğinde davranışı.....	69
Şekil 6.2.	Çinko kaplama yapısının Fe-Zn denge faz diyagramı yardımı ile şematik açıklanması.....	70
Şekil 6.3.	Sıcak daldırma ile galvanizlenmiş çeliğin mikro yapısı (x250).....	71
Şekil 6.4.	Sıcak daldırma ile galvanizlenmiş çelikte aşırı alaşım tabakasının oluşumu (x500).....	72
Şekil 6.5.	Galvanizleme öncesi asitle aşırı temizlenmiş çeliğin mikro yapısı (x500).....	72
Şekil 6.6.	Sürekli galvaniz hattında galvanizlenmiş bir çeliğin mikro yapısı (x500).....	72

Şekil 6.7.	Çinko kaplama tavı yapılan çeliğin mikro yapısı (Yukarıdan Aşağı; Tip 0, Tip 1, Tip 2).....	73
Şekil 7.1.	Deney numunelerinin geometrik şekli ve ölçüleri.....	77
Şekil 7.2.	Kaplanan numunelerin makro resimleri.....	78
Şekil 7.3.	Struers Labotom-3 disk kesme cihazı.....	81
Şekil 7.4.	Struers Citopress-10 bakalite alma cihazı.....	82
Şekil 7.5.	Bakalite alınmış numune resimleri.....	82
Şekil 7.6.	Struers Terapol-21 otomatik parlatma cihazı.....	83
Şekil 7.7.	Zeiss Imager A1M optik mikroskobu.....	83
Şekil 7.8.	Struers Duramin A300 sertlik ölçme cihazı.....	84
Şekil 7.9.	Tescan Easy Probe taramalı elektron mikroskobu.....	84
Şekil 8.1.	1A2 numunesinin mikrografisi.....	86
Şekil 8.2.	1A4 numunesinin mikrografisi.....	86
Şekil 8.3.	1A8 numunesinin mikrografisi.....	87
Şekil 8.4.	1B4 numunesinin mikrografisi.....	87
Şekil 8.5.	1B6 numunesinin mikrografisi.....	88
Şekil 8.6.	1C8 numunesinin mikrografisi.....	88
Şekil 8.7.	2A4 numunesinin mikrografisi.....	89
Şekil 8.8.	3A6 numunesinin mikrografisi.....	89
Şekil 8.9.	3B2 numunesinin mikrografisi.....	90
Şekil 8.10.	3B4 numunesinin mikrografisi.....	90
Şekil 8.11.	3B6 numunesinin mikrografisi.....	91
Şekil 8.12.	3C2 numunesinin mikrografisi.....	91
Şekil 8.13.	Sıcaklığa bağlı kaplama kalınlıklarındaki artış grafiği.....	92
Şekil 8.14.	1A2 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	93
Şekil 8.15.	1A4 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	93
Şekil 8.16.	1A8 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	93
Şekil 8.17.	1B4 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	94
Şekil 8.18.	1B6 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	94
Şekil 8.19.	1C8 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	94
Şekil 8.20.	2A4 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	95
Şekil 8.21.	3A6 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	95
Şekil 8.22.	3B2 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	95

Şekil 8.23.	3B4 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	96
Şekil 8.24.	3B6 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	96
Şekil 8.25.	3C2 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü.....	96
Şekil 8.26.	Kaplama bölgesinin sertlik değişimi.....	97
Şekil 8.27.	Kaplama üst bölgesinden alınan zamana bağlı sertlik değişim grafiği.....	97
Şekil 8.28.	3C2 numunesinin kaplama alt bölgesinden alınan sertlik ölçümü.	99
Şekil 8.29.	3C2 numunesinin kaplama üst bölgesinden alınan sertlik ölçümü	99
Şekil 8.30.	3C2 numunesinin kaplama orta bölgesinden alınan sertlik ölçümü.....	99
Şekil 8.31.	1B4 numunesinin SEM analiz görüntüleri.....	101
Şekil 8.32.	1A4 numunesinin SEM analiz görüntüleri.....	102
Şekil 8.33.	1B6 numunesinin SEM analiz görüntüleri.....	103

TABLolar LİSTESİ

Tablo 5.1.	Farklı silis içeren çelikte, sıcaklığın fonksiyonu olarak parabolik ve lineer hız sabitleri.....	64
Tablo 6.1.	Fe-Zn dende diyagramındaki fazların özellikleri.....	70
Tablo 7.1.	Deneylerde kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi.....	77
Tablo 7.2.	Mikrosertlik ölçümleri $HV_{0,01}$	98
Tablo 7.3.	1B4 numunesinin EDX çizgi analiz sonuçlarına göre % dağılımları.....	101
Tablo 7.4.	1A4 numunesinin EDX çizgi analiz sonuçlarına göre % dağılımları.....	102
Tablo 7.5.	1B6 numunesinin EDX çizgi analiz sonuçlarına göre % dağılımları.....	103

ÖZET

Anahtar kelimeler: Galvaniz Kaplama, Korozyon

İnsanların günlük yaşamında çok önemli bir yeri olan demir çelik ürünleri, gerekli önlem alınmadığı takdirde kısa zamanda korozyona uğramakta, kullanım amaçlarını karşılayamaz hale gelmekte, can emniyetini tehlikeye sokmakta ve çevrenin kirlenmesine sebep olmaktadır.

Kullanım alanı oldukça yaygın olan demir çelik mamulleri; varlıkların korunarak ömürlerinin uzatılması, kaynak israfının önlenmesi gibi nedenlerle korozyona karşı yüzeyleri boyanarak veya kaplanarak kullanılmaktadır. Ancak; boyama sınırlı süre için koruma sağlarken, galvaniz kaplama ve diğer kaplama yöntemleri çok daha uzun süre koruma sağlayabilmektedir.

Galvaniz kaplama;

- Kaplama yöntemleri içinde çeliğin bünyesine nüfuz ederek metalürjik bağ kurmaktadır.
- Kullanımı sırasında insana ya da çevreye hiçbir zararlı etkisi bulunmamaktadır.
- Bakım onarım gerektirmemektedir.
- 50 yılın üzerinde kullanım ömrüne sahip en ideal kaplama yöntemidir.

Yapılan bu çalışmada Sıcak Daldırma Galvaniz kaplama incelenmiş olup, farklı kimyasal kompozisyondaki çelikler, farklı süre ve sıcaklıklarda kaplanarak, kaplama kalınlıkları ölçülmüş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

ANALYSIS THE EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION OF THE STEEL ON HOT DIP GALVANIZED COATING THICKNESS

SUMMARY

Key Words: Galvanized Coating, Plated

People's daily life very important in the iron and steel products, the necessary precautions, unless quickly corroded to their intended use and can not afford is becoming, life safety endangered, and environmental pollution is caused.

The widespread use of iron and steel products in the field, to extend their lives by protecting their assets, prevent the waste of resources because of the surface against corrosion by painting or by coating is used. However, staining for a limited period of protection, galvanizing and other coating methods can provide much longer protection.

Galvanizing;

- Coating techniques in the metallurgical bond of the steel structure has been penetrated.
- During the use of any harmful effects to humans or the environment do not exist.
- Does not require maintenance.
- Over 50 years of service life is the ideal coating method.

In this study examined whether the hot dip galvanizing, the steel of different chemical compositions, different times and temperatures, coated, coating thicknesses were measured and evaluated.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Sanayileşme 20.yüzyılın başlarında demir-çelik mamullerinin üretim teknolojisinin ilerlemesi ve tüketiminin artmasıyla başlamıştır. Günümüzde gelişmişlik düzeyi, o ülkenin kişi başına tükettiği demir-çelik mamulleri ile belirlendiği düşünülürse metallerin önemi daha iyi anlaşılır.

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[1].

Sıcak Daldırma Galvanizleme, erimiş çinko banyosuna daldırılan demir ve çelik malzemelerin yüzeyine çinko ve çinko bileşikleri içeren koruyucu bir kaplama yapma işlemidir. Koruyucu kaplama genellikle birkaç tabakadan meydana gelir. Temel metale yakın olanlar, demir-çinko bileşiklerinden meydana gelmiştir. Üst üste yer alan bu tabakaların en dışında tamamen çinkodan meydana gelen bir tabaka yer alır.

Galvaniz kaplamayı oluşturan tabakaların bu karmaşık yapısı, kimyasal kompozisyonu, fiziksel ve mekanik özellikleri büyük ölçüde değiştirerek kimyasal aktivite, difüzyon ve sonradan soğuma gibi özelliklerini etkiler. Kaplama kompozisyonu, banyo sıcaklığı, daldırma süresi, soğutma veya sonradan ısıtmada yapılacak ufak değişiklikler, kaplamanın görünümü ve özelliklerinde önemli değişikliklere yol açar.

Demir – çelik atmosfer ortamında en hızlı okside olup tahribata uğrayan metallerdir. Bu yüzden çelik yüzeylerin temel olarak atmosfer ile temasından korunması için sıcak galvaniz çinko kaplanır.

Demir – çeliğin üstüne kaplanmış sıcak galvaniz onun uzun yıllar korunmasını sağlar. Günümüzde sıcak galvaniz kaplamanın üzerine boya tabakasıyla kaplamak suretiyle korozyona karşı dayanıklılığını arttırmak mümkündür. Bu uygulama özellikle otomobil sektöründe kullanılmaktadır.

Demir ve ergimiş çinko difüzyonu sonucu, çelik yüzeyinde demir çinko alaşımları tabakası meydana gelir. Bu tabakalar farklı oranlarda demir çinko içerir. Yüze doğru çinko oranı artar. En üstte saf çinko tabakası oluşur. Kaplamanın kalınlığı ve görünümü, bu reaksiyonun nasıl oluştuğuna ve saf çinko tabakasının nasıl katıldığına bağlıdır.

Demir ile çinko arasındaki reaksiyonda en belirleyici rolü, çeliğin içerdiği silisyum ve fosfor oynar. Çelik üretiminde deoksidasyon olarak Al. kullanılmışsa tek silisyum miktarı düşük olan, sıcak daldırma yöntemi ile galvanizlenmiş böyle bir çelikte kısa demir çinko alaşımları meydana gelir. Oysa deoksidasyon olarak silisyum kullanılmışsa demir ile çinko arasında hızlı bir reaksiyon oluşur[2].

Demir çinko tabakası hızla büyüyerek daha kalın bir çinko tabakası meydana gelir. Bu da daha fazla çinkonun demire yayıldığı anlamına gelir.

Bu tip kaplama kalınlığı kontrol edildiğinde Al. söndürülmüş çeliklerden daha fazla olduğu görülür. Alaşım tabakasının kalın olması ve yüzeye yakın olması , kaplamanın mat görünmesine sebep olur. Çelik içerisinde homojen dağılmaz. Bu yüzden bazı yerler mat görünürken bazı yerler parlak gözükür.

Malzemelerin çinko ile kaplanması hem korozyona direnç, hem de ekonomik açıdan günümüz koşullarında uygulanabilir durumdadır. Özellikle galvanizlenmiş çelik malzemelerin plastik şekillendirmeye, düşük maliyetli kaplamalara göre daha elverişli olması, çeliği katodik koruması galvanizasyonu teşvik etmiştir. Çinko örtüsünün çelik malzemeye metaller arası bağ yaparak bağlanması seramik (emaye, sir) ve organik (boya) kaplamalardan daha iyi yapışma göstermesine neden olmaktadır.

Türkiye'de de galvanizin değeri her geçen gün daha iyi anlaşılmaktadır. Ancak önemi çok önceden bilinen bu yöntemin Türkiye'de gecikmesinin yol açtığı zararları telafi etmek kolay değildir. Japonya, Almanya ve İtalya gibi ülkeler galvanizlenen malzeme miktarı sıralamasında üst sıraları paylaşırken, Türkiye henüz bu sıralamada yer alamamaktadır. Ancak sanayinin bu sektörde hızla ilerlemesi ve tüketicilerin kısa zamanda paslanan ve hurdaya çıkanları çelik malzemenin bütçelerinde yarattığı tahribatı anlayarak galvanizlenmiş malzemeye talepte bulunmaları bu sektörün gelişmesine büyük katkıda bulunmaktadır.

Sanayileşmeye bağla olarak çelik tüketiminin artması galvanizli sacın kullanım alanları da arttırmıştır. Galvanizli saclar çatı, cephe, duvar ve tavan kaplamalarında, beyaz eşya, otomotiv sektörü, sıhhi tesisat, klima ve havalandırma kanalları, elektrik taşıma sistemleri, güneş enerji sistemleri ve profil endüstrisinde sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca dökme demirlerde atmosferin korozif etkisine karşı çinko banyosuna daldırılarak yüzeyi kaplanmaktadır[1].

BÖLÜM 2. ÇELİĞİN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

2.1. Çeliğin Yapısı

Çelik, tabiatta oksit, hidroksit ve karbonat halinde diğer maddelerle karışık olarak bulunan demir cevherinden elde edilir. Karışımında bulunan zararlı maddelerin belirli bir yüzdeye kadar uzaklaştırılması ve bazı maddelerinde ilave edilmeleri gerekmektedir.

Karışımında bulunan zararlı maddeler: Fazla karbon, kükürt, fosfor, bakır, arsen, azot vs. İlave edilen maddeler:

Krom: Çeliğin mukavemetini artırır.

Manganez: Mukavemeti artırır, sıcakta islenmesini kolaylaştırır.

Silisyum: Mukavemeti artırır.

Molibden: Bilhassa yüksek sıcaklıklarda çeliğin mukavemetini artırır.

Karbonun, çeliğin mukavemeti üzerindeki etkisi çok büyüktür. Karbon miktarı ağırlık itibarıyla 17/1000'den fazla olursa, çeliğin islenmesi zorlaşır. Diğer zararlı maddelerin ve karbonun, yüksek fırınlarda yüzde miktarlarının azaltılmasına çalışılır. Zararı dokunan maddelerin en başında fosfor gelir. Fosfor çeliğin çok gevrek olmasına ve çabuk kırılmasına yol açar. Bünyesinde %0.2 fosfor bulunan bir çelik yere düştüğünde kırılır ve cam gibi parçalanır. İkinci zararlı madde ise kükürttür[3]. Kükürt çeliğin yüksek sıcaklıkta gevremesine ve kırılmasına neden olur. Bu nedenle her ikisinin toplam olarak değerinin 1/1000'den az olması istenir.

2.1.1. Çelik özellikleri ve çelik seçimi

Çelik seçimindeki temel etmenlerin başında çelik özellikleri gelir. Çelik seçimi, uygulamanın gerektirdiği özellik değerlerini karşılayacak en uygun çeliği bulma

işidir. Çelik özellikleri bu kadar önemli olduğundan özelliklerin tanımlanması ve kısaca anlatılmasında yarar vardır.

1. Kimyasal özellikler
2. Fiziksel özellikler
3. Metalbilimsel özellikler
4. Mekanik özellikler
5. Boyutsal özellikler
6. Yapısal özellikler

2.1.2. Çeliğin kimyasal özellikleri

2.1.2.1. Bazı kavram ve tanımlar

Kimyasal özelliklerin tümü çeliğin kimyasal bileşimi temel alınarak incelenir. Çeliğin kimyasal bileşimi, çeliği oluşturan elementlerin oransal değerlerinin tümüdür. Her bir elementin çeliğin özelliklerini belli yönde azaltma ya da arttırma eğilimi vardır. Bir çeliğin özelliklerini incelerken, bileşimindeki elementleri teker teker ele alıp her birinin etkisini belirlemek gerekir.

Alaşım elementi deyimi, çeliğin özelliklerini belirli yönde etkilemek amacıyla çelik bileşimine bilinçli ve ölçülü olarak alaşım katımları yapıldığında kullanılır. Hurda ya da katkı maddelerinden rastlantısal olarak çelik bileşimine girmiş olan elementler alaşım elementi olarak değerlendirilmemelidir.

Katıskı (empürite) deyimi, çeliğin bileşimine çelik üretiminde kullanılan hammadde ile katkı maddelerinden rastlantısal olarak girip üretim sırasında giderilememiş olan elementler için kullanılır. Buna karsın, elementlerin bir özelliği geliştirmek için bilinçli ve ölçülü katımları söz konusu olduğunda, bunları "katıskı" olarak değil, alaşım elementi olarak tanımlamak gerekir. Buna belirgin bir örnek, kolay islenebilir çeliklerden (otomat çelikleri) verilebilir. Bu çeliklerin talaşlı işlemelerinin kolay ve hızlı yapılabilmesi için bileşimlerine kükürt, fosfor, kursun, telyum ya da bizmut ya ayrı ayrı ya da birlikte katılır. Bu durumda bu elementler, katıskı olarak değil alaşım elementi olarak değerlendirilmek durumundadır, örneğin, çoğu çeliklerde kükürt en

çok % 0.050 S düzeyinin altında olsun istenir. Bu durumda kükürt çelik içinde bir katıdır. Halbuki kolay islenir (otomat) çeliklerin bazılarında kükürt, çelik bileşimine % 0.35 S oranına dek bilinçli olarak katılmaktadır.

Benzer biçimde bakırdan da söz edilebilir. Genellikle, yapı çeliklerinde bakırın en çok % 0.2 Cu düzeyini geçmesi istenmez, özellikle sıcak işlem görecektir çeliklerde yüksek oranda bakır bulunması onlarda, sıcak gevreklik adı verilen ve yüksek sıcaklıklarda ilsem görürken çatlama ve yarıma biçiminde ortaya çıkan bir olgu doğurur. Halbuki, atmosfer yenimine karşı direnci artırmak için açıkta kullanılacak boru çeliklerinin bazılarında % 0.5 – 1.0 Cu oranlarında bakır katılabilmektedir, ilk örnekte katıksı durumunda olan bakır, ikinci örnekte alaşım elementi olarak is görmektedir[3].

Hidrojen, çelik üretiminin çeşitli aşamalarında yapılan kimyasal çözümlenmelerde genellikle aranmayan, bakılmayan bir elementtir. Fakat çelik yapısında birkaç ppm düzeyinin üzerinde bulunursa, oluşturacağı hidrojen gazı kabarcıkları kılcal çatlaklara yol açarak çeliğin gevrekliğini artırır. Hidrojen gevrekliği diye bilinen bu olgu, uygulamada çok tehlikeli sonuçlar yaratabilir. Çelik üretiminde nemli, yağlı, gresli, boyalı vb., hidrokarbonlu hammadde ile katkı maddeleri kullanımından kaynaklanan hidrojen, çelik içindeki en tehlikeli katıksılardan biridir.

Kalıntılar, çelik üretimi sırasında oksijen üfleme ve oksijen giderme işlemleri (deoksidasyon) ile daha sonraki döküm işlemi sırasında oksijen kapma sonucu sıvı çelik içinde oluşmuş ve yapıda kalmış olan kimyasal bileşiklerdir. Bunlar oksitler, sülfürler, oksisülfürler, alüminatlar ve silikatlar gibi değişik ve karmaşık bileşikler olabilir. Her bir türü ayrı etki göstermelerine karşın, bir genelleme ile değerlendirilecek olurlarsa, çeliğin mekanik özelliklerini etkiledikleri ve en çok da enine çarpma direnci ile yoğrulma direncini bozdukları söylenebilir.

Bu özelliklerin yüksek istendiği uygulamalarda, seçilen çeliğin içyapısı içinde kalıntıların olabildiğince düşük düzeylerde olması gerekir. Bunu sağlamak için bir yandan çelik üretiminde özel yöntemler uygulanması zorunludur; diğer yandan da

çelik kullanıcısı, üreticinin sağladığı çeliğin bu özellikleri tutup tutmadığını saptayacak deneyleri yapmaya hazır olmalıdır.

Temiz çelikler, yapılarında katı ve kalıntıların en az oranlarda bulunduğu çeliklerdir. Uçak, roket, uydu gibi araçlarda kullanılan çeliklerin, beklenmeyen facialara yol açmamak için, temiz çelik olarak özenle seçilmeleri ve üretilmeleri zorunludur.

Temiz çeliklerin üretimleri, temelde, oksit ve sülfürlerden oluşan kalıntıları en az düzeye indirecek yöntemleri içerir. Vakum altında eritme, vakum altında gaz giderme (degazlama), dışık (cüruf) altında eritme v.b. yöntemler temiz çelik üretiminde uygulanan yöntemlerin bazılarıdır.

İçyapı (mikro yapı), çeliğin mikroskop altında 50X'den çok büyütmelede görülen yapılaşmaya verilen addır. Çıplak gözle ya da 10X büyütmeye dek gözlemlenen yapıya ise kaba yapı adı verilir, içyapı incelemeleri, bize tane sınırları, tane büyüklüğü, çelik yapısını oluşturan fazlar gibi çeliğin içyapısının bileşenleri hakkında bilgi verebilir.

Çeliğin en önemli özelliklerinden biri olan sertleşebilirlik de kimyasal bileşim ayarlaması ile sağlanır. Alaşım elementlerinin en etkinleri bor, krom ve molibden metallere dir.

Görüldüğü gibi, içyapı ile kimyasal bileşim karşılıklı etkileşim içindedir. Bu nedenle, içyapılar hem çeliklerin özelliklerini yaratan temel nedenlerin belirlenmesi ve hem de çeliklerin yapılarından kaynaklanan sorunların çözümlenmesi bakımından çok önemlidirler. Kimyasal bileşim ile çeliğin içyapısı, içyapı ile de özellikler arasında var olan bağıntılar, çelik üretiminde denetimi ve ayarı daha kolay yapılabilen kimyasal bileşim yoluyla çelikte istenilen özelliklerin yaratılmasını sağlar.

Alaşım elementleri, çeliğin ferrit ya da ostenit evresini daha dengeli kılmalarına bağlı olarak ferrit oluşturucular ve ostenit oluşturucular diye adlandırılır. Mangan ve nikel ostenit oluşturucu elementlerdir; krom, vanadyum, molibden, volfram elementleri ise karbür yapıcılıklarının yanı sıra ferrit oluşturucu olarak da bilinirler. Birikim olgusu

alaşım elementleri, katıskı ve kalıntıların tane sınırı, dendrit sınırı v.b. yerlerde katılma ya da ısıl işlem sırasında, kimyasal bileşimin ortalama değerlerinden sapacak düzeylerde, toplanmalarıyla ortaya çıkar. Birikim sonucu oluşan nesne topluluğuna birikinti adı verilir. Çelik yapısı içinde fosfor birikintiler, sülfür birikintileri v.b. katıskı birikintileri olabildiği gibi, alaşım elementlerinin ve kalıntıların da birikintileri olabilir. Çelik yapısı içinde birikintilerin bulunması hem içyapının es dağılımlılığını ve hem de özelliklerin eşyönlülüğünü bozar. Bu nedenle, kimyasal bileşim, katılma koşulları ve ısıl işlem koşullarıyla birlikte çeliklerin özelliklerini bu yönden de etkiler.

Yenim (korozyon) olgusu: Yenim direnci, çeliğin içinde bulunduğu ortamda kimyasal ya da elektrokimyasal etkileşim sonucu bozulmaya karşı gösterdiği direnmedir. Yenim direnci, özellikle, kimyasal ya da elektrokimyasal etkileşimin yüksek olduğu yenimli ortamlar içinde çalışan parçalar için çok önemlidir. Yenim olgusu birçok biçimde oluşur. Çoğu mühendis "yenim" deyince yalnızca çeliğin paslanmasından söz edildiğini sanır. Pas, belli tür bir yenimin yan ürünüdür.

Yenimin türü ne olursa olsun, bu olgunun sonunda çelikte bir bozulma olur. Bu bozulma, bazı durumlarda ağırlık azalması; bazılarında ağırlık artması ve diğer bazılarında ise mekanik özelliklerde bozulma biçiminde gelişir. Olağan oda atmosferinde de çoğu çelikler paslanabilir.

2.1.3. Çeliğin fiziksel özellikleri

Çelik uygulamalarında geçerliliği olan fiziksel özellikler doğrudan uygulama gereklerine bağlı olarak önem kazanır. Fiziksel özellikler, genelde, ısıl özellikler, elektriksel özellikler, mıknatıssal özellikler ve yoğunluksal özellikler olarak alt bölümlere ayrılırlar.

Fiziksel özellikler çelik seçiminde çok özel uygulamalar için önem kazanırlar. Genellikle, en önce değerlendirilen özellikler degillerdir.

2.2. Çelik Üretimi Ve Kaliteyi Etkileyen Unsurlar

- Çeliğin eritilmesi
- Isıl işlemler
- Deoksidasyon
- Kükürttten arındırma ve sülfür oluşumu
- Çeliğin dökümü ve katılaşması
- Sıcak haddeleme

2.2.1. Çeliğin eritilmesi

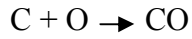
Çelik üretimi iki türlü yapılmaktadır. Bunlardan ilki Yüksek Fırın yardımı ile cevherden çelik üretimi, ikincisi ise Ark Ocakları yardımı ile hurdadan çelik üretimidir. İlk yöntemin yatırım maliyetinin yüksek olması nedeniyle dünya çelik üretimine bakıldığında ağırlıklı üretim yönteminin ark ocağı yöntemi ile olduğu görülmektedir. Üretim yöntemi esası ile ark ocağında üretilen çeliklerde ilk etapta S ve P istenilen oranda ergitme işlemi esnasında bünyeden uzaklaştırılmaz. Bunun istenilen oranda yapılabilmesi için çeliğin ikinci bir işlem görmesi gerekir. Bu işlem Pota Ocağı Metalürjisi olarak adlandırılır. Bu işlemde çeliğin yapısındaki S ve P uzaklaştırılır. S, demir ile bileşik oluşturarak yapıda hapsedilmiş olur ve dövme sıcaklığında ergiyerek yapıyı kırılgan hale getirdiği için, fosfor ise çeliği soğukta kırılgan yaptığı için çelik yapısında minimum oranda istenir.

Yüksek fırınlarda demir filizinden eritilerek elde edilen ham demirin metalürjik iç yapısı yüksek miktarda C, P ve Si içermekte ve bu nedenle ne haddelenebilmekte ne de çekiçle dövülerek şekil verilebilmektedir. İşlenebilirliği sağlamak için önce sözü edilen maddelere –özellikle de karbona- ait miktarların diğer maddelerin katkısıyla azaltılması gerekir. Çelik üretiminde bu maddeler “ısıl işlem” diye adlandırılan bir yöntem kullanılarak kireç ilavesi ile oluşturulan bazik cüruf ile bağlanır. Çeliğin ısıl işleme tabi tutulmasında güdülen amaç şudur:

- Karbon miktarını istenilen çelik cinsine göre azaltmak

- Büyük miktarda fosfor uzaklaştırılırken, silisyum ve manganın okside edilmesini sağlamak

Isıl işlemde meydana gelen kimyasal reaksiyon sonucunda karbon azalmakta,



ve bu durumda oluşan karbon monoksitin (CO) büyük kısmı da gaz halinde uçmaktadır.

Isıl işlem için gereken oksijen ya havadan, diğer bir deyimle havanın neminden, ya da saf oksijen üflenerek veya oksijenin bağlı halde bulunduğu demir filizinde ve miktarı az da olsa hurda demirden temin edilir[3].

2.2.2. Isıl işlemler

- Siemens- Martin Yöntemi:
- Elektrik ark yöntemi:
- Oksijen Üfleme Yöntemi:

2.2.3. Deoksidasyon

Deoksidasyon işlemi sırasında çelik katı eriyiğinde gereksiz derecede yüksek bulunan oksijen veya oksijen bileşiklerinin miktarı, her seferinde ön görülen bir ergitme yöntemi yardımıyla azaltılır. Deoksidasyon işlemi potada gerçekleştirilir. Elektrik arkı yönteminde çelik, eritme yapılan kaptaki dahi kendi kendine deokside olabilir.

Her durumda deoksidasyon gerçekleşmeyebilir. Çelik potada iken ve henüz döküm işlemine başlamadan evvel oksijeni açığa çıkarmak veya çözmek için oksijene karşı afinitesi olan maddeler eklendiği takdirde, sıvı haldeki çelikte yürütülen ısıl işlemler sırasında oluşan gaz halindeki karbon monoksitin miktarı artar ve oluşumun yoğunluğuna bağlı olarak banyoda şiddetli hareketlenmelere neden olur. Katı eriyik kaynamaya baslar.

Bu durumda elde edilen çeliğe “gazı alınmamış çelik” veya “dinlendirilmemiş çelik” adı verilir. Bu nitelikte bir çeliğin kalıplara döküldükten sonra hızlı bir şekilde katılaşması durumunda, öncelikle karbon miktarı düşük ve metalürjik açıdan çok saf bir dış yüzey elde edilir. Kimyasal bileşim açısından bu yumuşak demire karşı gelir. Gazı alınmamış çeliklerde bu tür dış yüzey oluşumu çeliğe soğuk sekil verme kolaylığı sağlamaktadır. Sözü edilen bu dış yüzey tabakasının yüksek miktarda saflık derecesine sahip olması nedeniyle çeliğin galvanizlenmesi, emaye ile kaplanması vb. kaplama işlemlerine tabi tutulması daha uygun hale gelmektedir. Katılaşma süreci hızlı seyrettiğinden karbon monoksit tamamen uçmamakta ve katı haldeki çeliğin yüksek saflık derecesine sahip dış yüzey tabakasının hemen altında gaz kabarcıkları oluşmaktadır. Karbonla birleşmeyen oksijen, FeO-MnO bileşiğine ait kristalleri oluşturmaktadır.

Sıvı haldeki çelik, içerdiği karbon ve mangan miktarına bağlı olarak sadece belirli şartlar altında gazı alınmamış olarak kalıplara dökülebilir. CO oluşumu için yeterli miktarda serbest oksijen bulunmadığı takdirde, yaklaşık % 0.15’in üzerinde karbon miktarı ve % 0.50’nin üzerinde mangan katkısı, CO oluşumunu ve böylece de çeliğin kaynamasını çok az miktarda etkiler[3].

Çelik mutlaka deokside olmalıdır, diğer bir deyimle gazı alınmalıdır. Çeliğe oksijenle kolay birleşebilen, oksijeni kısmen veya tamamen bağlayabilen maddeler ilave edilir. En bilinen deoksidasyon maddeleri silisyum ve alüminyumdur. Oksijenle kolayca birleşebilen diğer maddeler ise mangan, krom, titan ve zirkonyumdur. Öte yandan bunlar alaşım için kullanılan katkı maddeleridir. Bu nedenle, bu maddeleri ilave etmeden önce oksijenle silisyumun ve/veya alüminyumun tamamen birleşmesini sağlamak gerekir.

Böylece oksidasyondan ve bunun sonucunda bu katılardan oluşabilecek bir kayıptan kaçınabilmek mümkün olacaktır. Oluşan oksitler katı ve sıvı parçacıkları oluşturacak, bunlar giderek koyulaşarak eriyik içinde yukarı doğru yükselecek ve cüruftan ayrılarak çözüleceklerdir. Kazana veya potaya deoksidasyon maddelerinin ilavesi alışıl gelmiş şekilde bir boru vasıtasıyla gerçekleştirilir. Eğer oksijenle silisyum ve

alüminyum birleşmiş ise bu durumda da çelik “gazı alınmış” diğer bir deyimle “dinlendirilmiş” olarak tanımlanır.

2.2.4. Kükürttten arındırma ve sülfid oluşumu

Çeliğin üretim yöntemine bağlı olarak yönetmeliklerde öngörülen kükürt miktarları %0.02-0.05 arasında yer almaktadır. Bu miktarlardaki kükürt oranları mangan sülfitlerini oluşturabilmektedir. Düşük kükürt miktarları ham demirin ve/veya çeliğin kükürttten arındırılmasıyla sağlanabilir. Bu nedenle genelde soda, magnezyum veya kalsiyum karpit eklenerek ham demir kükürttten arındırılır. Bunun sonucunda çelikte, kükürt içeriği az olan hurda demir katkısı ile %0.005 miktarındaki kükürt oranları elde edilebilir. Öte yandan çok düşük kükürt oranları, çeliğin potada kükürttten arındırılmasıyla gerçekleştirilir. Bu ilsem sırasında çelige kalsiyum, kalsiyum-karpit veya magnezyum üflenir.

2.2.5. Çeliğin dökümü ve katılaşması

Çeliğin üretim aşamasında iki çeşit döküm yöntemi kullanılır. Birine “kalıplara döküm”, diğerine ise “sürekli döküm” adı verilir. Kalıplara döküm işleminde çelik katı eriyiği belirli kalıplara yukarıdan akıtılmak suretiyle dökülür. Kullanılan kalıplar ya dikdörtgen ya da kare seklindedir.

Sürekli döküm işlemi, sıvı haldeki çelik katı eriyiğinin sürekli bir şekilde dökülmesine karşı gelmektedir. Bu işlemde çelik soğutulmuş bir bakır kalıba akıtılır. Bu durumda dış kenarlar çok hızlı bir şekilde katılaşır. Sıvı haldeki çelik sürekli bir şekilde aşağıya doğru kalıplara dökülmeye devam ederken veya tekrar soğutulma işlemi sırasında bir üretim bandından daire şeklinde geçirilirken çelik aşağıya çökeltir. Bu ilsem sonucunda ve katılaşmanın tamamen meydana gelmesi halinde elde edilen kütükler, öngörülen plan çerçevesinde ısmarlanan uzunluklara bağlı olarak ilerde haddelenmek üzere sınıflandırılırlar. Sıvı haldeki çeliğin katılaşması sırasında fiziksel ve kimyasal olaylar birlikte meydana gelirler. Fiziksel olaylar sırasında kalıpların kenar duvarlarından dışarıya doğru ısı çıkışı meydana gelir. Ayrıca sıvı halden katı hale geçitse hacim azalır[3].

2.2.6. Sıcak haddeleme

Sıcak haddeleme işlemi sırasında çeliğe basınç altında doğrudan şekil kazandırılmaktadır. Merdaneler yardımıyla ise çeliğe istenilen şekil verilebilmektedir. Genelde haddeleme işlemi, sıcaklık derecesi 1200°C'dan 800°C'a kadar değişen bir ısı yelpazesinde gerçekleştirilmektedir. Bu işlemden önce malzeme fırında yaklaşık 1250°C'lık bir ön ısıtmaya tabi tutulmaktadır. Haddelendikten sonra malzeme dış ortamda, diğer bir deyişle açık havada soğumaya bırakılmaktadır. Haddelenen çelik, geniş sıcak haddeleme üretim tezgahından geçirilerek özel bir "soğutma tünel"inde kontrollü bir şekilde soğutma işlemine tabi tutulmaktadır.

Eğer malzememiz standartlara uygun değilse ortaya şöyle bir manzara çıkmaktadır.

A-) Teslimat sertliği düşük ise: Sertlik düşük ise polisaj istenildiği gibi yapılamamakta ve polisaj işleminin ardından yüzey portakal yüzeyi gibi benekli bir görünüm almaktadır. Ayrıca sertliğin düşüklüğünden dolayı kalıp ömrü azalmaktadır.

B-) Kükürt miktarı: Yapıda ne kadar yüksek oranda bulunursa malzemenin parlatılabilirliği o oranda azalacak ve polisaj işlemi istenilenden çok daha az bir parlaklıkta son bulacaktır. Ayrıca malzemenin aşınma dayanımı düşük olacak kalıbın daha kısa zamanda aşınmasına sebep olacaktır. Yüksek kükürt malzemenin tokluğunu da olumsuz yönde etkileyecektir.

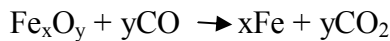
Çelik üretiminde geleneksel yol; demirli hammaddeyi yüksek fırında indirgeyip ergiterek kazanılan sıvı ham demiri bazik oksijen konverterlerinde çeliğe dönüştürmektir. Cevherlerden yapılan birincil demir çelik üretiminin %95'in üzerindeki çok büyük oranı yüksek fırın prosesini içeren entegre tesislerde gerçekleştirilmektedir. Bu üretim şeklindeki en önemli proses çok etkili çalışan büyük ünitelere sahip modern yüksek fırınlardır.

Yüksek fırınlar şarj sistemleri, baca gazı temizleme sistemleri, hava ısıtma sobaları ve hava üfleme üniteleri ile donanmış dev boyutlu düşey fırınlardır. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte dizaynında ve özellikle de boyutunda büyük değişiklikler olmuştur. Yüksek fırında sorunsuz üretim yapabilmek için düşey fırına şarj edilen

hammadelerin ve yakıt olarak kokun uygun özelliklere sahip olmaları gerekmektedir[3].

Hammaddelere uygun özellikler kazandırmak için yapılan demir cevherlerinin ve/veya konsantrelerinin aglomerasyonu ve kömürün koklaştırılması pahalı proseslerdir. Yüksek fırına demirli hammadde (parça cevher, sinter ve pelet), kok ve cüruflaştırıcılardan oluşan şarj malzemeleri fırının tepesindeki düzenekle şarj edilirler.

Fırının tüyerler bölgesine ısınarak gelen kok, tüyerlerin önünde üflenen sıcak hava ile yanarak CO üretirler. Oluşan bu CO ile havadan gelen N₂ karışımı kızgın gaz yükselirken, alçalan şarja ısısını verir. Gazdaki CO çeşitli sıcaklık seviyelerindeki indirgeme potansiyellerine göre demir oksitleri



reaksiyonu gereğince Fe'ye indirger ve CO₂ dönüşür. C'nin varlığında CO₂ boudouard reaksiyonu ile tekrar CO'ya dönüşür. Reaksiyon yüksekçe endotermiktir. CO'nun kararlılığı sıcaklığın azalması ve basıncın artmasıyla azalır. Maksimum kararsızlık 600-800°C sıcaklıkları arasındadır. Dolayısıyla fırının üst kısımlarına doğru sıcaklık azaldığından fırın gazının yukarıya yükselmesiyle CO; CO₂'ye ve C'ye parçalanır (kurumlaşma veya karbon çökmesi). Çöken C'yle sağlanan çekirdeğin katalitik etkisiyle reaksiyon hızlanır. C çökmesi düzgün isleyen fırınlarda genellikle fırının üst kısımlarında olur. Fırın işletmeciliğinde oldukça önemlidir. Fırın refrakterlerinin arasına girerek refrakterlere hasar verirler, baca çapını etkili şekilde daraltırlar[3].

Yüksek fırının alt bölümünde 1300°C'lere ısıtılmış ve oksijen içerikleri arttırılmış hava ile kızgın kokun yanması sonucu oluşan 1800-2000°C gibi yüksek alev sıcaklığına sahip tüyer gazı, fırın bacasından çıkarken 100-250°C'ye soğur. Şarj malzemeleri de yukarıdan aşağıya akarken ısınırlar ve tüyerlerin üstünde 1400-1450°C'ye soğur. Bu bölge şarjın yumuşadığı ve ergidiği bölgedir. Direkt indirgenme ve metal ve cürufun ergimesi burada olur.

Yüksek fırın cürufu başlıca SiO_2 , Al_2O_3 , CaO ve MgO içerir. Bazik oksitlerin asit oksitlere oranı olarak tanımlanan baziklik oranı; genellikle 0,9- 1,1 aralığında tutulur. Bu dört madde cürufun yaklaşık %95-96'sını oluşturur. Diğer maddeler FeO , MnO , FeS , CaS , alkali silikatlar vb.'dir.

Yüksek fırının hazne ve taban refrakterleri cürufun bileşimine uygun olarak çok kaliteli alümina-silika veya karbon tuğla olarak seçilirler. Cürufun bazikliği nötr olarak değerlendirilir. Bazikliğin artması S sorununun çözümünü kolaylaştırır da eğer şarjla birlikte alkali giriyorsa alkali problemini körükler. Fırına giren alkalilerin büyük bölümü fırın içinde kalarak sirküle olurlar ve zamanla birikerek şarj malzemelerinin özelliklerini bozarlar. Kok ve peletin simse ve parçalanmalarına neden olurlar. İşletmeler alkali problemini yaşamamak için cürufun asit bileşiminde çalışmayı yeğlerler ve kükürdü gidermek için yüksek fırından sonra kükürt giderme istasyonları oluştururlar. Ancak yinede yüksek fırına alkali girişi engellenmelidir.

Yüksek fırından kazanılan sıvı ham demir kullanılan ham madde ve fırının çalımsa koşullarına bağlı olarak %4.0-4.5 C, %0.3-1.5 Si, %0.25-2.2 Mn, %0.05-0.2 P, %0.03-0.05 S ve empürite seviyelerinde diğer bazı elementleri içerir.

2.3. Çelikte Alaşım Elementleri

Alaşım elementleri sadece karbon içeren çeliklere pek çok amaç için katılırlar. Bunlardan en önemlileri aşağıdadır;

1. Sertleşebilme derinliğini arttırmakla mekanik özellikleri iyileştirmek.
2. Yüksek dayanım ve iyi sünekliği korurken yüksek temperleme sıcaklıkları sağlamaktır.
3. Yüksek ve düşük sıcaklıklarda mekanik özellikleri iyileştirmek.
4. Yüksek sıcaklık oksidasyonunu ve korozyon direncini iyileştirmek.
5. Aşınma direnci ve yorulma davranışı gibi özellikleri iyileştirmek.

2.3.1. Alaşım elementleri

2.3.1.1. Nikel

Si ve Mn'ye göre çekme dayanımını daha az yükseltir ve özgül uzamayı biraz düşürür. Ni elementi çeliklerin çekirdeğe kadar sertleşebilmelerini sağlar. Bilindiği gibi Cr-Ni çelikleri korozyona, tufallaşmaya ve ısıcağa dayanıklı bir özellik kazanırlar[3].

2.3.1.2. Krom

Dayanımı yükseltir, özgül uzamayı çok az azaltacak şekilde etki eder, aynı zamanda sıcakta dayanımı ve tufallaşma dayanıklılığını oldukça yükseltir. Yüksek Cr değerleri ile çelik paslanmaz hale gelir ve aşınma dayanımını yükselir. Kaynak edebilirlik, Cr miktarının artması ile azalır. Cr, karpit elemanlarının oluşumuna geniş ölçüde yardımcı olur. Çekme dayanımı ve akma sınırı artar. Bunların yanı sıra Cr çentik darbe dayanımını düşürür.

2.3.1.3. Molibden

Mo özellikle çekme dayanımı ve sıcakta dayanımı oldukça fazla arttırır. Öte yandan kaynak edilebilirliği geniş ölçüde ve olumlu yönde etkiler. Yüksek Mo değerleri ise çeliğin dövülebilirliğini zorlaştırır. Mo genellikle Cr ile kullanılır. Cr-Ni ile birlikte Mo'nun da çelikte bulunması yüksek akma sınırı ve mukavimlik elde edilmesini sağlar. Yüksek derecede karpit oluşturucu olması nedeniyle Mo hız çeliklerinde, sıcak is çeliklerinde, östenitik paslanmaz çeliklerde, sıcak is çeliklerinde, sementasyon, ıslah ve ısıcağa dayanıklı çeliklerde alaşım elemanı olarak kullanılır.

2.3.1.4. Vanadyum

Az miktarda V elementi sıcakta dayanımı yükselterek aşırı ısınmadaki hassasiyeti düşürür. Hız çeliklerinin kesme dayanıklılığını yükseltir. Az miktarda katılan V'nin kaynak edilebilirliğe etkisi ise hissedilir düzeyde değildir. İyi bir karpit oluşturucu

olan V çelikte çekme dayanımını, akma sınırını ve özellikle sıcakta dayanıklılık özelliklerini iyileştirir.

2.3.1.5. Volfram

Mukavemeti, sertliği, kesme kabiliyetini ve dayanıklılığı önemli ölçüde yükseltici rol oynar. Fakat en önemli işlevi sıcakta sertliği muhafaza ettirmesidir. Bu nedenle hız çeliklerinde ve sıcak is çeliklerinde çok önemli olan W çekme dayanımını ve akma sınırını her %1 artışta 4 kp/mm² kadar arttırır. İyi karpit oluşturucu etkisi nedeniyle hız çeliklerinde ve sıcağa dayanıklı çeliklerde tercih edilir.

2.3.1.6. Kobalt

Co elemanı mukavemet ve sertliği çok fazla arttırır. Hız çeliklerinde ve sürekli mknatis çeliklerinde kullanılan Co'nun alaşım içerisindeki tutumu nikel benzer. Kuvvetli bir karpit oluşturucu olduğundan meneviş dayanıklılığını ve sıcakta dayanımı fazla arttırır. Bu nedenle özellikle hız çeliklerinde sıcağa dayanıklı çeliklerde ve sert maden imalinde kullanılır.

2.3.1.7. Alüminyum

Tutumu Si'ye benzer. Ayrıca C'nin grafit şeklinde ayrışmasını kolaylaştırır. Yüksek miktarlarda kullanıldığı zaman çeliği kaba taneli yapan Al sıcakta tufallaşma dayanımını arttırır. Al'nin günümüzde alaşım elementi olarak sıkça kullanılmaya başlamasının en önemli sebebi ağırlığı azaltmasıdır[3].

2.3.1.8. Bor

Ayrışma sertleşmesi söz konusu olan yerlerde ve diğer özel durumlarda kullanılır. Özellikle östenitik çeliklerde alaşım elemanı olarak görülür.

2.3.1.9. Bakır

Çeliğin çekme dayanımı ve akma sınırını yükseltir. Özgül uzamayı azaltır. Düşük miktarları ile çeliğin atmosferik havaya karşı dayanımını arttıran Cu kaynak edilebilirliğe etkimez.

2.3.1.10. Kurşun

S'le birlikte çeliğin talaş verme kabiliyetini yükselten Pb, yakım ömrünün artmasını sağlar. Pb'nin katık miktarı yaklaşık olarak % 0.2 - %0.3 civarındadır[3].

BÖLÜM 3. SICAK DALDIRMA YÖNTEMİ İLE GALVANİZLEME

Günümüzde tüm dünyada, yılda 1 milyar tonun üzerinde çelik üretilmektedir. Ancak çelik, hava, su ve toprak gibi en önemli ortamlarda oksijenin etkisi ile çabucak bozunur ve metal yüzeyinde bozunma ürünü renkli pas oluşur. Paslanmanın ilerlemesi çeliği kullanılmaz hale getirip hurdaya çıkarır. Yüzeyleri dekoratif amaçla parlatılmış ve kaplanmış çelik yüzeylerinde ise pasın görünmesi dahi bu yüzeylerin dekoratif çekiciliğini yitirmesine ve çelik malzemenin hurdaya ayrılmasına neden olur.

Metalik malzemelerin içinde buldukları ortamın bileşenleri ile tepkimeye girerek bozunmalarına "Korozyon" adı verilir. Korozyonun ülkelerin ekonomisine maliyeti ise gayri safi milli hâsıllarının yüzde 3 ila 5'i arasında değişir. Yapılan çalışmalar korozyonun Türk ekonomisine maliyetinin ise GSMH' nin yüzde 4.6'sı civarında olduğunu göstermiştir. Başka bir deyişle korozyon her yıl yaklaşık 9 milyar dolarlık bir serveti atıp götürmektedir. Bu kayıp servet içinde korozyon nedeniyle kullanılamayacak hale gelen çelikler önemli bir yekûn tutmaktadır. Türkiye yılda 10 milyon tonu aşkın çelik kullanmaktadır. Genelde yıllık çelik tüketiminin yüzde 10'u civarında bir miktarının yılsonunda korozyon nedeniyle kullanılamaz duruma geldiğine inanılmaktadır ki buda Türkiye için 1 milyon ton çelik demektir.

Korozyonun neden olduğu bu zararları azaltmanın birçok yolu vardır. Bunların başında metal yüzeylerinin başka bir metalle veya organik boyalarla kaplamak gelir. Metal yüzeylerini korozyondan koruma amacı ile yapılan kaplamanın ilk anda içinde bulunduğu ortama, üzerini kapladığı metalden daha dayanıklı olması gerektiği akla gelebilir. Bu yaklaşım hem faydalı hem de zararlı sonuçlar verebilir. Hâlbuki çelik yüzeylerine ortama karşı çelikten daha dayanıksız bir kaplama yapılırsa, çelik

çözünmeden önce bu kaplama çözünecektir. Yani çelik, onu korumak için kendini feda eden bir metal tarafından korunacaktır. Bu yöntem ise korumada her zaman etkilidir ve başarısızlık şansı yoktur.

Çinko metali havada, suda ve toprakta çelikten daha önce çözünmeye hazır bir elementtir. Çelik üzerine kaplandığında ise ortamın çeliği çözmesine müsaade etmez, önce kendisi çözünerek çeliği korur. Demir esaslı malzemeler üzerine çinko çok değişik yöntemlerle kaplanabilir. Sıcak daldırma galvanizleme işlemi de en yaygın kullanılan yöntemdir. Temelde kimyasal olarak yüzeyi temiz olan parçanın, demirle reaksiyona girerek bir kaplama oluşturan erimiş çinkoya batırılmasından ibarettir. Prensipler galvanizlemenin ortaya çıktığı 150 yıl öncesiyile aynıdır. Fakat işlemin çeşitli yönleri üzerindeki geniş araştırmalar, teknik kontrolün daha hassas yapılabilmesini sağlamıştır.

Başarılı bir kaplamanın meydana getirilmesi için kaplanacak olan malzeme yüzeyinin yalnız yağ, boya ve diğer pisliklerden değil aynı zamanda teşekkül etmiş olan oksit tabakalarından da temizlenmiş olması gerekir. Bu sebepten ötürü kaplanacak olan malzemenin tabii tutulacağı ön işlem, alkali banyosu veya eritici ortamda arzu edilmeyen yağların giderilmesini takiben seyreltik sülfürik veya hidroklorik asit içinde temizlemeden ibarettir. Temizleme işlemi aside dayanıklı tuğla veya metalden imal edilmiş tanklarda yürütülür. Temizlenecek olan küçük parçalar aside dayanıklı bir alaşımdan imal edilmiş sepetler içersine yerleştirilir.

Böyle bir işlem sonucu yüzeyi temizlenmiş olan metal özellikle kontinü bir üretim bahis konusu olduğunda, modern tatbikata uygun olarak, sıcak bir çinko amonyum klorür çözeltisine daldırıldıktan sonra düşük sıcaklıktaki bir fırında kurutulmak suretiyle oksidasyona karşı geçici bir koruma temin edilir. Malzeme kurutma işlemini müteakip 430°C ila 500°C arasındaki bir sıcaklıkta muhafaza edilen ergimiş çinko banyosuna daldırılır. İmal edilmiş madeni eşya, yapı elemanları, cıvata ve somun gibi düzgün olmayan biçime sahip parçalar elle daldırılır; levha halinde, tel şeklinde ve uzun olan malzemeler banyonun içinde mekanik konveyörler yardımıyla geçirilir. Elle daldırılmış parçalar sonradan çıkarıldıktan sonra süzölmeye bırakılır fakat cıvata, somun gibi küçük cisimler, üzerlerinde fazla çinkonun giderilmesi amacı ile, santrifüj

işlemine tabi tutulurlar. Bununla beraber banyodan çıkan levhalar, çinko tabakasının kalınlığını kontrol edecek şekilde tanzim edilmiş olan haddelerden geçirilir. Levhalar galvanizleme işlemi sırasında eğilmeye eğilim gösterdiklerinden, soğutma işleminden sonra yassılaştırma makinesinde düzgün hale sokulurlar. Ayrıca galvanizlenmiş düz saçları pres yada haddelerden geçirerek ondüleli saç levhalar imal edilir.

Bir çinko kaplamasının (tabakasının) meydana getirilmesi için saf Zn arasında, demir ve çinko alaşımı olan metaller arası bir bileşikten ibaret ince bir tabakanın teşekkül etmesi gerekir. Bu alaşım tabakası nispeten gevrek olduğundan, tabaka kalınlığı minimum bir değerde tutulur ve galvanizleme işleminin gerektirdiği farklı şartlar, bu sonuç gözetilerek kontrol edilir. Çinko banyosunun aşırı bir sıcaklığa sahip olması, parçanın banyo içerisinde uzun süre tutulması ve yavaş bir şekilde banyodan çıkarılması daha kalın alaşım tabakalarının meydana gelmesine yol açar. Çinko banyosuna Al ilavesi, alaşım tabakasının minimum olan bir kalınlıkta elde edilmesine sebebiyet verir; levhaların galvanizleme işlemi sırasında %0.2 oranında ilave edilen alüminyum, daha ince ve daha esnek bir kaplamanın meydana gelmesini temin eder.

Malzemenin çinko banyosundan çıkarılmasından sonra teşekkül etmiş olan tabaka, kristaller şeklinde katılaşmaya başlar. Bu kristallerin boyutu, kaplanmış yüzeye mat bir görünüş veren çok küçük kristaller ile pul teşekkülüne meydan veren büyük kristaller arasında değişebilir.

3.1. Neden Sıcak Daldırma Galvaniz

Sıcak daldırma galvanizleme, çinko metali kaplaması uygulanarak demir ve çeliğin havada suda veya toprakta çok değişik korozyona yol açan elemanlara karşı korunmasında kullanılan bir kaplama metodudur. Galvanizlenmiş çeliğin ömrünü galvanizlenmemişe oranla atmosferik şartlara bağlı olarak 50 yılı aşkın süre uzatır. Çinkonun, çeliği korozyona karşı korumadaki bu özelliği kanıtlanmıştır.

Sıcak daldırma galvanize kaplamanın bazı önemli uygulama alanları şunlardır:

a) Güç üretim tesisleri, petrokimya tesisleri, ısı değiştiriciler, soğutma bobinleri,

- elektrik dağıtım kuleleri ve direklerindeki yapı çelikleri,
- b) Elektrik kablo boruları, kıvrımlı çelik borular ve dirsekler,
- c) Soğutma kuleleri için takviye çelikleri, mimari amaçlı beton üstü kaplamaları, klorüre maruz kalan köprü yüzeyleri,
- d) Direk hattı donanımları ve demiryolu elektrik tesisatı,
- e) Otoyol kenarlarındaki koruyucu bariyerler, yüksek aydınlatma tesisatları, işaret köprüsü yapıları,
- f) Liman kazıkları ve rayları,
- g) Izgara, merdiven ve güvenlik kafesleri.

Sıcak daldırma galvaniz, kule ve uzun ömürlü, dayanıklı cıvata imalatında çok yaygın kullanılır. Kısacası, çeliğin havada, toprakta veya suda korozyona maruz kaldığı durumlarda sıcak daldırma galvanize çinko kaplama standart, etkili ve ekonomik bir koruma yöntemidir.

Tercih için gerekli sebepler aşağıda sıralanmaktadır:

İlk maliyeti düşüktür: Büyük partiler halindeki birçok parçanın aynı anda kısa zamanda kaplanması mümkün olduğundan sıcak daldırma galvanizin ilk maliyeti diğer yaygın çelik koruma yöntemlerinden çok daha düşüktür.

Daha az bakım ister: Uzun yıllar bakım ve onarım gerektirmeyen özellikleri sayesinde, ulaşılması zor birbiriyle iç içe geçmiş yapılarda, üretimin durması mümkün olmayan tesislerde bakım servis maliyetleri kullanım süresince neredeyse ortadan kalkmaktadır. Oysa boya v.b. diğer kaplamalar defalarca yenilenmelidir.

Uzun ömürlüdür: Dayanma ömrü tahmin edilebildiği için sıcak daldırma galvanizin ömrü atmosferik şartlarda 20–25 yıl, kırsal kesimlerde 50 yıldan fazla olmaktadır.

Güvenebilirsiniz: Kaplama tüm yüzeylerde eşdeğer koruma sağlayacak şekilde düzenlidir. Kaplama kalınlığı tam olarak ölçülebilir. Kaplama ömrü ve performansı önceden tahmin edilebildiği için güvenilirliği kanıtlanmıştır.

Uygulaması hızlıdır: Sıcak daldırma galvaniz kaplamada tam bir koruma birkaç

dakikada elde edilirken çok iyi bir boya işleminin için 1 haftadan fazla süreye ihtiyaç olmaktadır.

Servis hatalarına dayanıklıdır: Demir çelik ile metalik bağ kuran tek kaplama prosesi sıcak daldırma galvanizdir. Bu özelliği dolayısıyla ile taşıma, depolama, sevkiyat ve montaj sırasında mekanik servis hatalarına karşı en iyi direnci gösteren bir metalürjik yapıya sahiptir.

Tamamlanmış bir korumadır: Sıcak daldırma galvaniz yöntemi ile galvanizleme, çeliğin erimiş çinkoya daldırılarak kaplanması olduğundan malzemenin dışı içi, girinti çıkıntı ve en ulaşılmaz bölgeleri dahil kaplama olmayan kısımlar kalmadan tam bir koruma gerçekleştirilir. Fırça, sprey ve diğer yöntemlerle yapılan koruyucu kaplamalarda bu özelliklerin gerçekleştirilmesi mümkün değildir.

Farklı koruma özellikleri içerir.: Öncelikle aşınma hızının yavaş olması kaplamaya uzun ve önceden tahmin edilebilir dayanım ömrü verir. Bir diğeri, kaplamanın katodik koruma özelliğidir. Malzeme hasara uğradığında yüzeyde oluşan çeşitli olumsuzluklar çinko tarafından oluşturulan korozyon ürünleri tarafından kapatılarak korunur.

Ayrıca hasar gören bölge büyük olduğundan çinko kaplama çeliğe göre daha elektronegatif olduğundan çelikten önce korozyona uğrayarak çeliği korumaya devam eder.

Denetim hızlı ve basittir: Sıcak daldırma galvaniz kaplamalar göz ile kolayca değerlendirilebilir. Ayrıca tahribatsız basit test metotları uygulanarak standartlara uygunluğu saptanabilir.

Montajı hızlıdır: Galvanizlenen malzemeler kullanıma hazırdır. Yüzey hazırlığı için yer, boya ve denetim için zaman harcanmaz.

Uygun malzeme: Sıcak daldırma galvaniz metodu ile kaplanmış malzemelerin korozyonsuz uzun bir ömrü olur. Birçok tip demir çelik ürünü sıcak daldırma

galvaniz yöntemi ile galvanizlenebilir. Ancak kullanılan demir çelik ürünlerinin kimyasal kompozisyonlarındaki farklılıklar galvanizleme sonrası istenmeyen farklı görüntüler ve kalın kaplamalara neden olurlar.

Başarılı bir galvanizleme için çeliğin genel kompozisyonu;

%0.25' den az karbon

%0.05' den az fosfor

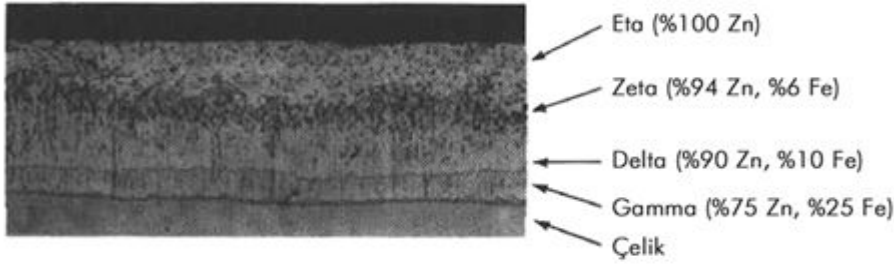
% 1.30' den az mangan ihtiva etmelidir.

Çelikteki silisyum miktarı demir-çinko arasındaki reaksiyonda en belirleyici rolü oynar. Bu nedenle silisyumun görsel olumsuz etkilerinden kaçınmak için malzeme yapısındaki silisyum oranlarının %0.04 ya da %0.15 – 0.25 olması önerilmektedir.

Diğer hallerde malzeme üzerinde farklı kaplama kalınlıklarından dolayı gri – yarı mat – parlak - kısmen parlak vb. görüntüler oluşur. Genellikle silisyum değişken varlığı sonucu oluşan yüzeydeki renk farklılıkları galvanizleme kalitesi açısından sorun gibi algılanmaktadır. Oysaki yüzeydeki gri tabaka daha kalın bir kaplama içerdiği için malzemenin korozyon direncini azaltmayıp aksine bu bölgelerde parlak bölgelere nazaran daha uzun ömür sağlar.

Yavaş soğuyan ağır parçalar üzerinde yüksek oranda fosfor ve silis ihtiva eden veya soğuk islenmiş çelik tiplerinde bu gri görüntüler sıkça görülür. Çeliğin kompozisyonundan dolayı oluşan bu etkiler doğal sonuçlardır. Yüzey görünümü önemli olduğunda ve kaynaklı parçalardan oluşan galvanizli bir yapı üretildiği zaman dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise kullanılan çeliklerin galvanizleme öncesinde aynı kalitelerde olması ve buna dikkat edilmesidir. Malzeme seçimi için gösterilecek özen kaliteli kaplamayı mümkün kılar, fakat farklı kalitelere çelik malzemelerin galvanizlenmesi renk farklılıkları doğurabilmektedir.

Sıcak daldırma galvaniz işleminde malzemeler yaklaşık 440 – 455 °C sıcaklığında eriyik çinko banyosunda tutulur. Kaplanan malzeme banyodan çıkarıldıktan sonra soğutma ve kontrol işlemlerine tabi tutulur.



Şekil 3.1 Tipik bir sıcak daldırma galvaniz kaplamanın mikroskop altındaki görüntüsü (250 kat büyütülmüştür).

3.2. Çinkonun Korozyonu Önlemedeki Rolü

Demir ve çelik çok kolay paslanır ve hidrate demir oksitten ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) oluşan pas koruyucu değildir. Metalin korozyonu sürer ve zamanla demir veya çelik tamamen yenir. Pası önlemenin bir yolu yüzeyi tamamen havanın veya nemin metale ulaşmasını önleyen bir yüzeyle kaplamaktır. Boya tabakası bunu bir dereceye kadar yapar, fakat neme tam olarak duyarız değildir ve zamanla yok olarak nemin girmesine izin verirler. Bu durum meydana geldiğinde alttaki metal paslanmaya başlar ve bozulma hızlıdır.

Sıcak daldırılmış bir çinko kaplama, demir veya çelik yüzeyini bir boya veya plastik tabakadan daha iyi korur. Demir ve çelik temizlenince erimiş çinkoya daldırılır, kaplama erimiş çinko ve demir arasında reaksiyonla oluşur ve temel metale alaşım yaparak tam kaplama sağlanır. Dolayısıyla bir galvaniz kaplama, fiziksel tahribata boya kaplamadan daha dayanıklıdır ve boyanın giremeyeceği yerler bile tamamen kaplanır. Çinko galvanizasyonu ile çelik galvanik olarak korozyondan korunur. Çeliğe göre daha elektronegatif olan çinko ile kaplamada, anot durumda olan çelik zarar görmez öyle ki çinko koruyucu tabakası üzerinde herhangi bir delik yada kazınma olsa dahi ana metali (çeliği) korozyona karşı bir süre daha koruyabilirler. Oysa boyama, kalay, nikel yada kromla kaplama ise mekanik koruma yöntemleridir ve ana metal ortam ilişkisini keserek metali korozyondan korurlar. Bu kaplamalarda en küçük bir delik ana metalde korozyona açılan bir kapı gibidir.

Bir sıcak daldırılmış çinko kaplama, bir boya kaplamadan daha kalıcı koruma sağlar. Çünkü çinko hava veya su ile temas ettiğinde reaksiyona girse de oluşan film sıkı ve koruyucudur. Çinkonun korozyonunu azaltır. Kırsal bölgeler ve diğer temiz atmosferlerde bir galvanize kaplama çok uzun yıllar metali korur ve en şiddetli endüstriyel ortamlarda bile demir ve çeliğin paslanmasını yıllarca önleyebilir. Sürenin uzunluğu kaplamanın kalınlığına bağlıdır.

3.3. Kaplamaların Metalurjik Karakteristikleri

3.3.1. Demir ve çelik tabakalar

Demir ve çelik ve malzemenin yapısında bulunan karbon, silisyum (=silikon) benzeri bazı elementlerin kimyasal kompozisyonu, ferröz (demir içeren) metallerin sıcak daldırma galvanizlemeye uygunluğunu belirler ve kaplamanın görünümü ile özelliklerini etkiler. %0,25' ten daha az karbon, %0,05' ten daha az fosfor, %1,35' ten daha az mangan ve %0,05' ten daha az silisyum içermeye özelliklerinden birine veya birkaçına sahip çelikler geleneksel galvanizleme teknikleri için genellikle uygundur.

Dökme demir malzemelerde demir-çinko alaşım tabakasının kırılma dayanıklılığını engellemek için, alttaki demirin fosfor ve silisyum içeriği düşük olmalıdır. Tercih edilen bileşim, yaklaşık %0,01 fosfor ve %0,12 silisyum içermesidir.

3.3.2. Çinkonun kalitesi

ASTM B6' ya uygun herhangi bir saflıktaki çinko galvanizlemede kullanılabilir; Prime Western firmasının çinkosu izin verilen en yüksek değerde kirletici içerir (örneğin, %1,65 kurşun, demir ve kadmiyum karışımı). Sıcak daldırma galvanizde yüksek kirlilik, yüksek saflık ve özel yüksek saflıkta çinko, çelik malzeme yüzeyinin yeteri derecede çözünmesine neden olur, tankın iç yüzeyi ile banyodaki demir içeriği birbirine denk hale gelir ve hemen hemen Prime Western' e eşit olur. Elde edilen bu kaplama Prime Western çinko kaplaması ile aynı metalurjik özelliklere sahiptir. Bu nedenle yüksek saflıkta çinkonun imalatta kullanılması metalurjik açıdan biraz daha

avantajlıdır.

3.3.3. Banyo alaşım elementleri

Çinko banyoları genellikle kadmiyum ve demir ile kirlenmiş halde olup, bunlar alaşım elementleri olmaları için özellikle eklenmemiştir. %0,02 gibi düşük değerlerde bir alüminyum konsantrasyonu akıcılığı ve galvanize kaplamanın parlaklığını arttıracaktır. Pullanmayı engellemek, akıcılığı arttırmak ve banyodaki cürufu azaltmak için az miktarda kurşun ilave edilebilir.

Çinko banyosunda bir ön flaş kaplama yapılacaksa veya banyo flaş için kullanılıyorsa alüminyum konsantrasyonu %0,01' den daha düşük olacak şekilde idame ettirilir. Flaşa yüksek miktarda klor içeriği, alüminyumla reaksiyon sonucunda cüruf ve oksitli bir yüzey filmi ve banyo yüzeyinde klorüre yol açar.

3.3.4. Kaplama kalınlığı

Esas metalin kimyasal ve yüzey özelliklerine bağlı olarak, sıcak daldırma işlemi ile elde edilen kaplamaların kalınlığı esas olarak şunlara bağlıdır:

- a) Daldırma süresine (alaşım tabakasının kalınlığına etki eder),
- b) Banyodan çıkarma hızına (alaşıma katılmayan çinkonun yapışmasına etki eder),
- c) Banyonun sıcaklığına (hem alaşım, hem de serbest çinko tabakalarına etki eder).

Kaplamanın ağırlığı ayrıca daldırma işleminden sonra silme, çalkalama veya santrifüj ile sökülen çinko miktarına da bağlıdır.

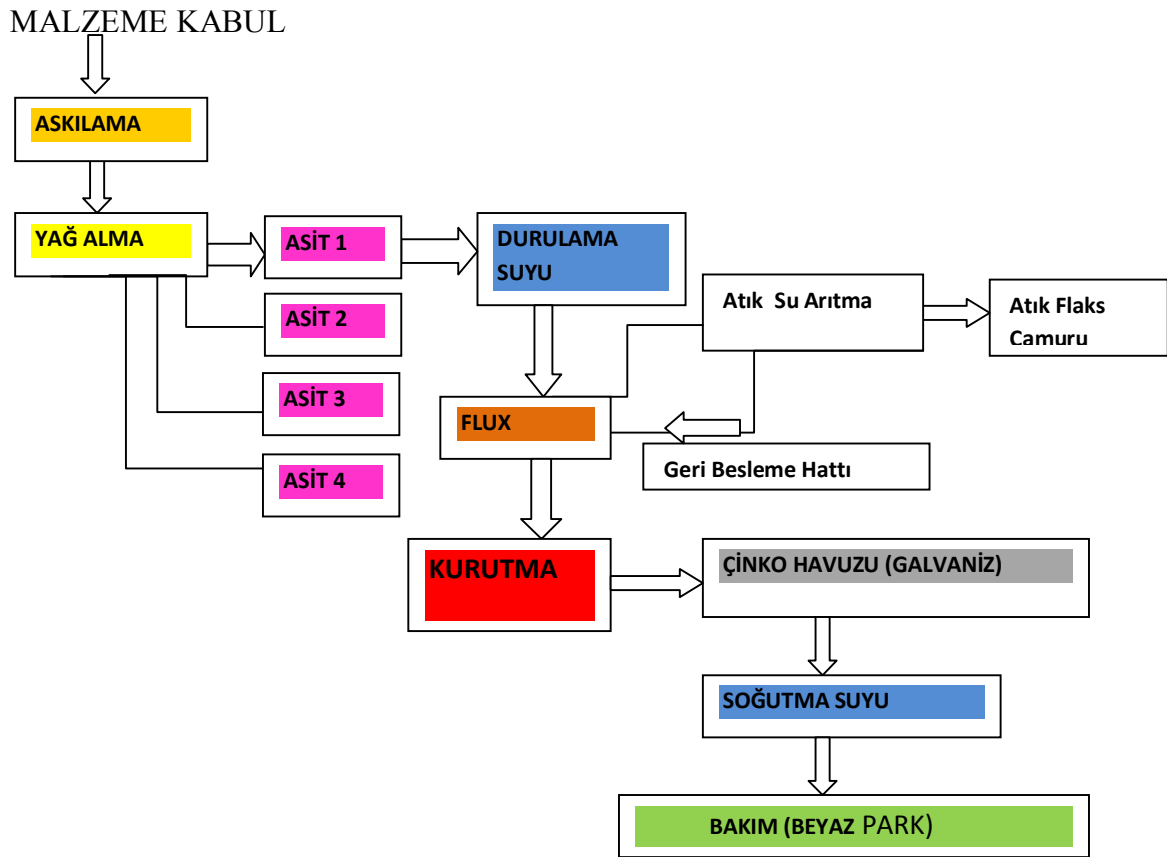
Çinko kaplama ile sağlanan korozyona karşı koruma, esas olarak kaplamanın kalınlığı ile belirlenir. Yapılan ayrıntılı araştırmalar gibi tüm diğer etmenlerin Yüzeydeki çinko kaplama gr/m^2 (veya oz/ft^2) olarak ölçülür. Bununla birlikte levhaya kaplanan galvaniz kaplamanın ağırlığı da gr/m^2 (veya oz/ft^2) olarak değerlendirilir. Levhanın her iki yüzü de kaplanırsa, yüzeyin her iki tarafında metrekare (veya fitkare) başına kaplamanın ağırlığı, yaklaşık olarak gr/m^2 (veya oz/ft^2) başına ortalama kaplama

kalınlığının yarısına eşittir. Bazen çelik üzerine yapılan çinko kaplamalar, kalınlık olarak mikrometre veya kaplama ağırlığı olarak çelik esas metalin yüzdesi cinsinden ifade edilir. A123 ve A153 ASTM şartnameleri kalınlık ve kaplanan malzemenin tipine göre gerekli kaplama ağırlıklarını tanımlar.

3.4. Galvanizleme İşlemi

Galvanizleme işlemi şu üç kademededen oluşur.

1. Galvanize hazırlama işlemi
2. Galvaniz
3. Galvaniz sonrası işlemler.



Şekil 3.2. Tipik Galvaniz Proses Akış Şeması

3.4.1. Galvanize hazırlık işlemleri

İyi galvanizleme, malzemenin iyi hazırlanması ile başlar. Galvanizlemenin hazırlık devresinde, ileri devrelerde olduğu gibi iyi bir planlama ve kontrol gereklidir. Bu safha yağ giderme, boya giderme, çelik bilye ve kum püskürtme, ovalama ve asitle temizlemeden ibarettir. Bunların bir kısmı veya tamamı parçaların durumuna göre uygulanır.

Yetersiz veya uygun olmayan yüzey hazırlanması hasarlı uygulamanın ve galvaniz kaplamada çıplak bölgeler oluşmasına sebebiyetin en çok görüldüğü hatadır. Sıcak daldırma galvaniz uygulamasında galvanizlenecek malzeme öncelikle yağdan ve boyadan arındırılır ve sonra sülfürik veya hidroklorik asitte dinlendirilir. Tüm demir tuzlan veya partikülleri yüzeyi terk edip galvaniz banyosuna sadece saf malzeme sokulacak hale geldiğinde son işlem su arındırmasıdır. Bundan sonra kaplama işlemi yapılabilir.

3.4.1.1. Yağ alma

Haddeleme, derin çekme veya sıvama gibi plastik şekil verme yöntemlerinde sürtünmeyi azaltmak amacıyla malzeme yüzeyi yağlanır. Yüksek basınç nedeniyle yağ yüzeyden çok derinlere kadar nüfuz eder. Yağ giderme işlemi yapılmadan dekapaja gidilirse, dekapaj sırasında malzeme yüzeyi üzerindeki yağlar asidin malzemeye etkisine engel olur. Malzemeyi uzunca bir süre taze asit banyosunda bekleterek yüzeydeki yağların tümünün giderilmesi düşünülürse, yağsız kısımlar aşın dağlanmış olurlar. Yüzeyler pürüzlü bir görünüm alır. Normal sürede ise yağlardan dolayı dekapaj amacına ulaşamaz.

Sıcak Alkali Çözeltiler: Sıcak alkali çözeltileri ile derin çekme ve haddeleme yağlarından doğan çoğu yağlı yüzeyleri temizlemek ve bir kısım yüzeydeki boyayı almak mümkündür. Böyle çözeltilerin kullanılması kolaydır.

Alkali yağ giderici çözeltiler genellikle 85°C de kullanılır ve batırma zamanlan kirlenmenin türü ve derecesine bağlı olarak 1 ila 20 dk. arasında değişir. Normalde 5

dakikadan daha az süreye gerek duyulur ve bu süre karıştırma ile daha da azaltılabilir.

Hafif yağlar 60 °C deki %0.5-1 lik deterjan çözeltilerine batırılarak temizlenir. Ağır yağlar, boyalar, cilalar, vernikler yüksek konsantrasyonlu lastik soda (sodyum hidroksit) çözeltilerinde temizlenebilir. 4.5 ila 6 kg. Kostiksoda 45 lt. Soğuk su bileşimi kuvvetli bir temizleme çözeltilisidir. Çözelti çok yanıcı olduğundan dikkatli kullanılmalıdır. Mümkünse parça, sıvının bütün bölümlerde rahatça dolaşabilmesi için yağ giderme banyosunda asılmalıdır fakat dibe çöken pislikler çözelti değiştirilene kadar orada bırakılmalıdır. Yağ gidermeden hemen sonra parça sıcak suyla mümkünse ardından soğuk suyla yıkanır. Parça yıkanmazsa üzerinde kalan alkali dağlama çözeltisi ile reaksiyona girer ve asidin gereksiz yere harcanmasına sebep olur.

Soğuk Alkali Çözeltiler: Soğuk olarak kullanılacak ve ince yağ tabakalarını temizleyecek birkaç hazır çözelti vardır. Bu eriyikler genellikle fosfat bazlıdır. Böyle işlemler basit donanımla, düşük yüzey kirlenmesinin olduğu durumlarda kullanılır. Sıcak alkali temizlemede olduğu gibi, ardından su ile yıkamak gerekir.

Isıtma ile Temizleme (Yağ Yakma): Parçalar havada kızıl derecede ısıtılarak üzerindeki yağlı kir yakılır. Sıcaklık kontrolü önemlidir. Aşın ısıtma (700 °C üzeri) çelikte yumuşama şeklinde bozulmaya neden olur.

Ultrasonik Temizleme: Organik çözücülerle giderilemeyen yağlar bu yöntemle etkin bir şekilde temizlenebilir. Fırçalama gibi yöntemlerle temizlenemeyen kir zerreleri bir çözücü sıvı içinde mekanik titreşimler uygulanıp kolaylıkla çözünebilir.

Buharla Yağ Giderme: Klorlu hidrokarbon buharları ile yağ giderme çok etkilidir. Fakat özel tesisler gerektirir ve genellikle galvanizleme için çok pahalıdır.

3.4.1.2. Boya temizleme

Üç çeşit boya temizleme yapılabilmektedir.

a) Sıcak alkali çözeltiler: Daha önceden belirtildiği gibi yağ gidermede kullanılan sıcak kostik eriyiklerinin çift rolü olabilir. Çeşitli boya kirlenmelerini gidermede etkili bir yöntemdir.

b) Yakma: Büyük boyalı parçalarda etkin bir yöntem, galvaniz banyosuna batırarak boyayı yakmak, yapışan çinkoyu asit banyosunda ayırmak ve ardından dağlama yapmaktır. Özel bir tesise gerek yoktur. Bu yöntem sadece özel durumlarda kullanılır. çünkü hem galvaniz banyosunda zaman kaybedilir hem de çinko ile asit israf olur.

c) Kumlama: Boyalı çok sayıda büyük parça galvanizlenecekse bütün boya veya verniğin temizlendiğinden emin olmanın tek yolu önceden kumlamanın yapılmasıdır. Zor durumlarda böyle işlemler yapılan ek masrafa değebilir.

Erimiş çinko, karbon parçacıkları ile kirlenir. Bu nedenle yanma tercihen üretime bir ara verilmeden önce yapılır. Böylece karbon parçacıklarının yüzeye yükselmesi için yeterli zaman olur. Bu yöntem çoğunlukla galvanizlemeden önce çok miktarda kati yağı temizlemenin tek yoludur.

3.4.1.3. Kumlama

Parçanın aşındırıcı demir yada çelik kumu ile işlenmesi tavlama tufalı, kaynak artığı, kum ve diğer yüzey kirlerini giderir. Daha önce belirtildiği gibi boyayı gidermek için kullanılmasından ayrı olarak kumlama kaynak artığını gidermede etkin olarak kullanılır. Fakat kaynak bölgeleri galvanizlemeden sonra gözden geçirilmelidir.

Parçanın nozuldan çıkan bir kum akıntısı altında tutulduğu ve işçilerin koruyucu giysiler giyerek çalıştığı büyük odalardan meydana gelen özel donanımlar vardır. Fazla özen gerektirmeyen küçük parçalar otomatik olarak işlenebilir. Parçalar bir konteyne yüklenir ve karıştırılır. Aynı anda dönen bir tekerleğin kanatlarından parçalara kum jeti yöneltilir.

Bazı parçalarda kumlamadan sonra doğrudan galvanizlemeye gidilebilir. Parça bekletilmeden bir flaks tabakasından geçirilerek banyoya daldırılmalıdır. Bu durumda

dağlama maliyeti kaçınılan bir ara operasyondur. Ancak parçanın kumlama esnasında fazla kum tozu tutacak dizaynda olmaması gerekir. Aksi takdirde galvanizleme banyosunda dross teşekkülü fazla olur. Dövülebilir demir ve diğer dökümler için kumlamanın arkasından kısa bir dağlama ve normal flakslama yöntemlerinin uygulanmasının iyi olacağı bilinmektedir.

3.4.1.4.Asitle temizleme

Birçok malzeme için galvanizlemenin ilk ve en önemli işi asitle temizlemedir. Yapışmış olan hadde pullan, tavlama oksitleri, pas ve kir zerrelere asit banyosunda malzeme yüzeyinden giderilir.

Yağ temizleme işlemi ile parça yüzeyindeki yağlar ve pislikler giderilir. Fakat oksit tabakası durmaktadır. Dekapajın amacı malzeme yüzeyindeki pası temizleyerek kimyasal bakımdan temiz bir yüzey elde etmektir. Bu amaçla çeşitli asitlerle dağlama yapılır. Normal olarak ısıtılmamış HCL asit kullanılır. Levha ve boru gibi yan mamul ürünlerin ve bazen de normal fabrikasyon malzemelerin temizlenmesinde H_2SO_4 kullanılır. Sülfürik asit, hidroklorik asitten daha ucuz olmasına karşın mutlaka ısıtılmalıdır. Aynı zamanda işçi için daha tehlikelidir. Temizleme tanklarının kuruluşunda yüksek sıcaklık ve emniyet faktörü gerektirir. Ancak yine de sülfürik asit ile temizlemenin iki avantajı vardır;

1. Soğuk hidroklorik asit banyosundan daha kısa zamanda malzemeyi temizler. Dolayısıyla zamandan ve banyo sayısından istifade edilir.
2. Sülfürik asit tekrar kazanılabilir. Bu sayede hem bu işlem ucuzlar hem de artık asit problemi ortadan kalkar.

Kontinü galvanizlemede sonraki malzemeler için banyo kirli bir hal alır. Asidin etkisi gittikçe azalır. Bu nedenle banyodaki demir konsantrasyonunun saptanarak buna göre daldırma süresinin uzatılması düşünülebilir.

Çelik parçaların banyo öncesi nemli havada oksitlenmeye bırakılması dekapaj etkisini artırır. Dekapaj sonucu çelik yüzeyinin asit tarafından aşın dağlanması sonucu, çelik yüzeyi kaba ve koyu bir renk alır. Bu durum malzemede hidrojen gevrekliğine yol açar. Malzeme kendinden beklenen mekanik özellikleri bu yüzden veremez. Normal çekme mukavemetinin altındaki bir yükte bile malzeme çatlak verir.

HCl Asit Uygulaması: HCl kullanıldığında, asit zayıf olduğundan temizleme zamanı daha uzun olmasına rağmen yinede konsantrasyon çok önemli değildir. Daha ziyade temizleme hızı sıcaklıkla kontrol edilir. Genellikle temizleme asidi ağırlıkça %14'lük HCl asitidir. Buda normal ticari derecede asitin (%27.5) eşit hacimde su ile karıştırılması ile elde edilir. Temizleme çalışması esnasında demir tozları yavaş yavaş banyoda birikir ve öyle bir an gelir ki artık banyo tatmin edici bir şekilde çalışmaz. Banyoya taze asit ilave etmek gerekir. Asitteki demir miktarı 80-100 gr/lit olduğu an israf devresine gelmiş olur. Banyoda yinede bir miktar asit serbest kalır, bu solüsyon bir müddet daha kullanılabilir. Sıcaklık yükselmedikçe temizlik gittikçe azalır. Bu noktaya erişildiğinde banyo temizleme yerine soyma işlemi için çalıştırılmış olur.

Pulla asit arasındaki kimyasal reaksiyon, banyo sıcaklığını sağlamak için yeterli ısıyı üretir. 18-21°C arasında çalışmak iyi sonuç verir. Fakat soğuk havalarda dağlayıcı sık sık soğuyarak 15°C altına düşer ve ısıtılmazsa en iyi çalışma sıcaklığına ulaşması zaman alır. Çok yavaş dağlamanın sebep olduğu gecikmeler istenmiyorsa başlangıçta dağlayıcı banyosu ısıtılmalıdır. En basit yöntem doğrudan buhar enjeksiyonudur ve bu işlem aralıklı olarak yapıldığından dağlayıcının (temizleme asitinin) yoğunlaşan su ile sulandırılması bir problem yaratmaz.

Diğer bir metot elektrikli daldırma ısıtıcıları kullanılarak banyoyu ısıtmaktır. Burada korozif şartlardan ötürü daldırıcı, seramik kaplı levhalardan oluşan koruma ile banyoda korunur. Bu levhalar çok çabuk kırıldıklarından ayrıca dış tarafları tuğla ile örülür.

Temizleme çözeltisini en iyi şekilde kullanmak için bileşimini iyi şekilde kontrol etmek gerekir. Asitin kuvvetini ve demir tuzlarının bileşimini kontrol etmek çok

kolaydır. Asitlerin tam kimyasal kontrolü aşağıda izah edildiği şekilde yapılarak kanallara atılan artıklardan kurtulmuş olunur. Serbest asit miktarının tespiti aşağıda belirtildiği gibidir.

Temizleme sırasında banyodan bir miktar numune alınıp 25 ml.lik ölçme silindire konur. Tam 25 ml. işaretine kadar doldurulur. Bu çözelti 250 ml. başka silindire boşaltılarak kalan kısmı saf su ile doldurulur ve iyice karıştırılır. Bu çözülden 25 ml.ölçme silindiriyle alınıp devamlı karıştırılır. Sonra içine birkaç damla metil oranı belirteci ile büretlen N/2 sodyum karbonat ilave edilir. Belirticinin kırmızıdan sarıya dönüşmesi için ne kadar N/2 NaCL kullanıldıysa (Bu miktara x diyelim).

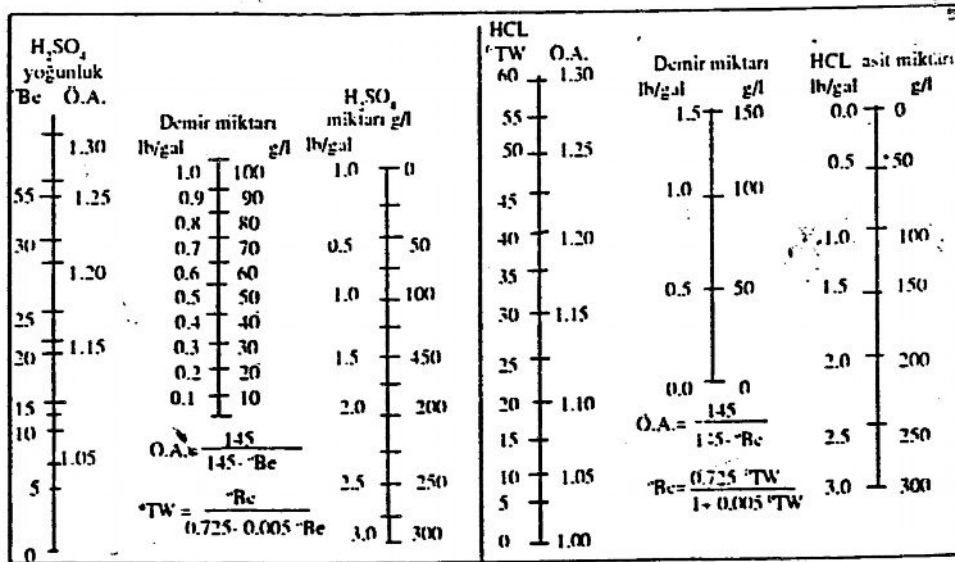
X.7.3 gr HCl / lt

X.2.3 28 °Be asit / 100 Imp vardır deriz.

Sülfürik Asit Uygulaması: Bu banyo ısıtılma olanağı olmayan tesisler için kullanışlı değildir. 60 - 70 °C sıcaklıkta istenen etkiyi sağlayabilmektedir. Kullanılan sülfürik asit 66 Be olmalıdır. Asit, banyo soğukken dikkatle ilave edilmelidir. Asite su ilavesi çok tehlikelidir. Banyonun asit konsantrasyonu taze asit ilavesiyle sabit tutulur. Banyoda çözünen demir miktarı 50 gr/lt olursa asit ilavesine son verilir. Çünkü banyo artık iyice kirlenmiştir. Asit ilave etmenin temizlenmeye etkisi yoktur. Banyoya bir süre daha devam edildikten sonra banyo yeniden hazırlanır. Ancak dekapaj çok yavaşladığı için üretim hızı düşer. Parça banyoda uzun süre tutulmaya başlandığında çeliğin hidrojenin etkisiyle gevrekleşmesini önlemek için banyoya biraz tuz (NaCL) ilave edilir. Dikkat edilmesi gereken diğer bir hususta demir miktarının yüksek bulunduğu bir sırada çözelti sıcaklığı düşerse, demir sülfat kristalize olur, malzeme yüzeyine çöker. Asidin etkisinden bu bölge yararlanamaz. Metal yüzeyinde homojensizlik meydana gelir ve korozyon ortamında bu bölge anodik davranır. Ana metal ise katodik reaksiyona yönelir. Oluşan oksidasyon pili sonucu metal hasara uğrar.

Sülfürik asit çözeltilerinde asit ve demir miktarı HCL asit çözeltisinde uygulanan yöntemle tespit edilir.

Hidroklorik Asit ve Karışık Asit Kullanma: Üzerinde yanmış kum bulunan dökümlerin kum ile püskürtme yerine HF asitle temizleme uygulanabilir. Yakıcı bir asit olduğundan lastik bot, önlük ve eldiven ile sıkı gözlükler kullanılması gerekir. Genellikle %35 HF asit şeklinde olup su ile seyreltilir. Zayıf asitte 1 hacim asite karşılık 52 hacim su, kuvvetli solüsyonda ise 1/9 su kullanılır. Bazen de (6:4:40) oranında HCL, HF ve su karışımı kullanılır. Dökümler seyrek olarak işleme sokulduğunda aynı zamanda normal çeliğide temizleyebilen karışık solüsyon kullanılabilir. Mesela 1 kısım HCL'e 1 kısım su ilavesi ile seyreltilmiş HCL'nin 4 kısmına karşılık 1 kısım HF ilavesi şeklinde olabilir.



Şekil 3.3. H₂SO₄ ve HCL de demir miktarının çözeltinin yoğunluğuna bağlı olarak tespit edildiği şema

3.4.1.5. Yıkama

Asitle temizlemeden sonra mutlaka yıkama yapılır. Yıkama akan suda yapılmalıdır. Aksi halde demir tuzlan tankta hızlı birikirler. İki yıkama tankı tercih edilir. Su ikinciden birinciye akmalıdır. Temiz su ikinci tanka verilirken iş ilk önce kirli su içeren tanka batırılır. Bu çift yıkamada tek yıkamada olduğu kadar su kullanılır ve çok daha etkindir. Su hattının hemen altındaki bir borudan tanka giren su tankın üzerinden akmaya çalışır ve temiz su işi hem girerken hem de çıkarken yıkar.

3.4.1.6. İnhibitör (koruyucu) kullanma

Asitle temizlemenin gayesi esas malzemeyi aşındırmadan üstteki pullu artık vs. yi temizlemedir. Fazla asit malzemesi yüzeyi kabalaştırıcı ve başarısız galvanize yol açar. Bu yüzden asitte mutlaka koruyucu (hamakta san boya tabiri) kullanılmalıdır. Asite az miktarda ilave edilen koruyucu pul, pas vs. giderilmesi hızını etkilemeden temiz döküm parçalarına asitin etkisini azaltır. Bu sayede düzgün yüzey ve düzgün galvaniz kaplama elde edilir. Hem de çinko israfı önlenmiş olur. Ayrıca demirin asit içinde birikme hızı azalır ve asit daha uzun süre kullanılır. Hem HCL hem de H₂SO₄ için çok sayıda uygun koruyucu mevcuttur. Özellikle atmosferdeki rutubet fazla olduğu zaman HCL banyosundan bir miktar gaz çıkar. Asit konsantrasyonunu düzgün seviyede tutmakla ve fazla asit kullanmakla bu olay minimuma iner. Eğer temizlenen malzeme biraz reaksiyona giriyorsa asite koruyucu eklendiğinde yüzeyde bir köpük teşekkül eder ki çıkan gazı bastırmada çok etkilidir.

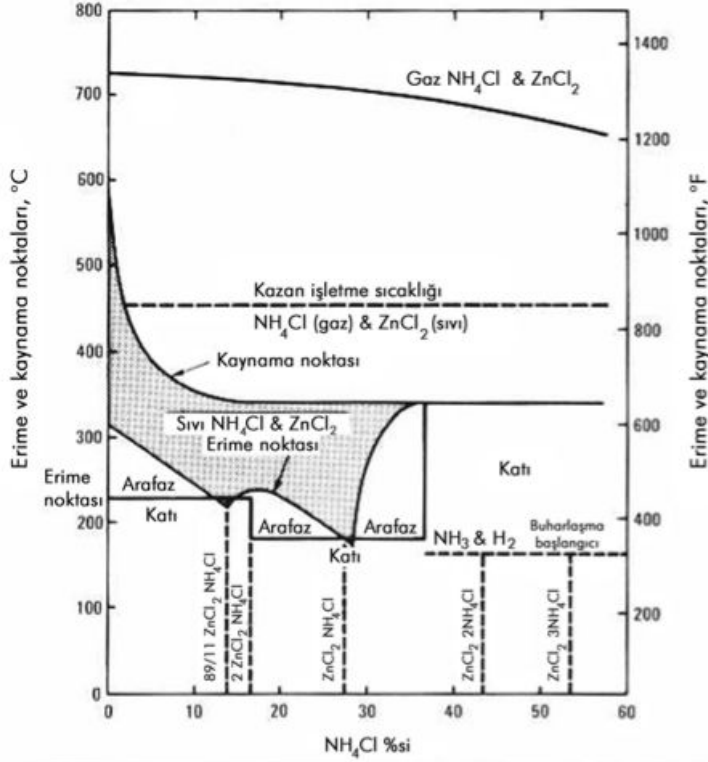
3.4.1.7. Flakslama

Çinko ve çeliğin reaksiyona girebilmeleri ve bir alaşım tabakası oluşturabilmeleri için flakslamaya ihtiyaç vardır. Flaks daldırma sırasında çinkonun parça yüzeyini ıslatmasını sağlar. Islanma olmayan noktalara (özellikle önceki kademelerde yağ iyi giderilmemiş yerler) çinko yapışmaz. Çinko kaplama bu yüzden kolay soyulur.

Flakslamanın diğer bir yaran da banyoya galvanizlenecek parça daldırmadan önce bir süre banyo üzerinde tutularak kurutulur. Amaç sıcak çinko sıçramalarına engel olmaktır. İşte bu bekletme sırasında temizlenmiş korozif ortamın etkilerine tamamen açılmış çelik yüzeyinde hemen bir oksit filmi oluşur. Önceki kademeler bu durumda boşuna uygulanmış olur. Yeniden yüzey temizliğine dönülmek zorunda kalınır. Dekapaj ve galvanizasyon kademeleri arasına sokulan flakslama kademesiyle asitle temizlenmiş yüzeyde ince ve koruyucu bir tuz tabakası oluşur. Böylece oksitlenmeye engel olunur.

Kuru ve yaş galvanizleme diye ikiye ayrılır. Modern kuru galvanizleme ile az lapa ve daha temiz atmosferde çalışma imkanı vardır. Yaş galvanizlemede ise küçük bir

işletme kafi olup, hazırlamadaki hatalar, flaksında kuvvetli temizlemesinden dolayı giderilmektedir.



Şekil 3.4. Çinko klorür ve amonyum klorür faz diyagramları

Kuru Galvanizleme: Kuru galvanizlemeyi iki kısımda mütalaa edebiliriz. Eski kuru galvanizleme: Malzeme HCL temizlenmesinden sonra ve kurutulduktan sonra doğrudan çinko banyosuna daldırılır. Bu şekilde çok lapa teşekkül eder. Yeni kuru galvanizleme: Bütün demir tuzlan ve asit su ile yıkayıp temizlendikten sonra malzeme sıvı çinko amonyum klorid içinde önceden flaks kaplaması yapılır. Kurutulur ve çinko banyosuna daldırılır. Bunda lapa nispeten azdır.

Flaks çözeltisinin gerçek konsantrasyonu ve sıcaklığı, yapılan işe ve durumuna bağlıdır. Esas flaks konsantrasyonu için 240-280 gr/lit çinko amonyum klorür ve bir miktar ıslatıcı malzeme gereklidir. Çözelti 3 şekilde hazırlanabilir.

1. Uygun flakslardan $ZnCl_2, 3NH_4Cl$
2. $ZnCl_2, 3NH_4Cl$ formülüne çinko amonyum klorür ve asit çözeltisinde kalıcı bir

ıslatıcı malzemedendir.

3. Amonyum klorür, çinko klorür sıvısı ve yukarıdaki gibi ıslatıcı bir malzeme

Ön flaks çözeltisinin sıcaklığı, oda sıcaklığı ile 80°C arasında olabilir. Sıcak olursa kurutmaya yardım eder. Ön flaks ile kaplanan ve kurutulan malzeme gecikmeden galvanizlenmelidir, zira flaks kaplama havadan nem kapar, hatta oksitlenmeye de meyillidir.

Dışarıya çekilen parçalar üzerinde kalan çözelti yerine su eklenirken flaks kimyasal maddeleri de katılarak çözelti yaklaşık olarak kontrol edilir. Yeni yapılan çözeltinin özgül ağırlığını ölçüde buna göre flaks maddelerini ilave etmek gerekir. Her litre su için 120 gr. flaks konsantrasyonu, özgül ağırlığı, 1.1 gr/cm² ve 20 olan bir çözelti verir. Yıkamanın tam olmadığı ve temizlemenin devam ettiği anlarda serbest asit miktarını ölçmek istenirse N/2 Na₂CO₃ ile litre edilir. Esas titrasyon ön flaks çözeltisinin 100 ml.lik kısmına yapılır, zira çözeltideki asit miktarı düşüktür.

Titrasyon sonucunu (ml cinsinden) 0.1825 ile çarparak gr/lt cinsinden serbest HCL miktarı bulunur. Şayet neticede 2 gr/lt fazla serbest asit mevcutsa amonyak veya çinko külü ilavesiyle nötrleştirmek gerekir. Özellikle yıkamanın tam olmadığı zamanlarda ön flaks çözeltisi içinde demir tuzlar yavaş yavaş birikir. Az miktarda demir lapa oluşumunu çok az etkilediğinden bir dezavantaj yaratmaz, fakat demir miktarı artarsa bir çamur çökebilir. Hem eski hem de yeni kuru galvanizleme de malzeme eriyik çinko içine daldırılmadan iyice kurutulmalıdır. Kurutma için ya sıcak plakalar veya fırınlar kullanılır. Sıcaklık ortalama 120°C dir. Genellikle flaks ayrışmasına karşı 150°C yi geçmemelidir.

Yaş Galvanizleme: Burada malzeme erimiş çinko üzerinde yüzen flaks tabakasının içinden geçirilerek banyoya daldırılır. Flaks tabakası banyonun tüm yüzünü kaplayabileceği gibi bir setle bir kenarda tutulabilir. Parça temiz çinko üzerinden çıkarılabilir. Galvanize edilen parçalar flaks tabakasından da çıkarılabilir. Bu durumda yapışan flaks parçalan, daha sonra su verme esnasında temizlenir.

Flaks tabakasının görevleri şunlardır:

1. Çinko ile parçanın reaksiyona girebilmesi için parça ve eriyik çinko yüzeyini temizlemek,
2. Yaş malzeme daldırıldığında sıçrama tehlikesini azaltmak,
3. Çekme esnasında parçayı silmek, böylece daha ince kaplama meydana getirmek,
4. Çinko oksidasyonunu önlemek ve kül teşekkülüne mani olmak,
5. Büyük malzemeleri daldırırken veya çift daldırma esnasında yanmayı ve aşın ısınmayı önlemek,
6. Özellikle ince levhalarda parçanın fazla ısınması ile şekil bozukluğunu önlemek için kalın bir flaks tabakasına ihtiyaç vardır.

Bu görevlerini yerine getirebilmek için flaks örtüsü banyo üzerinde serbest yüzebilmeli ve malzeme daldırılırken, çıkarılırken malzemeyle temasta olmalıdır.

Flaks tabakası aktivitesi başlangıçta amonyum klorür miktarına bağlıdır. Zamanla kimyasal değişimler sonucu genellikle yüksek ergime noktasına sahip çinko bileşiklerinin oluşumu ile tabak artan miktarda koyulaşır. Akışkanlığı bir süre amonyum klorür katılarak korunabilir. Bu iş gerektiği zaman az miktarda katılarak yapılır, böylece flaks daha uzun süre dayanır.

Flaks tabakasını derinleştirmek için flaks'a köpürtücüler katılır. Bu işlemi yapmanın avantajları:

- Parçanın flaks tabakasından geçişi daha uzun sürdüğünden artan kurutma
- Köpüklü flaks tabakasının bölümleri daha soğuk kaldığından flaksın bozulması yavaşlar,
- Daldırma sırasında parça ile flaks arasındaki dross oluşumu azalır. Çünkü bu reaksiyon özellikle sıcaklığa bağlıdır.
- Köpürtücülere örnek olarak gliserin (%1-2 katkı ile), talaş, donyağı, ve kepek verilebilir.
- Çinko klorür, amonyum klorür türü flakslar %0.007 Al ile beraber kullanılmasına rağmen fazla Al olunca da etkisi azalır. Zira hemen alüminyum klorür teşekkül eder. Onun için Al'lu çinko banyosu kullanılıyorsa flaks'a kriyolit ilave edilir.

Flaks Malzemeleri: Amonyum klorür (nişadır) galvanizlemenin başlangıcından beri en yaygın flaks olarak kullanılmıştır. Başlıca sebebi diğer flakslara göre başlangıçta ucuz olması, hızlı flakslama hareketi, kullanım ve depolamanın kolay olmasıdır. Erimiş çinko ile reaksiyona girerek amonyum klorür ve çinko klorür içeren dengeli bir erime oluşturduğundan bir flaks olarak çalışır. Amonyum klorür flaks tabakalarını yapmak, hazırlığın yeterince etkili olamadığı yerlere sürmek çeşitli tel ve dikenli çelikleri kuru galvanizleme banyolarından çekerken oksidi çözmek için kullanılır.

Amonyum klorür kullanımdaki en önemli zorluk reaksiyona girmeden yoğun dumanlar oluşmasına sebep olan uçuculuğudur. İyi havalandırma yoksa bu dumanlar sorun yaratabilirler. Amonyum klorür küçük taneler halinde kullanılırsa daha az duman oluşur ve havalandırmanın iyi olmadığı yerlerde bir avantaj olur.

En çok kullanılan kompozisyon $ZnCl_2 \cdot 3NH_4Cl$ dir. Bu kompozisyondan başka olarak bunların sodyum ve potasyum klorür gibi düşük erime noktalı tuzlarla karışımları da kullanılabilir. Bunlar çinko üzerinde örtü halinde iken çok az duman çıkarmaları bakımından avantajlıdır ancak temizleme özellikleri sınırlıdır. Hem kuru hem de yaş galvanizleme için uygun bir flaks %65 çinko klorür + %35KCFden oluşur.

3.4.2. Galvanizleme

Galvanizasyon temizlenmiş, yağı giderilmiş çeliğin ergimiş haldeki Zn banyosuna daldırılarak yüzeyin çinko tabakası ile kaplandığı kademedir.

Çinko $419.4^{\circ}C$ 'de normal koşullarda erir. Çinko banyosu sıcaklığı ise $450^{\circ}C$ civarındadır. $440 - 475^{\circ}C$ sıcaklıkları arasında galvanizleme işlemi uygulanır. Daha yüksek sıcaklıklar hem çinko banyosu tankına zarar verir hem de kötü galvanizlemeye neden olur. Banyoda artan sıcaklıkla oksidasyon hızlanacağı için çinko kaybı artar, banyo yüzeyi sürekli kirlenir.

Galvanizlenecek çelik malzeme sıcak çinko banyosuna normal bir süre daldırıldığında görülen fazlar şunlardır:

1. İnce çinko tabakası
2. Çok ince ve gevrek olmayan demir-çelik alaşım tabakası
3. Çelik fazı

Çinko banyosuna ilave edilen katkı maddeleri ara fazların oluşmasına neden olabilmektedir. Fazların içeriği demir ve çinkodur. Kaplamaya yaklaşıldıkça demir içeriği azalmakta ve maksimum %0.05'e düşmektedir.

Fazın ismi	Demir İçeriği (%)
Gama Fazı	24 – 28
Delta-Gama Fazı	20 - 24
Delta Fazı	7-20
Zeta Fazı	1-6
Eta Fazı (Zn örtüsü)	max 0.05

Alaşım tabakası ve fazların kalınlık ve demir içeriği, çelik cinsine göre değişmektedir. Çeliğin banyoya daldırma süresi fazla olursa alaşım ve çinko tabakası kalın olmaktadır. Kalın kaplama kolay soyulabilmekte ve pahalıya mal olmaktadır.

Reaksiyonun başında zeta fazı yüksek büyüme hızı gösterir. Bir süre sonra delta fazı çok hızlı büyümeye başlar. Gama fazı en düşük büyüme karakteristiği gösterir. Delta fazın gevrek olması soğuk şekillendirme sırasında alaşım tabakasının çatlamasına neden olur, kaplamanın düktilitesini azaltır ve sorun çıkarır.

Parça üzerinde teşekkül eden kaplamanın ağırlığı şu faktörlere bağlıdır.

1. Çinko kalitesi
2. Banyo sıcaklığı
3. Daldırma süresi
4. Çekme hızı

480 °C (900 °F) ve üzerinde, çinko içerisindeki demir ve çeliğin çözülme hızı çok fazla artar ve bu sıcaklıkların işlem gören parça ve galvaniz tankı üzerinde genellikle zararlı etkileri olur. Normal sıcaklık aralığında çalışılırken, sıcaklıkta meydana

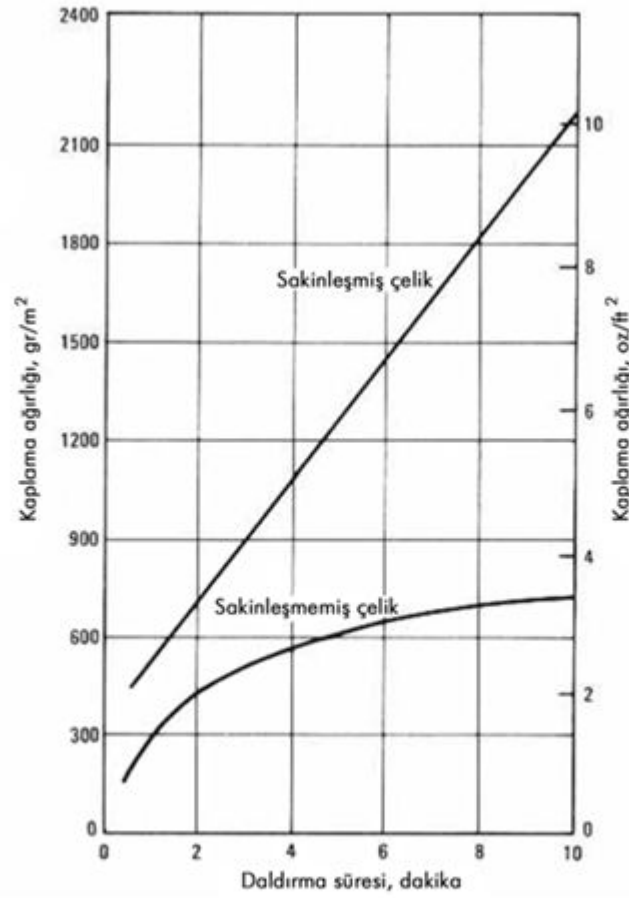
gelecek artışın etkileri şöyle olur:

- a) Erimiş çinkonun akışkanlığı artar,
- b) Banyo yüzeyinde oksit oluşumu hızlanır,
- c) İşlem gören parçanın sıcaklığı artar, bu nedenle parça banyodan çıkarıldığında çinkonun katılaşması için gereken süre uzar,
- d) Daldırma süresi kısılır, böylece kazandan faydalanma faktörü yükselir.

Bunların her birinin farklı etkileri olup, galvaniz işleminin kontrolü için kullanılabilir. Banyonun akışkanlığındaki artış daha iyi süzülme sağlar ve banyo sıcaklığının normal çalışma sıcaklığının aşılmasının sağlanması tercih edilir. Banyo sıcaklığındaki artış, parçanın yüzey şekline bağlı olarak, yüzeyin ortalarına doğru gidildikçe sıcaklığın keskin biçimde artmasına neden olur. Banyo alüminyum içermiyorsa veya banyo yüzeyi flaşın köpük tabakası ile iyi biçimde korunmuyorsa, banyo sıcaklığındaki artış banyo yüzeyinde bir oksit (kül) filmi oluşumunu hızlandırır. Bu oksit filmlerinden bazıları işlem gören parça banyodan çıkarılırken yüzeyine yapışarak süzülme etki eder ve pek tercih edilmeyen, estetik olmayan görünümde bir kaplama oluşmasına neden olur. Bu oksitlerin etkileri ince kesit alanına ve geniş yüzey alanına sahip parçalarda daha çok göze çarpar.

Demir veya çeliğin kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak, banyo sıcaklığının galvanize kaplamalar üzerinde önemli metalürjik etkileri olabilir. Demir-çinko alaşım tabakalarının meydana geldiği sıcaklık, her oluşan demir-çinko fazının nisbi oranlarına ve alaşım tabakasının derinlik veya toplam kalınlığına etki eder.

Mamul parçalara sıcak daldırma galvaniz işlemi uygulanırken kaplama kalınlığı daldırma süresi ile kontrol edilir. Bununla birlikte zamanlama parçanın taşınma kolaylığına bağlı olup, kaplanan değişik parçalar için denemeler yapılarak daldırma süresi tespit edilmelidir, genellikle 1-5 dakika arasındadır. Daldırma hızı kaplamanın uniform (eş biçimli) olup olmamasına etki eder. Özellikle uzun parçalar için banyoya ilk ve son giren kısımların daldırılma zamanları arasındaki fark göz önünde tutulmalıdır.



Silikon açısından sakınlaşmış ve sakınlaşmemiş çeliklerde, 455 °C (850 °F) galvaniz sıcaklığında kaplama kalınlıkları.

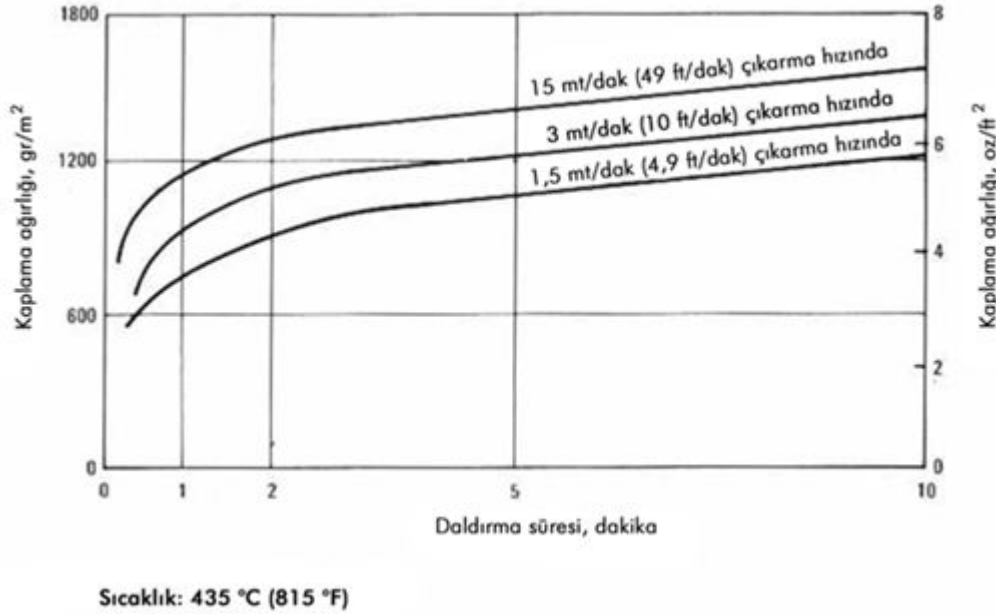
Sakinleşmiş çelik: %0,35 karbon, %0,26 silikon, %0,46 mangan.

Sakinleşmemiş çelik: %0,13 karbon, eser miktarda silikon, %0,40 mangan.

Şekil 3.5. Sakınlaşmış ve sakınlaşmemiş çeliklerde kazana daldırma süresinin kaplama ağırlığına etkisi

Temiz, düşük silikonlu çelik ile erimiş çinko arasındaki reaksiyon, malzeme daldırıldıktan ilk bir veya iki dakika sonra hızla alaşım tabakası oluşması ile meydana gelir. Parçanın banyoda kalma süresi uzadıkça alaşım oluşma hızı da gittikçe yavaşlar. Bununla birlikte %0,05' ten daha fazla silikon içeren çelikler için, genellikle ağır kaplamalarda kaplama ağırlığı daldırma süresi ile doğru orantılı (lineer) olarak artar. Bu nedenle silikon içeren çelikler işlem görürken, alaşımın ve kaplama ağırlığının çok fazla artmaması için daldırma süresinin en azda tutulması önemlidir. Minimum kalınlıkta uniform kaplamayı sağlamak için, parça banyodan çıkarıldıktan sonra santrifüje verilmemeli, bu işlem yavaş ve kontrollü olarak yapılarak maksimum süzülme sağlanmalıdır. Genellikle parçanın banyodan yavaş veya hızlı çıkarılabilmesini sağlayacak iki hızlı kaldırma asansörleri kullanılır. Banyodan

çıkartılma hızı, çıkartılan parçanın üzerindeki alaşımsız çinko tabakasının kalınlığını tayin eder ve yapılan galvaniz işleminin tipine göre değişir. Çoğu parçalar için banyodan en uygun çıkartılma hızı yaklaşık 1,5 metre/dakika'dır(5ft/dak).



Şekil 3.6. Kazandan çıkarma hızının kaplama ağırlığına etkisi

3.4.2.1. Çinko kalitesi ve banyo bileşimi

Galvaniz işlemlerinde kullanılan çinko %1 Pb.li iyi kalite slabdır. Bir çok galvaniz işletmelerinde dros (lapa) da yardımcı olmak üzere banyonun dibinde bir kurşun tabakası vardır. Eriyik çinko bu şekilde içinde %1'e kadar eriyebilen kurşun ile doymuş olur. %0.5'den az Pb konsantrasyonlarında zor galvaniz yapılır. %1'den fazla Pb ihtiva eden çinkolar emniyetle kullanılabilir. Zira çinko erirken fazla çinko dibe çöker.

Galvaniz için kullanılan slab çinko belirli bir derecede olmalı ve devamlı olarak analiz edilmelidir.

Saf çinkoda %0.05 den fazla demir bulunmamalıdır. Zira bir birim demir 25 birim lapa teşekkülüne sebep olur. Galvanizasyonu olumsuz yönde etkileyen elementlerin düşük konsantrasyonlu olması istenir. Gerekli minimum değerlerde konsantrasyonlar;

(Pb) kurşun için %0.5-1 (Fe) Demir için %0.008-0.05

(Cd) Kadmiyum için %0.005-0.50

olmalıdır. Bundan daha düşük demir konsantrasyonunda çinko banyosu demir ihtiyacını tankı eriterek veya kaplaması istenen çelik parçalardan karşılayabilir. Böyle tehlikeli durumlara neden olmamak için banyoda yeterli demir konsantrasyonu mutlaka sağlanmalıdır. Banyoda yüksek konsantrasyonlardaki kadmiyum, çinko kaplamanın kıvrılabilme özelliğini azaltır. Bu elementler banyoya çinkonun yapısında gelirler, ayrıca ilaveye gerek yoktur.

Al saf çinkoda bulunmaz, ancak tekrar destile edilen metalde bulunur. Tekrar destile edilen çinko dikkatli kullanılmalıdır. Alüminyum sık sık galvaniz banyosuna ilave edilir. Banyoya Al ilavesi demir kayıplarının asgariye indirir ve banyonun kirlenmemesini sağlar. %0.005 gibi küçük bir miktar eriyik çinkonun oksidasyon hızını azaltır ve çinko kayıplarını durdurur. Fakat bu miktar %0.007 den fazla olursa banyonun çalışmasını zorlaştırır. Banyoda kolay erimesi için %20 Al ihtiva eden Çinko-Alüminyum alaşım delikli bir kabın içinde banyonun dibine kadar indirilerek olan kayıplarını karşılamak üzere düzenli bir şekilde Al ilavesi yapılmalıdır. Bu ilavelerin miktarı ve ne kadar zamanda bir yapılacağı, her banyoda deneyle tespit edilir. Banyonun durumunu hemen anlayabilmek için hafif oksitlenmiş yüzeye birkaç amonyum kristali damlatılır. %0.007 den az Al varsa ince oksit tabakası erir ve kristaller serbestçe hareket ederler fakat daha yüksek konsantrasyonlarda yüzey hiç hareketsiz kalır ve yavaşça buharlaşır.

Galvaniz sırasında teşekkül eden lapa bir çinko demir alaşımı olup daima çinko banyosunun dibine çökmeye zorlanmalıdır. Daldırma sırasında yerinden oynatılmamalı bu yüzdende çinko banyolar, mümkün merteye derin olmalıdır. Biriken lapa (dros) düzenli olarak delikli potalarla çıkarılmalıdır. Pelte halindeki lapadan ısı geçişi çok azdır. Bu yüzden banyo duvarlarına fazla lapa birikirse bu bölgeler çok ısınır.

3.4.2.2. Banyo sıcaklığı

Çinkonun malzemedan serbest olarak süzölebildiği en düşük sıcaklıkta galvaniz yapılmalıdır. Düşük galvanizleme sıcaklığı kül ve dros oluşumunun minimumda tutulmasına yardımcı olur. Ayrıca banyonun emniyeti artar, yakıt masrafı azalır. Banyo sıcaklığı 450°C den 470°C ye çıkarıldığında 30 sn. İçin daldırılan ve asitte temizlenmiş malzemedan, teşekkül eden lapa miktarı iki misline çıkar. Tecrübeler hemen hemen bütün malzemelerin 445-465 °C arasında iyi galvanizlenebileceğini göstermiştir. 450°C uygun bir çalışma sıcaklığıdır. Artan sıcaklıkla alaşım tabakası daha hızlı büyür, ürünlerin iyi olması ve çinkonun etkin olarak kullanılması isteniyorsa banyo sıcaklığının kontrolü önemlidir. Çelikle çinko arasındaki reaksiyon için kritik sıcaklık 480°C dir. Bu sıcaklığın altında çelik yüzeyinde oluşan sıkı alaşım tabakası çinkonun çeliğe hücumunu yavaşlatır ve nihayet durdurur. 480°C nin üstünde ise alaşım tabakası dağılır ve hücum fazlalaşır. 0 zaman lapa teşekkülü fazla olur. Galvaniz fırınına korumak için duvar sıcaklığı 480°C ye çıkmamalıdır. Bunun için ısınma bölgesine en yakın yere konulan pirometre ile sıcaklığı daima kontrol etmek gerekir. Malzeme mümkün olduğu kadar hızlı batırılmalıdır. Bilhassa yaş galvanizlemede bu çok önemlidir. Zira teşekkül eden lapa miktarı flaks örtüsüyle olan temas zamanına orantılı olarak artar. Daldırma hızı aynı zamanda kaplamanın düzgünlüğünü artırır. Hızlı daldırma ile deformasyonda azalmış olur.

Galvanizasyonda çinko banyosunun sıcaklığı 450°C nin altında olursa çinkonun akışkanlığı azalır. (Viskozitesi artar) Bununda kaplamanın kalın ve heterojen olmasına neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca 419.4°C nin altında çinko kristalizasyona başladığı için banyo sıcaklığının iyi kontrol edilmediği bir ortamda katılma tehlikesi meydana çıkabilir. Banyo tankı saçma göre genişmesi 3 kat daha fazla olan çinko katılaştığı takdirde tankı kolaylıkla patlatabilir.

Klasik galvanizleme sıcaklık aralığı içinde sıcaklıkta bir artış,

- a) Eriyik çinkonun akışkanlığını artırır.
- b) Banyo yüzeyinde oksit oluşumuna ivme kazandırır.
- c) Parçayı daha yüksek bir sıcaklığa getirir ve böylece parça çıkarıldığında çinkonun sertleşmesi için gereken zamanı uzatır.

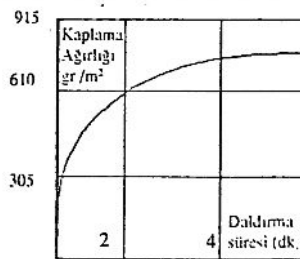
Tüm bu oluşumlar belli bir etkiye sahiptir ve galvanizleme işlemini kontrol etmede kullanılabilirler. Banyo sıcaklığındaki bir artış, parça şekline bağlı olarak yüzeyden merkeze doğru büyük bir sıcaklık farkına yol açarak parçanın kırılgenliğini arttırabilmektedir.

3.4.2.3. Daldırma süresi

Galvanizlenecek parçaların çinko banyosunda kalma süreleri 1 ile 10 dakika arasında değişmektedir. İnce ve düzgün yüzeyli parçalar için kısa daldırma süresi, kalın ve kompleks şekilli parçalar içinde uzun daldırma süreleri seçilir. Banyoda tüm yüzeylerin homojen kaplanabilmesi için belirli bir süre tutmak gereklidir. Ancak bu süre yeterlilik sınırını aşarsa kaplama kalın ve gevrek olacaktır. Uzun malzemelerin daldırılmasında, ilk daldırılan kısım banyoda daha çok tutulursa kaplama homojen olmaz. İlk daldırılan kısım daha kalın, son daldırılan kısım daha ince olacaktır. Bu yüzden malzeme daha çabuk (hızlı) ve genişliğine daldırılmalıdır. Ayrıca yığın halinde daldırılmış parçalar birbirine temas etmemeli ve teker teker yada gruplar halinde banyodan dışarı çekilmelidir.

Kaplama kalınlığına her bir faktör ayrı ayrı etki etmez. Tüm faktörler daldırma banyosunda etkisini bu kısa daldırma süresinde gösterir. Gerçekte kaplama kalınlığı, malzeme bileşimi, yüzey durumu, banyo kompozisyonu, daldırma süresi ve çekme hızını bir fonksiyonudur.

Daldırma süresine göre kaplama ağırlığında değişim Şekil 3.7.'de belirtilmiştir. Görüldüğü gibi temiz malzemeyle çinko arasındaki reaksiyon ilk 1-2 dakika hızlı daha sonra yavaş olur.

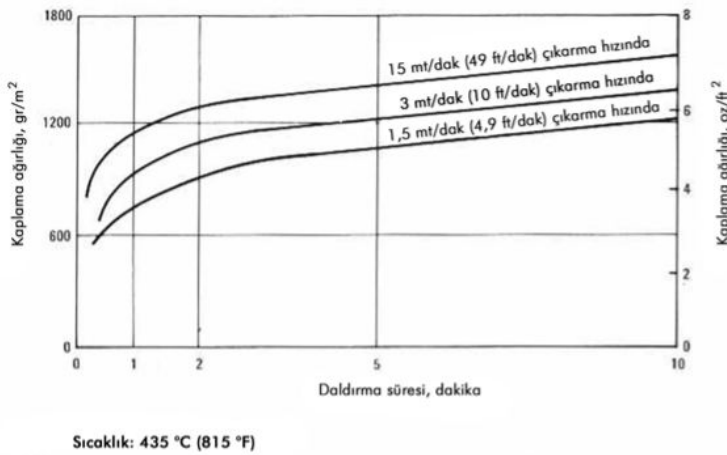


Şekil 3.7. Daldırma süresine göre kaplama ağırlığı

3.4.2.4.Çekme hızı

Parça üzerindeki alaşımsız çinko tabakasının kalınlığını belirleyen çıkarma hızı işlemin türüne göre değişir. Çoğu parçalar için optimum yaklaşık 1.5 m/dk.dır. (Şekil 3.8.) Bunun için hızlı daldırılıp yavaş çeken iki devirli motor kullanmak gerekir.

Çalışma zamanının çoğunu çıkarmanın oluşturduğu uzun parçalarda, gerekli miktarlarda üretim yapmak için artan hızlara ihtiyaç duyulabilir. Fakat mümkünse bu zorluğu parçaları küme halinde daldırıp çıkarmak için özel jigler ve taşıyıcılar kullanılarak gidermek daha iyi olur. Parça çinkonun yüzeyden serbestçe aktığı hızdan daha hızlı çekilmemesi halinde kaplamanın alaşımsız çinko tabakası uniform olur. Daha yüksek çıkarma hızlarında banyodan çıkarılan fazla çinko katılaşıp kadar kaplama kaba ve düzensizdir. Bu artık çinko parçanın ömrüne katkıda bulunmaz. Çünkü parçanın ömrü çinkonun en ince noktasında sağladığı korumadır.



Şekil 3.8. Galvaniz şartlarının kaplama ağırlığına etkisi

3.4.3. Galvaniz sonrası işlemler

3.4.3.1. Sıyırma

Flaks tarafından kirlenmesini önlemek için malzemelerin çoğu temiz bir çinkodan çekilir. Halbuki bir flaks örtüsü (tabakası) içinden çekmek (yaş galvanizleme metodu) yüzeyindeki fazla çinkoyu siler ve daha yüksek çekme hızlarında daha düzgün

kaplama sağlar. Bu durum sadece parçalardan flaks kalıntılarının giderilebileceği yerlerde uygulanabilir. Bunun örnekleri dökümler, içi boş malzemeler, teller vs.dir. Bunlar suya hızlı batırıldıktan sonra dahi kurumalarını sağlayacak kadar ısıya sahiptirler. Sürekli tel ve elek galvanizlemede olduğu gibi kuru ön flakslama işlemini kullanıldığı özel işlemlerde sıyırma, çinko yüzeyi üzerindeki özel bir odun kömürü tabakası ile gerçekleştirilir. Tel düşey olarak bu tabaka içinden geçerek banyodan çıkar ve tabakanın sıyırma etkisi uniform bir kaplamanın elde edilmesine yardım eder. Diğer sıyırma yöntemleri serbest talaşı ve levhalar için sıyırma silindirlere oluşur.

3.4.3.2. Santrifüjleme

Küçük parçalar henüz kaplama eriyik haldeyken fazla çinkoyu gidermek için santrifujlenir. Böyle durumlarda iyi bir bitirme sağlamanın sırrı galvaniz banyosundan santrifuje mümkün olduğu kadar hızla nakletmektir. Santrifüj 2-3 saniyede maksimum hıza ulaşmasını sağlayacak yüksek ivmeyi veren kuvvetli bir motorla donatılmalıdır. Santrifüjleme genellikle 750 devir/dakikada yapılır, fazla çinkonun çoğu ilk birkaç saniyede giderildiğinden uzun santrifüjleşmenin yararı yoktur. Galvanizlemeden sonra birleştirilecek parçaların aralıklarına yapım evresinde yeterince dikkat edilmelidir. Örneğin cıvata delikleri, menteşe pim delikleri ve birleştirilmiş olup galvanizlemeden sonra serbestçe hareket etmeleri gereken parçalar vb.

Santrifüjlüme den önce parçaların flaksla tozlandırılması oksidini çözmek tavsiye edilmez. Bunun sebebi flaks taneciklerinin kaplamada tutularak depolama ve çalışma sırasında korozyona sebep olma tehlikesidir. Santrifüjlüme den sonra iş, kaplamayı oturtmak ve parçaların yapışmasını önlemek için hemen suya batırılır.

3.4.3.3. Su verme

Galvanizleme işlemi tamamlanıp malzeme çinko banyosundan çekildikten hemen sonra hızla ortam sıcaklığına inerek yüzeydeki çinko örtüsü katılaşır. Katılaşma yada soğutma hızı kaplama yüzeyine etki eder. Suda, havada veya yağda soğutma farklı

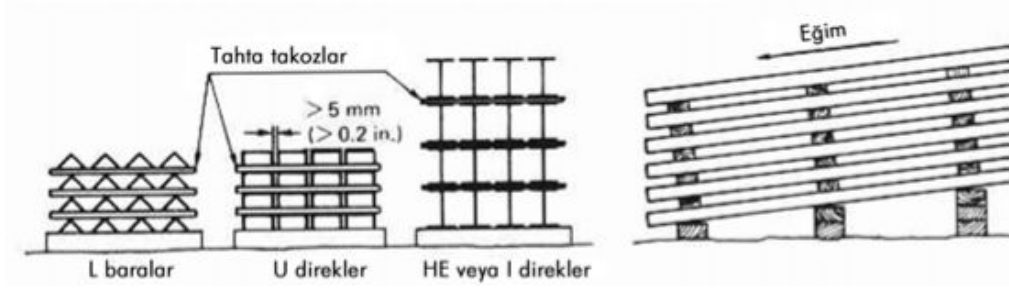
soğutma hızı gösteren soğutma yöntemleridir. Parça soğuk suda soğutulursa, soğutma çok çabuk olur ve parça yüzeyi pürüzlü görünüş alır. Yüzey düzgünlüğünün önemli olduğu malzemelerin galvanizasyonun da suda soğutma uygulanmamalıdır. Havada soğutma daha düzgün yüzey sağlamasına rağmen, tozlu ortamda uygulanması iyi sonuç vermez. Parça iç ve dış yüzeyinin parlak olması istenen hallerde kısmi suda soğutmadan iyi sonuç alınır. Bu durumda parça iç kısmına soğuk su doldurulursa dış yüzey parlak, dış kısım suya daldırılırsa iç kısım parlak olur. Bu yöntem sayesinde havada soğutma ile suda soğutma arasında bir soğutma hızı elde edilir.

Su verme işlemi aynı zamanda flaks artıklarını giderip korozyon tehlikesini önlemek ve kaplamayı yerleştirmek için uygulanır. Kaplamanın düzgünlüğünü sağlamak için suya az miktarda sabun ve yağ ilave edilir. Malzemelerin flaks tabakasından çekildiği ve flaksın parça ile taşındığı durumlarda daldırma suyu aşındırıcı tuzların birikmesini önlemek için sık sık değiştirilmelidir.

3.4.3.4. İstifleme ve depolama

Şekillendirilmiş parçalar, levhalar, köşebentler vb. parçalar galvanizlemeden hemen sonra istiflenirler. Burada parçaların yakın teması nedeniyle soğuma yavaş olursa kaplamanın lekelenmesi (bozulması) tehlikesi vardır. Yapılacak iş çok büyük istifler yapmamak veya parçalar arasında boşluklar bırakmaktır.

Depolamada en önemli konu ıslak koşullardan kaçınmaktır. Uygunsuz koşullarda depolanır ve taşınırsa daha müşteriye ulaşmadan ıslak depolama lekesi (veya beyaz pas lekesi) denen bir tür korozyonun hücumuna uğrar. Islak depolama lekeleri sıkı paketlenmiş galvanizli yüzeylerin arasında su filmi yada damlası nedeniyle meydana gelir. Bir kere hücum başladı mı hızla ilerler. Çirkin beyaz lekeler malzeme üzerinde birkaç gün içerisinde görülebilir ve devamında birkaç hafta içerisinde de kaplama tamamen kirlenir ve çelik paslanır.



Şekil 3.9. Nem lekelerini engellemek için galvanizlenmiş isimler eğimli olarak istif edilir.

3.4.4. Distorsiyon

Galvanizli malzemelerin distorsiyonu daldırma operasyonunda meydana gelir. Fakat işlem daima bu evrede görülüyorsa da sebepler genellikle daha önceden meydana gelmiştir.

Distorsiyon, parça galvanizleme sıcaklığına (445-465°C) ısıtıldığı ve sonrada oda sıcaklığına soğutulduğunda çelikteki gerilmelerin meydana gelmesi veya gevşemesi ile olur. Bu gerilmeler şöyle sınıflandırılabilir: Çelikteki doğal gerilmeler, Fabrikasyon sırasında oluşan gerilmeler, İşleme sırasında oluşan gerilmeler, Daldırma ve soğutma sırasında oluşan gerilmeler;

a) Çelikteki doğal gerilmeler: Ne üreticinin ne de galvanizatörün bu distorsiyon nedeni üzerinde fazla kontrolü yoktur. Çelik düz olarak satılır. Fakat daima bazı iç gerilmelere sahiptir. Bu gerilmeleri gidermek için çelik ek bir maliyetle ısıl işleme tabi tutulabilir Fakat özel durumlar dışında bu ekonomik değildir. Her çelikte değişen gerilmeler sonradan daldırmalar sırasında serbest bırakılırlar ve böylece az veya çok distorsiyona neden olurlar.

b) Fabrikasyon sırasında oluşan gerilmeler: Fabrikasyondan oluşan distorsiyonların ana nedenleri şunlardır:

Kaynak: Kaynak yapımı özellikle işlem sırasında metalin küçük yüzeyinde meydana gelen aşırı sıcaklık farklarından doğan kalıcı iç gerilmelere neden olur. Gerilmeler serbest girebilmezse galvanizlenecek malzemeler için çok az yapılan bir işlem bu gerilmeler yapı galvanizleme banyosuna daldırılana kadar yapıda kalırlar. Meydana

gelen gevşeme parçanın distorsiyonuna neden olur.

Malzeme değişimleri: Farklı kalınlıkta çelik çubukların veya levhaların birleştirilmesi genellikle galvanizlemeden sonra distorsiyona neden olur. Bunun nedeni ince ve kalın bölümlerin ısıyı farklı hızda absorbe etmesi ve kaybetmesi, bunun sonucunda farklı miktarlarda genişmesi ve sıkışmasıdır. Genleşmiş metal levhanın katı köşelere ve kanallara kaynak yapabilmesine benzer fakat genellikle daha şiddetli sonuçları vardır.

c) İşleme sırasında oluşan gerilmeler: İşlem sırasında dikkat edilmelidir. Çünkü her an parçada yeni gerilmeler oluşabilir. İşlemeden önce parçanın askıda tutulması göz önüne alınmalı ve mümkünse delikler yapılmalıdır. Bu ve diğer taşıma araçları parçanın kalın bölümlerine yerleştirilmelidir.

Distorsiyon banyodaki maddelerin-su, asit, erimiş çinko -bir kısmının veya hızlı çekme sırasında boş bir parça ile birlikte kaldırılması sırasında oluşabilir. Dolayısıyla bütün parçalar taşınma sırasında doğru olarak asılmalı ve tesisteki bütün işlemlerde doğru olarak yönetilmelidir.

d) Daldırma ve soğutma sırasında oluşan gerilmeler: Galvanizli bir banyoya daldırma sırasında erimiş çinkonun altında ve üstündeki bölümler arasındaki büyük sıcaklık farkları nedeniyle gerilmeler oluşur. Parça çok yavaş daldırılırsa bu gerilmeler parçanın tümü daldırıldığında ortadan kalkmayan distorsiyona sebep olur.

3.4.5. Galvaniz sonrası boyama

Aşağıdaki sebeplerden ötürü, sıcak daldırma galvanize çeliğin boyanmasına ihtiyaç duyulabilir:

- Özellikle ileride bakım yapmanın zor olacağı durumlarda veya çinko kaplaması ince levha metallerin sert çevre koşullarında kullanıldığı durumlarda, korozyona karşı ilave koruyuculuk istenmesi halinde,
- Estetik nedenlerle, uyarı veya kamuflaj amaçlı olarak bir başka rengin gerekli olduğu durumlarda,
- Eğer sıcak daldırma galvanize çelik, örneğin bakır gibi bir başka metalle temas

edecek ise bu durumda oluşabilecek galvanik korozyona karşı koruma amaçlı

Sıcak daldırma galvaniz malzeme boyanmak suretiyle, çok zor çevre şartları altında dahi korozyona karşı iyi bir korunma elde edilir. Bu tip ikili bir koruma sisteminin dayanıklılığı, sadece boyanmış veya çinko kaplanmış çıplak çeliğinkinin 1,2 - 1,5 katıdır.

Çinko kaplama, sıcak daldırma galvaniz işleminden hemen sonra boyanabilir veya boyamadan önce bir süre beklenebilir. Yüzey kirlenmesi en az olacağı için, çoğu durumda sıcak daldırma galvanizden hemen sonra boyama tercih edilir.

Korozyona uğramış yüzeye veya parlak, yeni yüzeye uygulanacak boyama işleminden hemen önce boyanacak yüzeyler dikkatlice temizlenmelidir. Çinko yüzeylerin üzerindeki boya diğer malzemelere nazaran daha hassastır, çünkü yüzeyde az miktarda dahi kirlilik olsa boya filminin yüzeye yapışmasını etkiler.

Bununla birlikte çinko tabakasının yüzeyleri çelik yüzeylerinden daha kolay temizlenir. Önemli olan, yüzeyde bulunan mevcut kirliliklere, uygun temizleme prosedürünü kullanmaktır.

3.4.5.1. Açıkta bırakılan mat yüzeyler

Açıkta bırakılan çinko yüzeyler korozyona maruz kalır ve üzeri korozyon tabakası ile kaplanır. Temiz havada oluşmuş bazik çinko karbonat tabakasının üzeri boyanabilir. Bu nedenle sıcak daldırma galvaniz işlemine tâbi tutulmuş nesnelere boyamadan önce 6 ay ile 1 yıl beklenmesi alışlageldik bir uygulamadır.

Bununla birlikte günümüzde havanın temiz olmasına nadiren rastlanmaktadır. Korozyon tabakası sülfür, sülfid, sülfat ve klorür gibi bazı maddeleri içerir. Bu bileşiklerin çoğu suda çözünür ve bazıları da havadan nem çeker (higroskopiktir). Boyamada iyi sonuçlar elde etmek için suda çözünebilir tüm kirleticiler giderilmelidir.

3.4.5.2. Temizleme ve yüzey hazırlama

Yoğun olarak kirlenmiş yeni veya eski yüzeyleri örneğin white mineral spirit gibi uygun bir organik solvent ile yıkayın ve ardından sert bir fırça ile çapak ve korozyon ürünlerini temizleyin. Bu yıkamayı takiben eğer mümkünse basınçlı suyla durulayın.

Galvanizi yeni yapılmış ya da uzun süredir kullanımda olup da yağ veya gresle kirlenmemiş yüzeyler gibi az kirli yüzeyler %5-10 amonyak, kostik soda (NaOH) veya asetik asit ilave edilmiş su ile yıkanabilir. Bunu takiben yüzey yumuşak bir fırçayla parlatılır. Mümkünse bu işlemden sonra yüksek basınçlı suyla esaslı bir durulama yapılmalıdır.

Sürekli sıcak daldırma galvanize levha imalatında, kromatlı yüzeyler suda çözülmüş amonyak, kostik soda veya asetik asit çözeltileri ile yıkanıp, parlatıldıktan sonra esaslı bir durulama yapılabilir. Alkali veya asidik çözeltiler kromat tabakasını çözer.

Genel olarak, galvaniz kaplandıktan sonra son işlem olarak boyanmış parçalara kromatlama yapılmamalıdır. Kirlenmiş, az kirlenmiş veya yeni galvanize edilmiş yüzeyler düşük basınçlı ve hızlı nozul hareketine sahip bir sistemle (brush blust) temizlenebilir. Örnek: 0,3 Mpa (0,04 ksi), 6 mm (0,2 inç) nozul çapı ve 250-300 mm (9,8-11,9 inç) nozul mesafesi. 0,2-0,5 mm (0,08-0,02 inç) büyüklüğünde silikat ve cüruf içeren aşındırıcılar kullanılması önerilir. Ayrıca cam boncuklar veya ince tanecikli alüminyum dioksit de kullanılabilir.

Fırçayla parlatma yöntemi (sweep blasting) korozyon ürünlerini etkili şekilde giderir ve yeni parlak çinko kaplanmış yüzeye pürüzlü bir yapı kazandırmaya yarar. Bununla birlikte fırçayla parlatma dikkatlice uygulanmalı, çinko kaplamanın zarar görmesine ve kaplamada büyük gerilmeler oluşmasına neden olunmamalıdır. Bu gerilmeler ileride boya tabakasının kabarmasına ve kalkmasına neden olabilir.

3.4.5.3. Boyanın seçimi

Yukarıda açıklandığı gibi doğru şekilde temizlenmiş sıcak daldırma çeliklerin uygun

bir boya ile doğrudan doğruya boyanabilir. Çoğu boyama işinde olduğu gibi, önce çinko yüzeye bir astar atılır. Boyalar 10 ila 20 farklı kimyasaldan oluşur ve belli bir tip boya için farklı boya üreticileri kendi farklı formülasyonlarını kullanırlar. Farklı boya üreticilerinin üretmiş olduğu aynı tip boyalar değişik özelliklere sahip olabilir. Bu konuda boya üreticisinden ayrıntılı bilgi alınmalıdır.

Orta derecede aşındırıcı atmosferik şartlarda akrilat ve PVAc latex boyaların kullanımı uygundur. Bununla birlikte bu boyaların maksimum sertliğe ulaşması ve tam olarak yüzeye yapışması 10 ila 14 gün kalır. Eğer boyanan cisim bu süre içerisinde kullanılacak ya da taşınacak ise, hasar görmemesi için özen gösterilmelidir. Zorlu kimyasal koşullar altında, örneğin endüstride veya yoğun aşındırıcı atmosferik şartlarda latex boyalardan daha yüksek kimyasal dirence sahip boyalara ihtiyaç duyulur. PVC, vinil kopolimerler, klorinli kauçuk, poliüretan ve epoksi boyalar bu tip boyalardandır.

Suda ve toprakta kullanımda, tercihen epoksi ve poliüretan içeren katranlı/ziftli boyalar önerilir. Sudaki yapıların boyanmasında alüminyum içerikli bazı asfalt çözeltileri de kullanılabilir. Birlikte mekanik dirençleri diğerlerine göre düşüktür.

BÖLÜM 4. UYGULANAN İŞLEMLER

4.1. Artıklar

Sıcak daldırma galvanizinde teşekkül eden artıklar, dros (lapa), kül ve flaks kabuğu (köpüğü)dür.

4.1.1. Lapa (dros)

Lapa genellikle %96 çinko, %4 demirden müteşekkil bir alaşımdır. Lapanın başlıca kaynakları şunlardır.

Demir Tuzları: Asitle temizleme solüsyonunda teşekkül edip malzemeyle birlikte banyoya taşınan Zn ile reaksiyonda, flaks ve galvanizlenen malzeme arasındaki reaksiyondan meydana gelen demir tuzlarının çinko ile reaksiyonundan, çinko ile malzeme arasındaki reaksiyondan, eriyik çinko ile fırın sac plakaları arasındaki reaksiyondan.

Lapa Teşekkülünün Kontrolü, hem yaş hem de kuru galvanizlemede geçerli olmak üzere; asitle aşın temizlemeden kaçınılmalı, en düşük banyo sıcaklığını ve en kısa daldırma süresini kullanmalı, banyo sıcaklığını otomatik kontrolle dar limitler içinde tutmalı.

Sadece yaş galvanizlemede; asitte temizleme solüsyonunun demir miktarını tavsiye edilen limitler altında tutmalı, malzemeyi hızlı daldırmalı, taze amonyum klorürü (nişadır) örtüye seyrek olarak ve gerektiğinde ilave etmeli.

Sadece kuru galvanizlemede; asit tuzlarını gidermek ve ön flaksın kirlenmesini önlemek için malzemeyi iyice yıkamalı ve demir miktarını litrede 10gr'mı

geçmeyecek şekilde kontrol etmelidir. Lapa kötü bir ısı ileticisidir. Genellikle delikli potalarda her 100 saatlik çalışmadan sonra temizlenmelidir[1].

4.1.2. Kül

Çinko külü çinko oksit ve aralarına sıkışmış değişik miktarda metalik çinkodan ibarettir. Bu metalik serbest çinko toplam ağırlığın en aşağı %80'dir. Çalışma esnasında banyo yüzeyinin karıştırılması, çinkonun oksitlenmesi ile teşekkül eder. Banyo yüzeyinin gereksiz yere bozulması önlenmelidir. Yüzey temizleme geniş aletlerle ve çinko yüzeyini parçalamadan yavaşça yapılmalıdır. Isı muhtevası az bir alet kullanılmalı çinkonun yüzeyde donması önlemlidir. İnce çelik veya tercih tahtadan yapılmalıdır. Kül delikli bir aletle alınarak çinkonun akması sağlanır.

Kuru galvanizlemede yaş malzeme daldırmak banyonun bozulmasına ve kül miktarın artmasına sebep olur. Onun için malzeme iyice kurutulmalıdır.

Bekleme sırasında da çinkonun oksitlenmesi ve kül teşekkülü artar. Kuru galvanizlemede oksitlenmeye en düşük seviyeye indirmek için banyoya (16 gr/ton çinko) alüminyum ilave edilir.

4.1.3. Flaks köpüğü

Yaş galvanizlemede flaks tabakasının iyi işleyemediği ve değiştirilmesi gerektiği bir noktaya varılır. Harcanan flaks banyodan dikkatli sıyırılmalı (tercihen dilekli kepçe veya ona benzer ve flaksın içindeki çinkonun çıkmasına zaman tanıyacak bir aletler). Farklı galvanizleme işlemlerinden alınan numunelerin analizinde flaks köpüklerinin serbest metal içeriğinin yaklaşık ortalama miktarı %7 olsa bile, %35 veya daha fazla olduğu görüldü. Flaks köpüğü alınırken içindeki metalin galvanizleme banyosuna dönmesine izin verilirse çinko miktarı o kadar düşük olur ki herhangi bir çinko elde etme işlemi gereksiz olur.

4.2. İnceleme Ve Test

İnceleme, gözle inceleme, kalınlık ölçme ve adhezyon testinden oluşur. Pahalı ve karışık donanıma ihtiyaç yoktur.

4.2.1.Gözle inceleme

Yüzeyindeki hataların bulunmasını sağlar ve işlem ürünün kalitesini etkileyen hatalar hakkında bilgi verir. Kaplama düzgün, parlak, sürekli ve flaks, kül ve dros gibi yabancı maddelerden arınmış olmalıdır. Etkisiz dağlama ve inatçı tufaldan oluşan çıplak yerlere izin verilmemelidir[1].

Hatalar ve sebepleri karşılaşılabilecek hatalardan bazıları kaynaklan ile birlikte aşağıda verilmiştir.

- a) Mat kaba boşluklar: Çok yüksek sıcaklıkta veya çok uzun süre daldırmanın etkisiyle alaşım tabakasının fazla büyümesinden görülür. Bu durum parça yavaş soğuduğunda da görülür. Fazla dağlama çelik yüzeyin pürüzlü ve delikli yapar.
- b) Düzensiz kaplama: Düşük daldırma sıcaklığından kaynaklanabilir. Çekmeden sonra akmanın yetersiz olması da buna sebep olabilir.
- c) Kaplamada kabartılar: Çekme sırasında parçaya yapışan dros çatlakları ve bazı yapışkan tufallar kolay dağlanmaz. Diğer zamanlarda, tufal görünüşte giderilmiş olsa bile yüzeyde izler kalır ve çinkonun yapışmasına engel olur.
- d) Kaplamada sırtlar: Çeliğin yüzeyinde tabakalar halinde hapsedilen drosun etkisi çelik yüzeyindeki lapalar ve damarlar benzer etki doğururlar. Bunlar doğrudan doğruya hatalı çelikten doğan bozukluklardır ve galvanizci suçlanamaz.
- e) Kıymıklar: Her zaman genellikle çeliğin içindeki tabakalaşmaların veya diğer süreksizlerin sonucu, dağlama (asitle temizleme) sırasında hidrojen bu boşluklara absorbe olur ve galvanizleme sırasında gazın genişmesi yüzeyin çatlamasına sebep olur.

4.2.2. Testler

Bozucu olmayan testler: Kaplamanın kalınlığını ölçmede kullanılabilir manyetik

alet vardır. Levha gibi düzgün yüzeylerde iyi sonuçlar alınabilir. Fakat yapı çeliği ve dökümlerin kaba yüzeylerinde daha az güvenilir sonuçlar alınır. Periyodik kontrollerde karşılaştırmak için bilinen kalınlık standartları olmalı ve bunlar incelenecek metalle aynı baz metale sahip olmalıdır. Bunların avantajı kaplamadaki bölgesel değişimleri saptamalarıdır. Dezavantajları farklı ellerde farklı sonuç verebilir.

Tartma testi: Büyük parçalarda veya ağırlıkları fazla olan yerlerde galvanizlemeden önce ve sonra tartma işlemi çok kolaydır ve oldukça doğrudur. Dağlamadan önce tartılırsa dağlamadan sonra doğan ağırlık kaybı göz önüne alınmalıdır.

Soyma testi: Daha güvenilir ortalama değerlere gerek duyulduğunda kaplama ağırlıkları BS 729:1971'de verilen soyma testi ile saptanmalıdır. 2 gr antimon tri oksit veya 3,2 gr antimon tri kloridi 500 ml. hidroklorik asitte çözerek bir antimon çözeltisi hazırlanır. Soyma çözeltisi 500 ml. su katılarak hazırlanır. Yağdan arındırılan ve tartılan örnek bu çözeltiye batırılır. Kaplamanın dağlanması gaz çıkışı bittiğinden tamamlanır. Yıkama, kurutma ve tartmadan sonra soymadan önce ve sonraki ağırlıklar arasındaki fark kaplamanın ağırlığını verir. Birim yüzey alan başına çinko kaplamanın ağırlığı, kaplamanın ağırlığını yüzey alanına bölerek bulunur.

Mikroskopik Test: Laboratuvar testi varsa kalınlık, kaplamanın parlatılmış bir bölümünün mikroskopik incelenmesi ile saptanabilir. Bu kaplama kalınlığını saptamada direkt ve kesin bir yöntemdir ve kaplamayı oluşturan alaşım tabakalarının genişlik ve özellikleri hakkında bir ek bilgi verir. Fakat bir üretim testi değildir ve ancak özel durumlarda kullanılabilir.

Adhezyon: Kaplamanın tabakalaşma eğilimi küçük ve yuvarlak başlı çekişsiz birkaç darbe ile saptanabilir. Kaplama soyulma eğilimi göstermemelidir. Levha veya tel gibi ince malzeme ürünler için uygun İngiliz standartlarında bulunan bükme ve sarsma testleri ile test edilebilirler. Tabakalara ayrılmak, genellikle çeliğin galvanizlemeye iyi hazırlanmamasından doğar. Fakat diğer sebepler kaplamanın düzgün olmaması, alaşım tabakası ile çinko tabakasının kritik kalınlık oranı veya yavaş soğuma sonucunda alaşım tabakasının fazla büyümesidir.

4.3. Galvaniz Ekipmanları

Galvanizleme küveti galvaniz kaplama işleminde en önemli ekipman parçası olması nedeniyle bunun seçimi genişlik, şekil, duvar kalınlığı, tank malzemesi, ısı kaynağı ve yardımcı ekipman gereksinimleri gibi başlıca değişkenlerin dikkatli değerlendirilmesine bağlıdır[4].

4.3.1. Büyüklük ve şekil

Galvanizleme küvetinin büyüklük ve şekli öncelikle içinde işlem görecektir parçalarla belirlenmesine rağmen diğer faktörlerde ayrıca değerlendirilmelidir. Küvet tam bir ısı konteynırı olabilmesi için yeterince geniş olmalıdır. Bundan anlatılmak istenen küvetin ısı depolama kapasitenin ergiyik çinko bulundururken içine atılan soğuk parçaların banyo ısısındaki düşmeleri telafi edebilmesidir. Minimum ve maksimum işleme sıcaklıkları üretim gereksinimlerine bağlı olarak düzenlenmelidir. Genellikle tankın içindeki çinko ağırlığı 1 saat içinde galvanizlenecek olan parçaların ağırlığının 15 ile 20 katı ağırlığa eşit olmalıdır. Pek çok üretim tesisinde parçaların çinkonun ağırlığına oranı bire 40 civarındadır. Küvet şekli içine atılacak olan parçaları rahatlıkla muhafaza edebilir şekilde olmalı ve bunun yanında minimum küvet yüzeyine de sahip olacak şekilde dizayn edilmelidir. Eğer küvetin genişliği belli bir parçayı muhafaza edebilmek için arttırılırsa, küvetin derinliğine ve uzunluğunda yüzeyi minimize edebilecek şekilde arttırılmalıdır. Minimum bir küvet yüzeyi ısıyı muhafaza ettiği gibi, geniş bir yüzey alanından daha az oksitlenmeye imkân verir. Basit olarak dikdörtgen küvetler en geniş kullanım alanına sahip olanlardır[4].

4.3.2. Duvar kalınlığı

Teori olarak galvanizleme küvetinin duvar kalınlığının seçimi aşağıdaki faktörler tarafından yönlendirilir.

- Sıvı çinko tarafından meydana getirilen çürüme oranı,
- Çinko banyosunun duvarlara uyguladığı hidrostatik yük,
- Duvar malzemesinin mukavemetinin yüksek banyo ısısına dayanıklılığı,

d. Küvet duvarlarına sağlanacak tuğla veya diğer takviye elementleriyle yapılabilecek destek.

Değişkenlerin çok sayıda ve karmaşık olmaları nedeniyle, en uygun ortalama duvar kalınlığının hesaplanabilmesi neredeyse imknsızdır ve seçim öncelikle deneysel olarak kazanılmış gözlemlere göre belirlenmelidir. Eğer duvar takviye elemanlarının ortalama kalınlığı belirtilmesi gerekirse bunun 20 ile 50 mm. arasında olduğu söylenebilir[4].

4.3.3. Isı kaynağı

Galvanizleme küveti petrol veya gaz firmalarıyla ısıtılabilir. Isı kaynağı önemli olmamakla birlikte aşağıdaki gereksinimleri sağlanması gerekir.

- a. İstenen sıcaklığa iyi surette ayarlanabilmesi ve kontrolü,
- b. Küvet duvarları dışında minimum gerekli sıcaklığı sağlanabilmesi,
- c. Dış duvarlarda sıcak veya soğuk bölgeler bırakmadan düzenli ve her yöne eşit ısı sağlayabilmesi,

Bu koşulların sağlanmasıdaki her türlü eksiklik küvet ömrünün azalmasına ve beklenmeyen yapısal etkilere neden olur.

4.3.4. Sıcaklık kontrolleri

Yeni bir galvanizleme tankı inşa edildiğinde ergiyik çinko banyosuyla tam bir sıcaklık denemesi yapılmalıdır. Bu deneye istinaden kontrol termokapıları küvete yerleştirilip sıcaklık düzenliliği ve kontrolü temin edilebilir[4].

BÖLÜM 5. ÇELİĞE KATILAN ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ

Reaksiyon oranına ve elde edilmiş kaplamanın yapısına, demir içindeki elementler etki edebilir. Alaşım yapma başladıktan sonra artık galvanizleme sistemi ikili bir sistem değildir ve bu yüzden hangi fazın var olabileceğini saptamak için üçlü, hatta dördümlü faz diyagramları kullanılmalıdır. Buna ilaveten faz kurallarına göre hem tek hem de ikili faz bölgeleri oluşabilir. Bununla birlikte birçok durumda az bir miktar alaşım elementlerinin varlığı oluşan fazlarda azda olsa ufak değişiklikler meydana getirir ve üretilen tabakalar, saf Fe-Zn sisteminde bulunan tabakalara çok benzerdir. Daha yüksek konsantrasyonlarda bu katkı maddeleri çok daha önemli hale gelir ve çoğu zamanda dubleks faz tabakaları oluşur. Birçok deneyden alınan değerlere, demirdeki alaşım elementlerinin reaksiyon hızına etkilerini açıklamak için genel kurallar formüle edilmiştir[1].

a demirde katı eriyik meydana geldiği zaman yoğunlaşma az olması şartıyla $(1/4)^2$ değerleri artar ve Q konsantrasyonla ilgili olarak lineer şekilde azalır. Özel alaşım elementleri için bu değerler demetlerin artıp azalmasına atomik yapıya ve a-demirin içindeki çözünürlüklerine bağlıdır.

5.1.Silisyum'un Etkisi

Çelikte mevcut silisin etkisi ise 1940'da Sandelin tarafından incelenmiştir. O zamanlarda sürekli döküm çelik yapımında Si ile söndürme galvaniz sanayinde sorun yaratıyordu.

Silisyumun çelik yüzeyinde homojen olmayan dağılımı kaplamaların bozuk olması yanında başka problemlere de yol açabilmektedir. Çelik reaktivitesi (reaksiyona

girme kabiliyeti) sıcaklık yanında silisyum miktarına da dayanır.

450°C lik normal galvanizleme sıcaklığında düşük silisyum konsantrasyonları (yaklaşık %0.3) artan bir reaktivite gösterirler %0.3'ten fazla silis içeren çeliklerde genellikle kalın gri kaplamalar elde edilir. Bu kalın gri kaplamaların çoğunluğu çinko-demir alaşımıdır ve çok koruyucu olmalarına rağmen mekanik tahribata daha az dayanıklıdır, yüksek silisyum yoğunlaşmalarında (yaklaşık %3) reaktivite çok daha düşüktür, az bir demir kaybı ile çok ince bir kaplama yapılabilir. Artan yoğunlaşmalarda reaktivite ve tabakaların yapısı önemli bir şekilde farklıdır[4].

Galvanizleme esnasında 2 dakikadan uzun süren galvanizlemelerde parabolik reaksiyonların yerini lineer tip reaksiyonlar alırlar. Bu da -tabakasının ayrışmasına ve iri kristallerin oluşumuna neden olur. Bu etki katı çinko içindeki düşük silisyum çözünürlüğüne bağlıdır.

Kaplamanın kalınlığı aşağı yukarı 490°C ye kadar olan sıcaklıklarda artar. Bundan yüksek sıcaklıklarda a-fazının yokluğuna bağlı olarak artış azalır ancak yine de artmaya devam eder. Bu da sıcaklıkla beraber reaksiyon hızının arttığını gösterir. Bu soruna çeşitli pratik çözümler önerilmiştir. Yaklaşık 630°C ye kadar sıcaklığın arttırılması ve temiz yüzey görünüşü olan düzgün tabakalar oluşturularak bazı durumlarda çözüm sağlanmıştır. Yine de sonuçta yüksek demir kaybı olur. Banyoya Al ilavesi ile yüzey tabakanın gelişme hızı azaltılır. Bu durumda banyonun çalışmaz hale gelmemesi için katılan Al miktarının bir sınır değeri vardır. En uygun Al oranı %0.03-0.04 civarındadır.

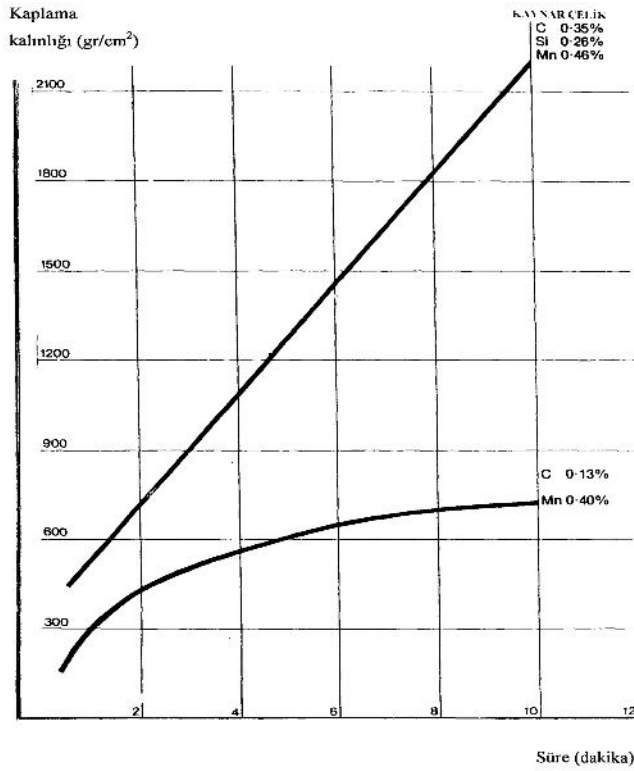
Silisli çeliklerde banyo sıcaklığı arttıkça tabaka kalınlığı artmakta, çeliğin Si içeriği ağırlıkça %4.86 olduğu takdirde alaşım tabakası kalınlığında önemli azalma (incelme) görülmektedir. Tablo 5.1., farklı Si içeren çelikte yükselen banyo sıcaklığının parabolik ve lineer hız sabitlerine etkisini göstermektedir[4].

Tablo 5.1. Farklı silis içeren çelikte, sıcaklığın fonksiyonu olarak parabolik ve lineer hız sabitleri

Si içeriği % ağırlık	Sıcaklık(°C)								
	450	470	480	490	500	510	520	530	540
0	87	117	144	363	7,3	5,4	626	236	257
0.20	99	171	462	7,7	12,5	9,2	-	266	277
0.31	-	164	588	12,3	16,3	13,6	5,9	270	280
0.54	131	4,3	13	17,6	19,6	17,2	8,5	306	316
0.75	7,2	18,6	21,9	24	24,9	23,5	19	338	359
4.86	82	100	107	125	132	152	220	167	183

5.1.1. Silisyum içeren çeliklerin galvanizlenmesi

Silisyum içeren çeliklerin galvanizlenmesindeki zorluklar, klasik galvanizleme işlemleri ile önceki denemeler ve çalışmalarla yenilmeye çalışılmıştır. Silisyumlu çeliklerde, demir-çinko reaksiyon kinetiklerini kontrol edebilmek için en iyi yolu bulabilme çalışmalarında pek çok teknik denenmiştir. Ancak geliştirilen tekniklerin hiçbiri tam olarak karşılaşılan silisyum düzeylerinde faydalı olmamıştır. 460°C yi geçmeyen sıcaklıklarda banyoyu %0.02 ile %0.04 oranında Al katılması, %0.05 silisyum içeren çeliklerde fayda sağlayabilir. Çelik yüzeyini şiddetli basınç altında yakma işlemi de %0.12 silisyum içeren çeliklerde uygulanabilir. En yaygın metot 440°C yi aşmayan bir ısıda klasik tekniklerin, kısa bir daldırma süresiyle birleştirilerek uygulanmasıdır. Hafif yapısal şekillerde, herhangi bir ek ölçü kullanılmadan bu işlem uygundur. Ağır yapısal şekiller, kabul edilebilir bir seviye daldırma süresine indirebilmek için önceden bir ısıtma gerektirir.



Şekil 5.1. Silisyumla söndürülmüş ve söndürülmemiş çeliklerin 455°C de galvanizlenmesinde kaplama ağırlığı

Reaktif silisyum içeren çeliklerde galvanizleme işleminin uygulanmasında daha iyi kontrol imkanı sağlayan, iki teknoloji 1970'lerde geliştirilmiştir. Biri galvanizleme için çinko alaşımı Polgalva'yı kullanan patentli bir işlemdir. Diğer ise klasik tekniklerde kullanılan 450°C'lik ısı yerine galvanizlemede 550°C gibi yüksek bir sıcaklık kullanmaktır[1].

5.1.1.1.Polygalva işlemi

Polygalva alüminyum magnezyum, kalay ve kurşunu kontrollü miktarda içeren öncelikle bir çinko alaşımıdır. Alüminyum intermetalik tabakanın oluşumunu geciktirmek için kullanılırken, diğer metaller galvanizleme işleminin aynı esnada gerçekleşmesini sağlarlar. Konvansiyonel tekniklerle birlikte kullanılan galvanizleme öncesi yüzeyin hazırlanması iyi sonuç alabilme açısından önemlidir. Ardından aşağıdaki işlemler adım adım izlenmelidir.

- Yağdan arındırma, 80 ile 90°C arasında alkali banyoda durulama
- Asitte dinlendirme, %50 hidroklorik asit (inhibitörle birlikte) durulama
- Asitte dinlendirme, %70 hidroklorik (inhibitörsüz) Rutin ön hazırlık işlemleri de önemlidir.

Ayrıca haftalık bir çinko banyosu analizi gereklidir. Galvanizleme işlemleri esnasında, alüminyum ve magnezyum kayıplarını telafi etmek amacıyla banyoya ilave edilirler. Bu işlemlerle her an uygulamaya hazır bir alaşım dengesi sağlanır.

Polygalva işlemi %0.05 ile %0.20 oranları arasında silisyum içeren çeliklerin galvanizlenmesinde etkilidir[4].

5.1.1.2. Yüksek sıcaklık galvanizleme işlemi

Yaklaşık 550°C de galvanizleme işlemi uygulanırken, klasik galvanizleme sıcaklıklarında silisyum içeren çelikler için daha az hassas olan kaplama ağırlığı ve daldırma süresi ilişkisinin olduğu görülmüştür.

Yüksek sıcaklıkta kaplama ağırlığı zamanla doğrusal olarak daha az bir oranda artmaktadır. Daldırma zamanını 4 dakikadan 8 dakikaya iki kat arttırmak kaplama ağırlığını yaklaşık %30 oranında arttırmaktır.

Bu sıcaklıklarda çinko ergiyiği ve çelik arasındaki yüksek reaktivite nedeniyle çelik küvet yerine seramik bir küvet kullanılması zorunludur. Bu uygulama için, seramik teknolojisi nedeniyle çelik-küvetleri ısıtmakta kullanılan ısıtıcıların etkinliği de azalacaktır. Bu nedenle bu seramik küvetleri ısıtmada kullanılacak etkin ısıtma yöntemlerinin geliştirilmesi de ayrı bir gereksinimdir.

Yüksek bir sıcaklıktaki galvanizleme banyosunda %0.05'ten yukarı Alüminyum oranı kaplama ağırlığında sistematik bir etkiye sebebiyet vermez. Ancak %0.3 ten yukarı bir oran kaplama yapısına zarar verebilecek bir cüruf yüzeyi oluşturabilir. %0.03'lük bir alüminyum katkısı kaplama parlaklığının arzu edilen seviyeye gelmesini sağlamak açısından yeterlidir.

Yüksek sıcaklıktaki galvaniz kaplamalarında bazı yapışkanlık hataları meydana geldiği görülmüştür. Bunun eksik kurşun banyosundan kaynaklandığı sanılmaktadır. Sonuç olarak banyonun kurşun seviyesinin %1 oranında muhafaza edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında aşağıdaki banyo koşulları da dikkate alınmalıdır.

Sıcaklık 560°C de bulunmalı.

Demir içeriği %0.1 ile %0.2 arasında olmalı

Kurşun içeriği % 1 civarında olmalı

Alüminyum içeriği %0.05 civarında olmalıdır.

Kaplama, temel çeliğin silisyum içeriğinden bağımsız olarak açık gri ve düzgün bir durumdadır. Daha parlak kaplamalar üstte açıklandığı üzere alüminyum katkısı ile elde edilebilir. Ayrıca hava soğutması yerine su ile soğutma kullanılmalıdır. Tüm yüksek sıcaklık kaplamaların metalografik özellikleri benzerdir[5].

Yüksek sıcaklıkta galvanizlemeye tabi tutulan çeliğin mekanik özelliklerinin sonuçları testleri, konvansiyonel galvanizleme teknikleri kullanılarak elde edilen sonuçlardan kayda değer şekilde bir farklılık ortaya koymamaktadır. Bu testler, yüzey üzerindeki esneme, kaplamanın kırılmaya dayanıklılığı ve metal yorgunluğunu ölçmek için uygulanır.

Bu günlerdeki hızlı gelişmeleri nedeniyle, yüksek sıcaklık galvaniz kaplamalarının verimi artmakla beraber henüz klasik kaplamalarınki kadar yeterliliği belgelendirilememiştir. Ancak belli bir parçaya uygulanmış uzun süreli şartlar altında elde edilen verilere ve deniz, kent ve endüstriyel çevrelerde ivmesel olarak uygulanan hava şartları testlerine göre bu kaplamaların en az konvansiyonel kaplamalar kadar verimli oldukları ortaya konmuştur.

5.2. Mangan'ın Etkisi

%3-5 oranındaki manganezin etkisi oldukça şiddetlidir. Mn lineer bölgeyi yok etmektedir. Bu bölge konsantrasyon %8'e ulaştığı zaman tekrar ortaya çıkar. 420-550°C aralığında çok sert bir yapı elde edilir. %1-2 Mn oranında ise ağırlık kaybı ve

mikro yapılar üzerinde çok az bir etkisi olduğundan 8 ve y faz tabakalarının düzenli bir şekilde oluşmasına neden olur.

% 11 gibi yüksek bir Mn içeriğinde ise % alüminyum oran arttıkça kaplama kalitesi güzelleşmiştir. Daldırma süresi Pb'lu banyoda önemsizdir. Demir-çinko alaşım tabakası oranı %0.05 - 0.10 Al miktarlarında maksimum değere çıkmakta %0.15 Al'da minimum değere alaşımlı çeliklere göre daha iyi sonuç vermektedir. Çelik ağırlık kaybı ve demir-çinko alaşım tabakası daha düşük kalmıştır.

5.3. Fosfor Ve Kükürt'ün Etkisi

Çelikte mevcut fosfor alaşım tabakalarının düzensiz bir şekilde gelişmesine neden olur. Bu etki %1.1 konsantrasyonlarında daha büyük. Bu miktar P lineer reaksiyon bölgesini genişletir. Kubbe şeklindeki y patlaklarının altında ince bir 8 ve çok ince bir y tabakası görülür. Bu ani patlaklar alt tabakadaki veya Fe-Zn alaşım tabakalarının büyümesi ile içindeki fosforun ayrışmasına bağlıdır. Bu durum dengeyi bozduğu ve δ 'nın y dönüşümü arttığı düşünülmektedir. %1 oranında çelikte bulunan kükürt Fe-Zn reaksiyonu üzerine az bir etkiye sahiptir.

5.4. Diğer İlavelerin Etkisi

Silisyum içeren çeliklerde Ti, Nb ve V'un mevcut olması halinde galvanizleme sırasındaki reaksiyonlar üzerinde herhangi bir etki yapmadıkları ortaya çıkarılmıştır. Demire alüminyum ilavesi galvanizleme esnasında reaksiyon hızını düşürür. Böyle bir etki için oldukça fazla miktarda ilave gerektiği halde galvanizleme banyosuna demir-alüminyum alaşımının ilavesi de araştırılmıştır. Fakat sonuçta yapı gevrek olduğundan pek olumlu bir netice alınamamıştır.

Çelik yapısındaki mevcut Cr, Ni alaşım tabakalarının oluşum sıcaklık aralığını genişletir. Örneğin %11 Cr varsa 465°C - 520°C de ve %5 Ni varsa 440-550°C aralığında alaşım tabakaları oluşurlar.

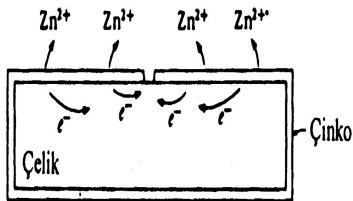
Mo ilavesi ise reaksiyon hızının artmasına neden olur, ama bu oran %5 Mo'e varıldığında reaksiyon hızı düşer.

BÖLÜM 6. GALVANİZLİ ÇELİKLERİN MİKROYAPISI

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 sanayinde kullanılmaktadır. Bundan dolayı, galvanizleme konusundaki gelişmelerin tüm toplumu etkileyeceği açıktır. Bu makalede, sıcak daldırma yöntemi ile galvanizleme ve çinko kaplama tavı (galvannealing) yaparak elde edilen malzemelerin mikro yapıları incelenmiştir. Galvanizlemede, kaplama yapısı genellikle çelik, G, d, z ve h fazlarından oluşur. Çinko kaplama tavında yapı çelik, z fazı, G fazı ve yüzeyde küçük bir miktar z fazı ile büyük miktarda d fazı içerir[6].

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.

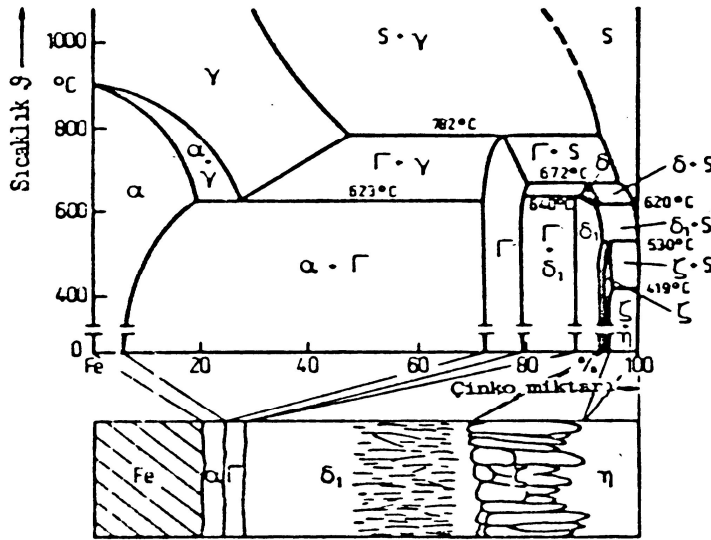


Şekil 6.1. Çinko Kaplanmış Bir Çeliğin Kaplama Çizildiğinde Davranışı

Korozyonun önlenmesi için korozyon hücrelerini 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.

6.1. Çinko Kaplama

Çinko, elektrokimyasal gerilim serisinde asallıktan oldukça uzak bir elementtir. Ayrıca, çeliğe göre daha anodik yani korozyona uğrayan taraftır. Nem veya suyun etkisi ile çinkonun yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşarak korozyon hızını azaltır. Bu özellikten yararlanmak için çinko ile kaplama yapılır. Şekil 1'de, kaplama çizildiği zaman çinkonun çelikle etkileştiği ve anodik olmaya devam ettiği görülmektedir[7].



Şekil 6.2. Çinko kaplama yapısının Fe-Zn denge diyagramı yardımı ile şematik açıklanması

Tablo 6.1. Fe-Zn denge diyagramındaki fazların özellikleri

Faz	Kristal yapı	Formül	Sertlik (HV0.025)
α -Fe (alfa)	HMK	Fe(Zn)	104
Γ (gama)	HMK	Fe ₃ Zn ₁₀	326
δ (delta)	Hegzagonal	FeZn ₁₀	358
ζ (zeta)	Monoklinik	FeZn ₁₃	208
η (eta)	Hegzagonal	Zn(Fe)	52

Şekil 6.2'de Fe-Zn denge diyagramını ve oluşan fazlar görülmektedir. Fe-Zn alaşım sisteminde oluşan fazların formülleri ve kristal yapıları Tablo 1'de görülmektedir.

6.2. Galvanizli Sacların Mikro Yapısı

Galvanizli sac kesilirken çelik ile çinko kaplama ara yüzeyindeki kenarların katmanlara ayrılmasından sakınmak gerekir. 600 no.lu zımpara ile ıslak zımparalama yapılabilir. Parlatma yapılırken kaplamayı lekeliendireceği 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 6.3, 6.4, 6.5 ve 6.6'da değişik parametrelerle galvanizlenmiş çeliklerin mikroyapıları görülmektedir [9]. Burada, dağlayıcı olarak önce %4 nital, sonra 200g CrO₃, 15g Na₂SO₄, 1l su içeren solüsyon kullanılmıştır. Şekil 6.3'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 6.4'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.



Şekil 6.3. Sıcak daldırma ile galvanizlenmiş çeliğin mikro yapısı (x250)



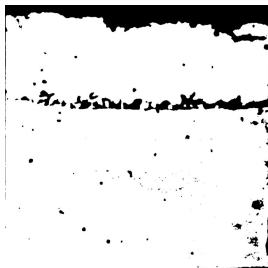
Şekil 6.4. Sıcak daldırma ile galvanizlenmiş çelikte aşırı alaşım tabakasının oluşumu (X500)

Galvanizleme öncesi çelik asitle aşırı temizlenir ise hidrojen absorpsiyonu oluşur. Absorbe edilen hidrojen, eğer çinko banyo sıcaklığında banyoyu tamamen terk etmezse gaz boşlukları ve kabarcıklardan dolayı kaplamaya engel olabilir. Şekil 6.5'de, gaz boşluklarından dolayı oluşan geniş siyah noktalar görülmektedir. Bu olay, aynı zamanda alaşım tabakalarında da engel oluşturabilir[9].



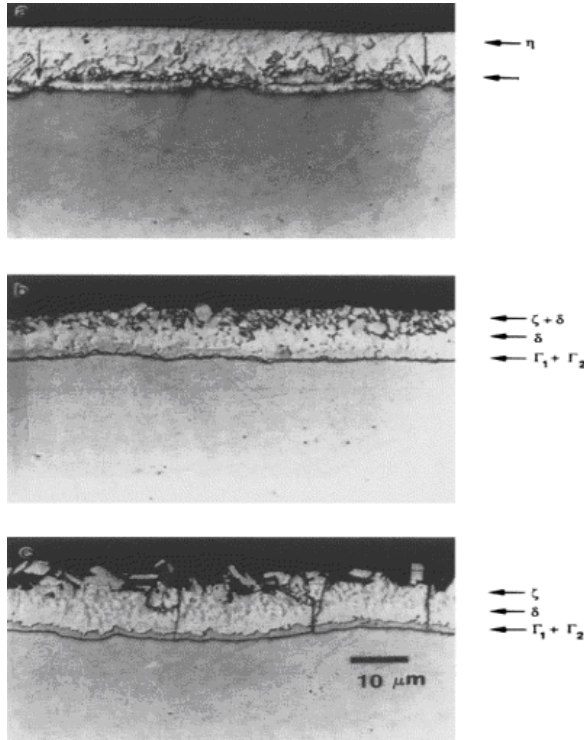
Şekil 6.5. Galvanizleme öncesi asitle aşırı temizlenmiş çeliğin mikro yapısı (X500)

Şekil 6.6'da sürekli galvaniz hattında galvanizlenmiş bir çeliğin mikro yapısı 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.



Şekil 6.6. Sürekli galvaniz hattında galvanizlenmiş bir çeliğin mikro yapısı (X500)

Çinko kaplama tavı yapılan çeliklerde ise tip 0, tip 1, tip 2 olarak adlandırılan üç değişik iç yapı görülür. Bunlardan birincisi, genellikle z fazı içeren az alaşımlanmış kaplama; ikincisi, 1mm'den daha az G alt tabakası ve yüzeyde küçük bir miktar z fazının yer aldığı büyük ölçüde d fazı içeren optimum alaşımlanmış kaplamadır. Üçüncüsü ise, 1mm'den fazla G alt tabakası ve en üstte z fazıyla birlikte kaplama/çelik ara yüzeyine dik d fazını içeren aşırı alaşımlanmış kaplamadır.



Şekil 6.7. Çinko kaplama tavı yapılan çeliğin mikro yapısı (Yukarıdan Aşağı; Tip 0, Tip1, Tip2)

6.3. 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[6].

Bir araştırmada, 560°C'de saf çinko banyosunda sıcak daldırma ile galvanizleme yapılmış ve bu kaplamaya üç noktadan eğme testi uygulanmıştır. İşlem sırasında çekme artık gerilmelerinin bir sonucu olarak d fazında mikro çatlaklar oluştuğu ifade

edilmiştir. Aynı zamanda, kaplama yüzeyine kadar çıkan çatlak yoğunluğunun, yalnızca çinkoca zengin dış tabaka kalınlığına bağlı olduğu iddia edilmiştir[10].

Başka bir çalışmada ise, Fe/Zn, Fe/Zn - %0.1Al ve Fe/Zn - %0.2Al çiftleri kullanılmıştır. Galvanizleme, malzeme 400°C sıcaklıkta, 10 dakikadan 50 dakikaya kadar değişik sürelerde tutularak yapılmıştır. Çinkoya alüminyum ilavesi ile başlangıçta, engelleyici metallere arası bileşik oluştuğu belirtilmiştir. Tutma süresi 30 dakikadan az olduğunda, üçlü çiftlerde, faz büyümesini engelleyici bir d/z bölgesel faz oluşumu görüldüğü ifade edilmiştir. Bununla birlikte, tutma süresi 40 dakikadan daha fazla olduğunda, bu fazın çözüldüğü belirtilmiştir. Aynı zamanda, ikili çiftlerde büyüyen metallere arası fazın, kısa zamanda z fazı tarafından bastırıldığı, ama 30 dakikadan daha uzun sürede d fazının baskın olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla, üçlü çiftlerde z ve d artma oranının tutma süresine bağlı olduğu ifade edilmiştir[11].

Bir araştırmada da, alevin galvanizlenmiş dikenli tellere etkisi incelenmiştir. 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 metallere arası tabakalarda oluştuğu belirtilmiştir.

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

hem pullanma, hem de tozlaşma (kaplama kalınlığından daha küçük boyutta partiküller oluşacak şekilde kaplama içindeki kırılma) dayanımını artıracağı ileri sürülmüştür[12].

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

BÖLÜM 7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

7.1. Giriş

Sıcak Daldırma Galvanizleme, erimiş çinko banyosuna daldırılan demir ve çelik malzemelerin yüzeyine çinko ve çinko bileşikleri içeren koruyucu bir kaplama yapma işlemidir. Koruyucu kaplama genellikle birkaç tabakadan meydana gelir. Temel metale yakın olanlar, demir-çinko bileşiklerinden meydana gelmiştir. Üst üste yer alan bu tabakaların en dışında tamamen çinkodan meydana gelen bir tabaka yer alır.

Sıcak daldırma galvanize kaplamalar çelik imalat cinsi malzemelerin üzerine ve korozyona karşı koruyucu bir tabaka elde etmek amacıyla yapılır. Sıcak daldırma çinko kaplamalar, sülfür dioksit ve diğer endüstriyel kirleticilerin düşük konsantrasyonda oldukları ortamlarda uzun süre dayanıklılıklarını korurlar. Bu kaplamalar ayrıca denizcilikle ilgili çoğu alanda tatmin edici sonuç verir. Daha zor koşullardaki kaplamalar ASTM' nin A123 standardında belirtilmiş olan 610 gr/m² den (2 oz/ft²) biraz daha kalın yapılır veya galvanize kaplamanın üzeri boyanarak koruyuculuk özelliğinin artırılması tercih edilir.

Bu nedenle bu çalışmada farklı çeliklerinin kaplama davranışları, kaplama kalınlıkları, sertlik ölçümleri incelenmiştir. Kaplama yöntemi olarak da yüksek korozyon direncine sahip sıcak daldırma galvanizleme seçilmiştir.

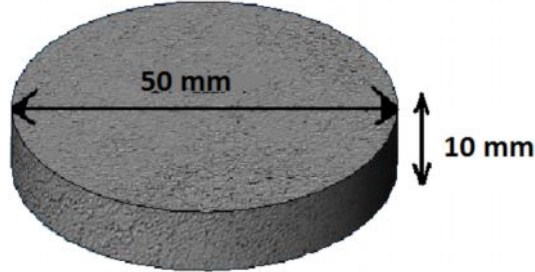
7.2. Deneylerin Yapılışı

Deneylerde kimyasal bileşimleri Tablo 7.1.'de verilen çelikler kullanılmıştır.

Tablo 7.1 Deneylerde kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi

Çeliğin Cinsi	Kimyasal Bileşimi (% Ağırlıkça)								
	Cu	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
St 37	0.051	0.17	0.20	0.70	0.015	0.32	-	-	-
1020	0.047	0.21	0.18	0.88	0.012	0.034	-	-	-
1040	0.059	0.41	0.23	0.87	0.017	0.025	-	-	-
Ck45	-	0.43	0.32	0.57	0.022	0.012	0.18	0.12	0.019

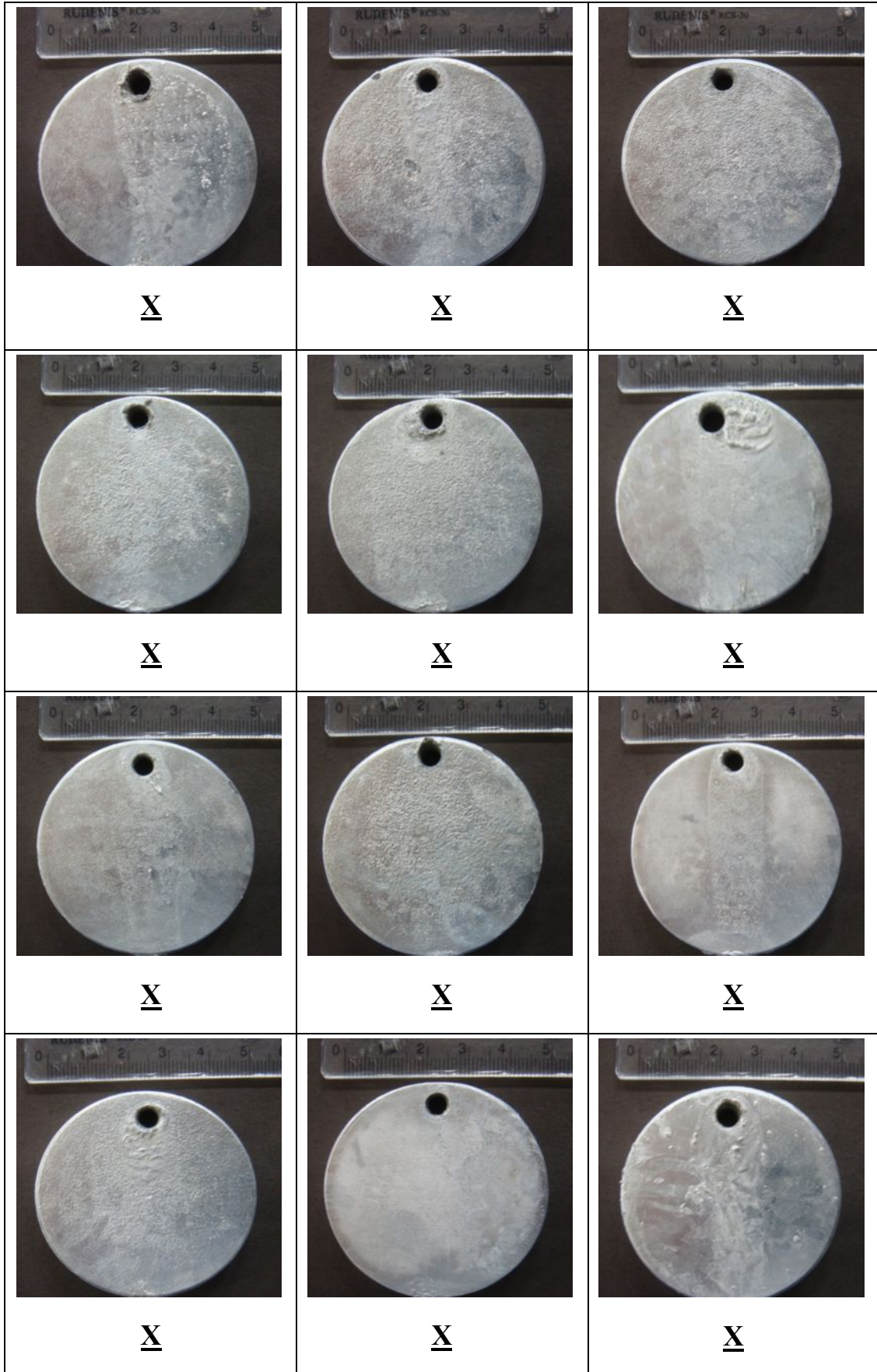
Deneysel çalışmalarda Tablo 7.1’de kimyasal bileşimleri verilen St37, 1020, 1040 ve Ck45 çelikleri kullanılmıştır. Çelikler 50 mm çaplı ve 10 mm olarak kesilerek, yüzeyleri 1000 gridlik zımparaya kadar zımparalanarak temizlenmiştir. Hazırlanan çeliklerin uç kısımandan 5’lik matkap ucu kullanılarak askılama deliği açılmıştır. Yüzeyleri temizlenen çelikler genel sıcak daldırma galvaniz prosedürüne uygun olarak kaplanmıştır. Hazırlanan numunelerin boyutları Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



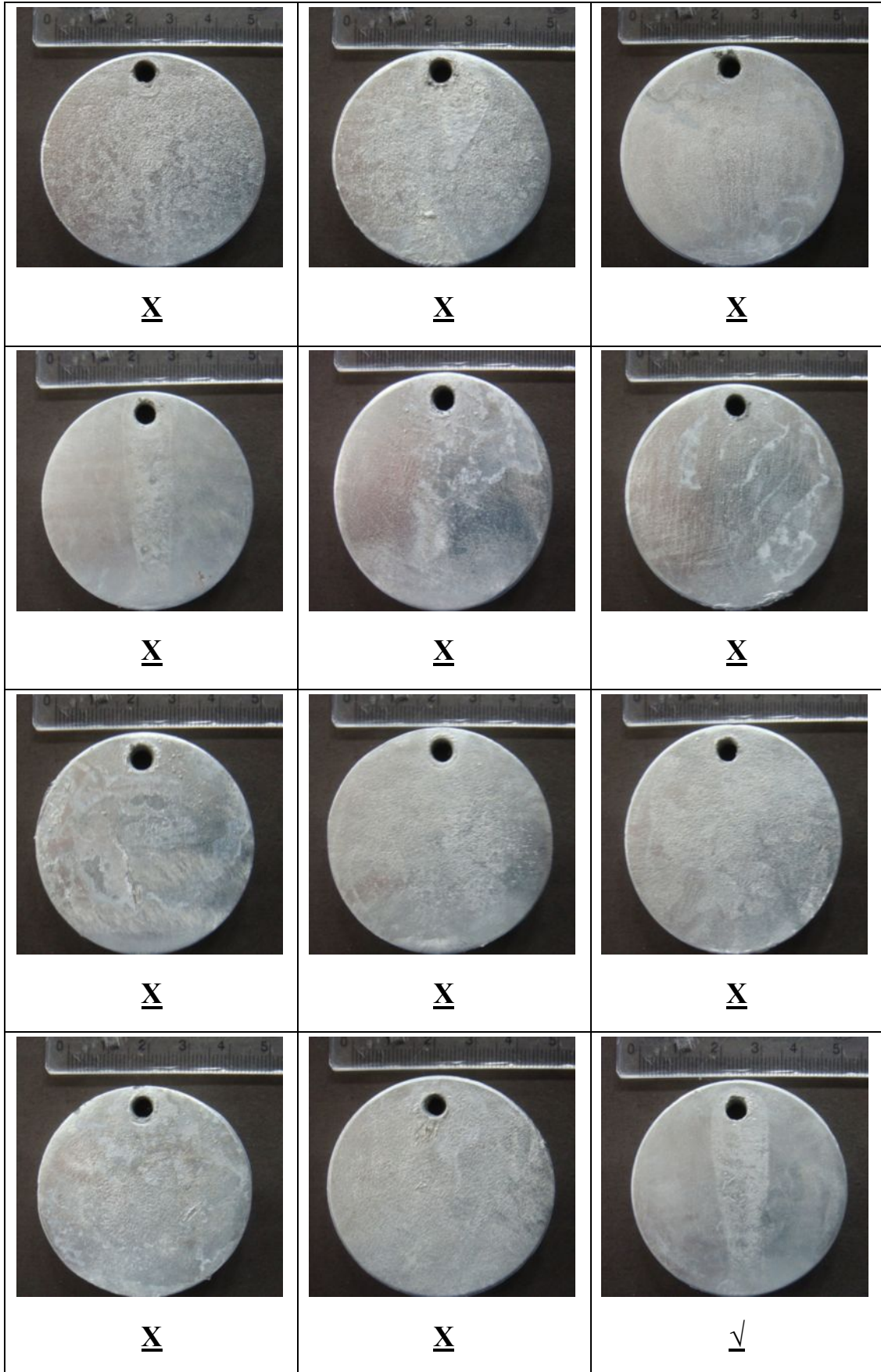
Şekil 7.1. Deney numelerinin geometrik şekli ve ölçüleri

Kaplamalar için farklı sıcaklıklar ve farklı süreler kullanılmıştır. Kullanılan galvaniz ocağı sıcaklığı 440°C, 445°C, 450°C ve kaplama süresi olarak da 2dk, 4dk, 6dk ve 8dk olarak belirlenmiştir.

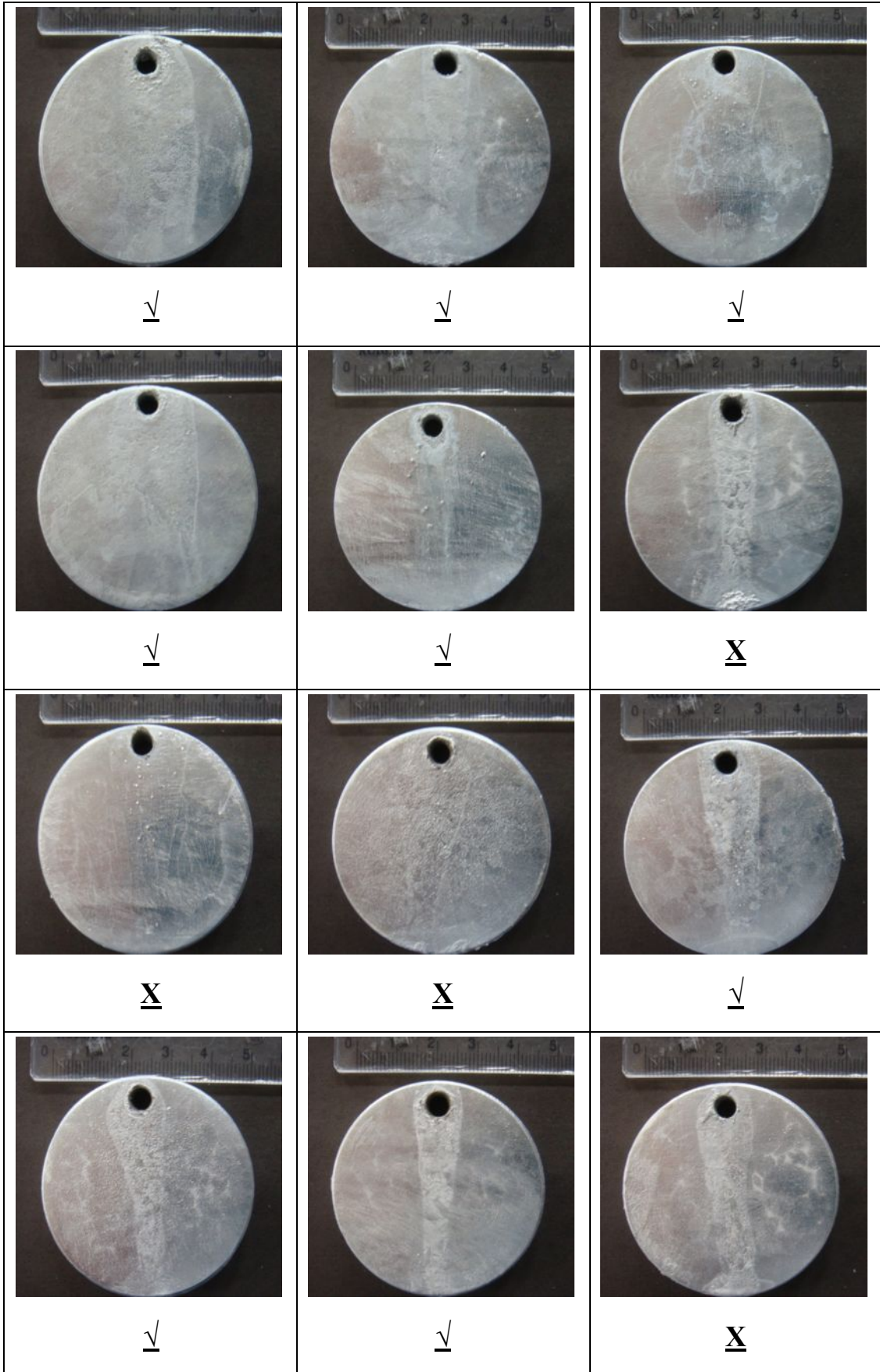
Kaplamaları yapılan numuneler çok fazla ve parametre değişkenleri de fazla olduğundan dolayı numunelerden elemeler yapılmıştır. Bu eleme yapılırken ilk olarak bütün numunelerin makro fotoğrafları çekilmiş olup daha sonra hem gözle hem de interaktif ortamda incelenerek yüzey kalitesine göre seçim yapılmıştır.



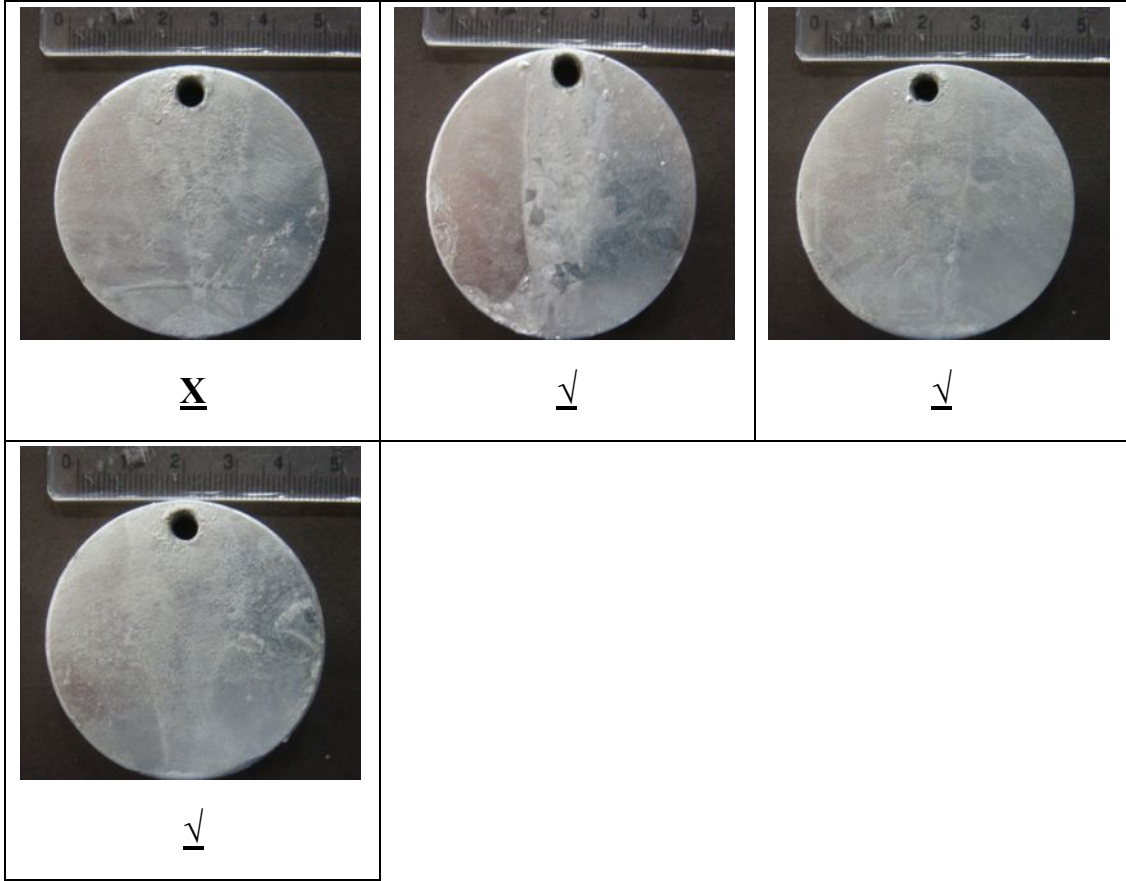
Şekil 7.2. Kaplanan numunelerin makro resimleri



Şekil 7.2. Devam



Şekil 7.2. Devam



Şekil 7.2. Devam

7.3. Metalografik İncelemeler

Yüzey kalitesine, pürüzlülüğüne, parlaklığına göre seçilen numuneler metalografik inceleme yapılmak üzere hazırlanmaya başlanmıştır. İlk olarak numuneler Struers Labotom-3 adlı disk ile bakalite uygun hale getirebilmek için kesilmiştir.

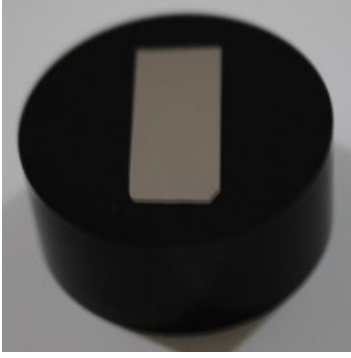


Şekil 7.3. Struers Labotom-3 disk kesme cihazı

Daha sonra kesilen numuneler Struers Citopress-10 adlı bakalit makinesinde sıcak bakalite alınmışlardır.



Şekil 7.4. Struers Citopress-10 bakalite alma cihazı



Şekil 7.5. Bakalite alınmış numune resmi

Bakalit işlemleri bittikten sonra numunelerin karışmaması ve incelemeler sırasında daha kolay çalışılması için kodlama yapılmıştır. Kodlama yapılırken kullanılan parametreler aşağıdadır;

Altlık Malzemeler:

St37 çeliği	1040 çeliği	1020 çeliği
↓	↓	↓
1	2	3

Sıcaklık:

440 C°

445 C°

450 C°

↓

↓

↓

A

B

C

Süreler: 2 dk, 4 dk, 6 dk, 8 dk

Bakalite alınan numuneler Struers Terapol-21 adlı otomatik parlatma makinesinde işleme tabi tutulmuştur. Parlatma kademeleri; 220-600-1200'lük zımpara, MD Allegro plaka zımpara, MD Dac, MD Nac ve MD Chem'dır.



Şekil 7.6. Struers Terapol-21 otomatik parlatma cihazı

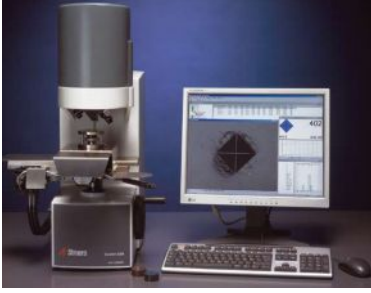
Hazırlanan numunelerin mikroyapı incelemeleri Zeiss İmager A.1 M marka optik mikroskop ile 50 X, 200 X ve 500 X büyütme ile gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda kaplama tabakasının kalınlık ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 7.7. Zeiss İmager A.1 M optik mikroskobu

7.4. Mikrosertlik Ölçümleri

Üretilen numunelerin sertlik ölçümleri, metalografik olarak hazırlandıktan sonra, Struers Duramin A300 marka mikrosertlik ölçme cihazında Hardnell Vickers sertlik ucu kullanılarak 100 gr yük 5 sn süre ile uygulanarak üç farklı yüzeyden sertlik ölçümü alınmıştır.



Şekil 7.8. Struers Duramin A300 sertlik ölçme cihazı

7.5. SEM (Scanning Electron Mikroskopy) Analizi

Metalografik olarak hazır edilen numuneler, Tescan Easy Probe marka taramalı elektron mikroskobunda incelenmiştir. Ancak bütün numunelerden SEM görüntüsü alınmamıştır. En iyi, orta ve kötü olarak belirlenen 3 adet numunenin görüntüleri incelenmiştir.



Şekil 7.9. Tescan Easy Probe taramalı elektron mikroskobu

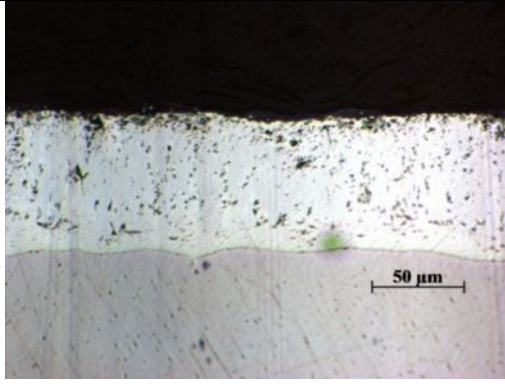
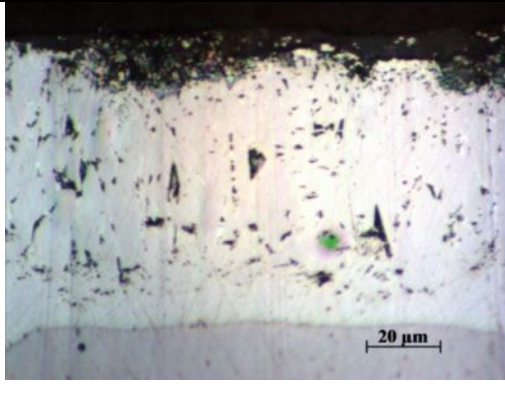
BÖLÜM 8. DENEYSEL SONUÇLAR

8.1. Giriş


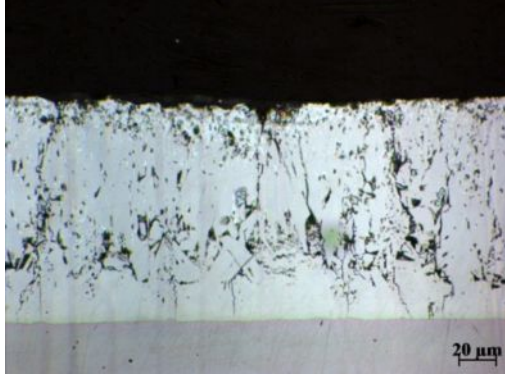
Bu çalışmada Tablo 7.1.'de bileşimleri verilen St37, 1020, 1040 ve Ck45 çeliklerinin, farklı sıcaklık ve sürelerde, sıcak daldırma galvanizleme yöntemi ile kaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kaplanmış numunelerin özellikleri, mikroyapı (optik mikroskop), mikrosertlik ve SEM analizi testleri yardımlarıyla belirlenmiştir.

Sıcak daldırma galvaniz kaplanmış numuneler mikroyapıları, tabaka kalınlıkları, sertlikleri belirlenmiş ve SEM analizi yapılmıştır.

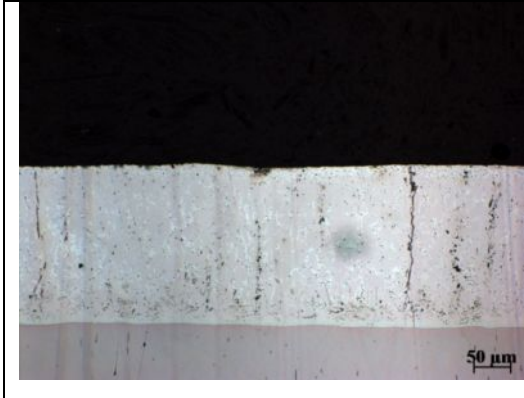
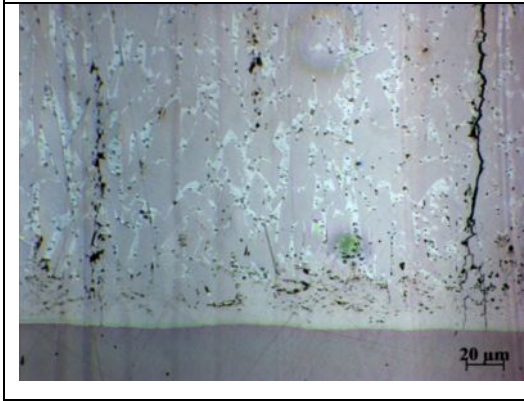
8.2. Metalografik İncelemeler

	<p>Tabaka kalınlığı kısmen homojen şekilde dağılmıştır. Üst yüzeyde pürüzler bulunmaktadır. Kaplama ara yüzeyinde çatlaklar mevcuttur. Altlık ile kaplama bölgesindeki yapışma düzgün bir şekilde gerçekleşmiştir. Tabaka genel olarak 2 farklı zondan oluşmaktadır.</p>
	<p>Aynı numunenin yüksek büyütmedeki optik mikroskop görüntüsünde, I. zon tabakasında çatlakların olduğu, II. zon tabakasında ise kaplamanın homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir.</p>


Şekil 8.1. 1A2 numunesinin mikrografisi

	<p>Tabaka kalınlığı homojen bir şekilde dağılmıştır. Üst yüzey pürüzlüdür. Tabaka genel olarak 3 ana zondan meydana gelmektedir. I. zon üst pürüzlü yüzey, II. zon orta kısım, III. zon altlık ile kaplama ara yüzeyidir.</p>
	<p>Aynı numunenin farklı büyütmedeki optik mikroskop görüntüsüne bakıldığı zaman yapışmanın mükemmel bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir. II. ile III. zon tabakası arasında çatlaklı bir yapı gözlenmiştir. Büyük siyah porozite boşlukları açıkça görülmektedir.</p>


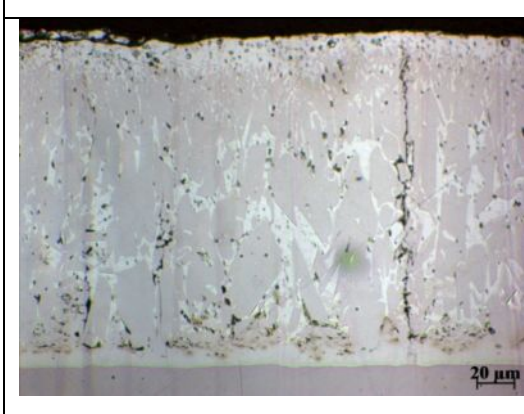
Şekil 8.2. 1A4 numunesinin mikrografisi

	<p>Genel olarak tabaka kalınlığı değişimi son derece homojen, kaplama bölgesinde farklı yapısal bölgeler gözükmemektedir. Altlığa yapışmanın son derece mükemmel bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür. Fakat tabakayı boydan boya bölen bir çatlak gözlenmiştir.</p>
	<p>Aynı numunenin yüksek büyütmedeki optik mikroskop görüntüsüne baktığımız zaman çatlağın tabana kadar ulaşmadığını ve altlığın korozyondan korunması noktasında önem arz etmektedir. Tabaka bünyesinde farklı intermetaliklerin olduğu göze çarpmıştır.</p>


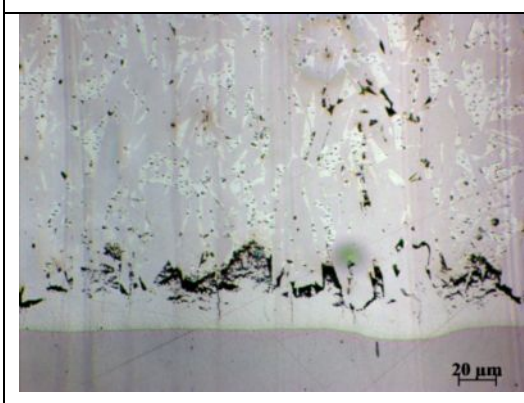
Şekil 8.3. 1A8 numunesinin mikrografisi

	<p>Kaplama kalınlığının kısmen homojen dağıldığı görülmektedir. Kaplama bölgesinde 3 farklı zon gözlenmektedir. I.zon olan üst yüzeyde az miktarda pürüzlülükler mevcuttur. II. zon ile III. zon arasında ise çatlakların olduğu görülmüştür.</p>
	<p>Bu çatlakların olmasının sebebi olarak kullanılan altlık çelik malzemenin kimyasal içeriğindeki Kükürt oranının fazla olmasında kaynaklanabilir. III. zon bölgesinde ise yapışmanın son derece mükemmel bir şekilde gerçekleştiği açıkça görülmektedir.</p>


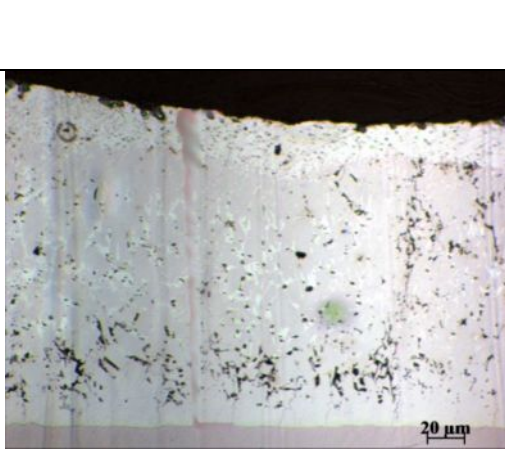
Şekil 8.4. 1B4 numunesinin mikrografisi

	<p>1B6 numunesinin kaplama kalınlık değişimi homojen bir şekilde gerçekleşmiştir. Genel olarak 2 farklı zondan oluşmuştur diyebiliriz. I. zon bölgesinde farklı intermetaliklerin oluşumu göze çarpmıştır.</p>
	<p>Aynı numunenin yüksek büyütmedeki optik mikroskop görüntüsü incelendiği zaman ise bu intermetaliklerin varlığı daha belirgin bir şekilde görülmüştür. II. zon tabakasında ise yapışmanın homojen bir şekilde olduğu tespit edilmiştir. Bu sıcaklıkta ideal bir kaplama göstermiştir.</p>


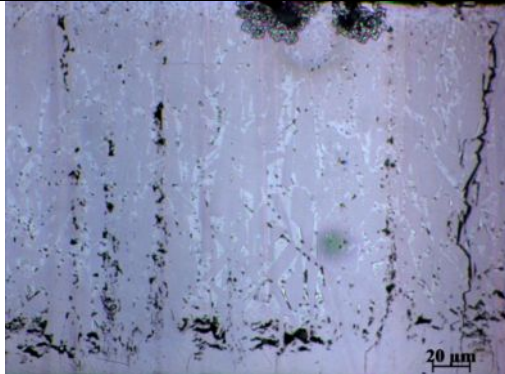
Şekil 8.5. 1B6 numunesinin mikrografisi

	<p>Genel olarak homojen bir kaplama kalınlığı olmasına rağmen, I. zon bölgesinde poroziteler görülmüştür. II. zon tabakasında ise kaplamanın düzgün bir şekilde gerçekleştiği, intermetaliklerin oluştuğu görülmüştür.</p>
	<p>Ancak sıcaklığın artmasına rağmen II. ve III. zon tabakası arasında çatlakların oluştuğu tespit edilmiştir. III. zon tabakasında ise yapışmanın son derece homojen bir şekilde dağıldığı görülmüştür.</p>

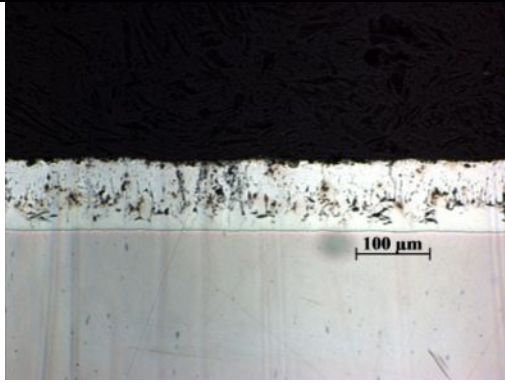
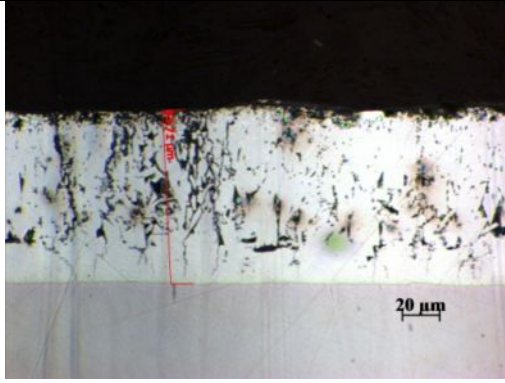
Şekil 8.6. 1C8 numunesinin mikrografisi

	<p>Kaplama yüzeyi bölgesi ve kalınlığı düzensiz bir şekilde oluşmuştur. Genel olarak 3 farklı zon varlığı görülmüştür. I. zon tabakasındaki düzensiz dağılım dikkati çekmiştir. II. zon tabakasındaki çatlakların fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu çatlakların sebebi olarak çeliğin kimyasal kompozisyonundaki fosfor oranının yüksek olması diyebiliriz.</p>
	<p>Aynı numunenin yüksek büyütmedeki optik mikroskop görüntüsü incelendiğinde ise, II. zonda ve II. ile III. zon tabakaları arasındaki bu çatlakların varlığı daha net bir şekilde belirlenmiştir. III. zon tabakasındaki kaplamanın homojen ve yapışmanın uygun bir şekilde gerçekleştiği belirlenmiştir.</p>


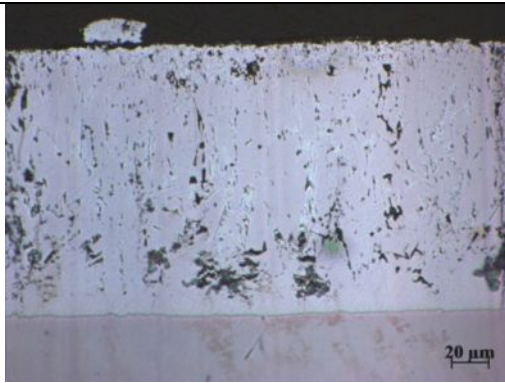
Şekil 8.7. 2A4 numunesinin mikrografisi

	<p>Kaplama kalınlık değişimi olarak düzensiz bir şekilde gerçekleşmiştir. 3 farklı zon tabakası mevcuttur. I. zon tabakası olan kaplama yüzeyinde çatlaklar mevcuttur. II. zon olan kaplama bölgesinde ise derin bir çatlak söz konusudur.</p>
	<p>Bu derin çatlak altlık malzemeye kadar ulaşmadığından dolayı korozyondan korunmanın devamlılığı açısından önemlidir. III. zon tabakasında ise kaplamanın ve yapışmanın düzenli bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür.</p>

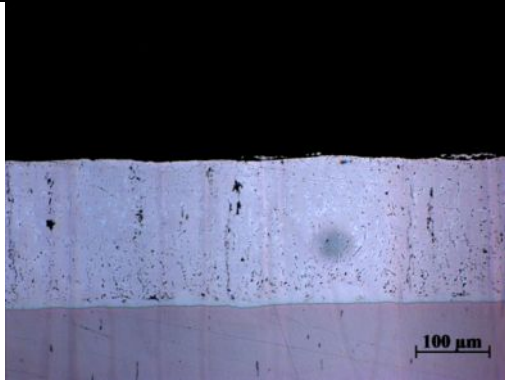
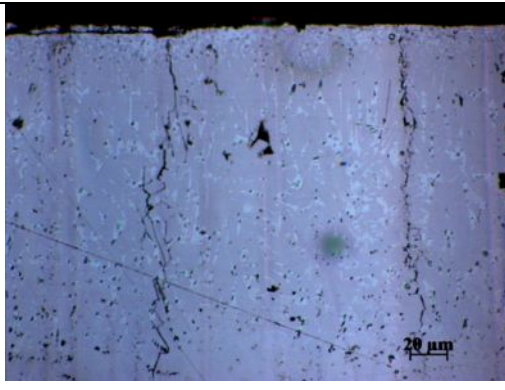
Şekil 8.8. 3A6 numunesinin mikrografisi

	<p>Genel olarak kısmen homojen bir dağılım sergilenmiştir. 3 farklı zon yapısı tespit edilmiştir. I. zon kaplama yüzeyinde ve II. zon kaplama bölgesinde çatlakların çoğunluğu göze çarpmıştır. Bu çatlakların fazlalığının sebebi çelik kimyasal kompozisyonundaki Kükürt oranının yüksek olmasından olabilir.</p>
	<p>III. zon bölgesinde ise, diğer bölgelerdeki düzensizliklerin aksine son derece homojen bir dağılım ve yapışma olduğu göze çarpmıştır. I. ve II. zondaki çatlaklarının fazla olması malzemenin korunması açısından negatif bir durum yaratabilir.</p>


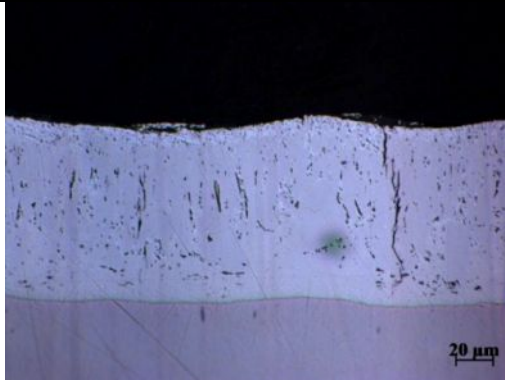
Şekil 8.9. 3B2 numunesinin mikrofrafisi

	<p>Kaplama kalınlığı değişimi olarak kısmen homojen bir dağılım sergilenmiştir. 3 farklı zon bölgesi görülmüştür. I zon bölgesi olan kaplama yüzeyinde ve II. zon bölgesi kaplama bölgesinde, sürenin artmasına rağmen yine çatlakların varlığı gözlenmiştir.</p>
	<p>Ancak yine III. zon bölgesinde homojen dağılımın olduğu ve yapışmanın mükemmel bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir.</p>

Şekil 8.10. 3B4 numunesinin mikrofrafisi

	<p>Genel olarak kaplama kalınlığı dağılımı homojen bir şekilde gerçekleşmiştir. Kaplama bölgesi olarak bir bütün olarak görülmesine karşılık 2 farklı zon oluşmuş diyebiliriz. I. zon tabakasında sürenin artmasıyla çatlakların belirgin bir şekilde azaldığı görülmüştür.</p>
	<p>Bu çatlakların azalmasıyla birlikte farklı intermetaliklerin oluşumu da görülmeye başlanmıştır. II. zon tabakasında ise yapışmanın mükemmel bir şekilde olduğu görülmüştür. Sıcaklık ve süre bakımından kaplama için ideal olduğunu söyleyebiliriz.</p>

Şekil 8.11. 3B6 numunesinin mikrofrafisi

	<p>Kaplama kalınlık değişimi değişken bir dağılım göstermiştir. Bu değişkenliği sebebi olarak sıcaklığın yüksek olması ile beraber sürenin kısa tutularak pişmenin tam olarak olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Kaplama bölgesinde ise bir miktar çatlakların varlığı görülmüştür.</p>
	<p>2 farklı zondan oluşan bu kaplamada, I. zon tabakasında boydan bir çatlağın olduğu ancak bu çatlağın tabana kadar ulaşmadığı belirlenmiştir. II. zon takasında ise dağılımın homojen ve yapışmanın düzgün bir şekilde olduğu belirlenmiştir.</p>

Şekil 8.12. 3C2 numunesinin mikrofrafisi

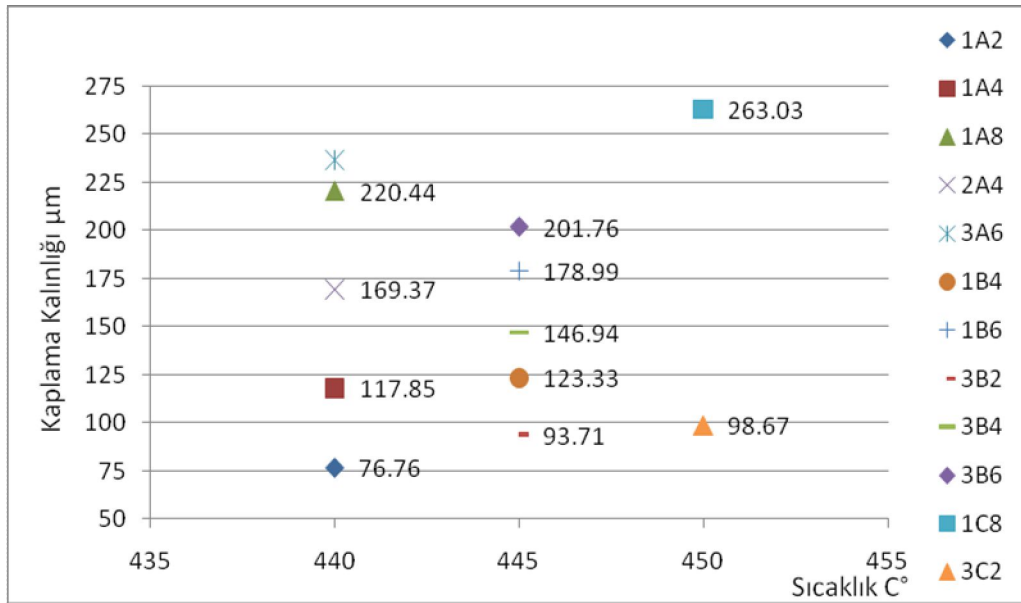
8.3. Tabaka Kalınlığı

Kaplanan numunelerin kaplama kalınlıkları ölçüldüğünde en düşük kaplamanın 76 mikron ile 1A2 numunesinde, en yüksek kaplamanın 263 mikron ile 1C8 numunesinde olduğu ölçülmüştür.

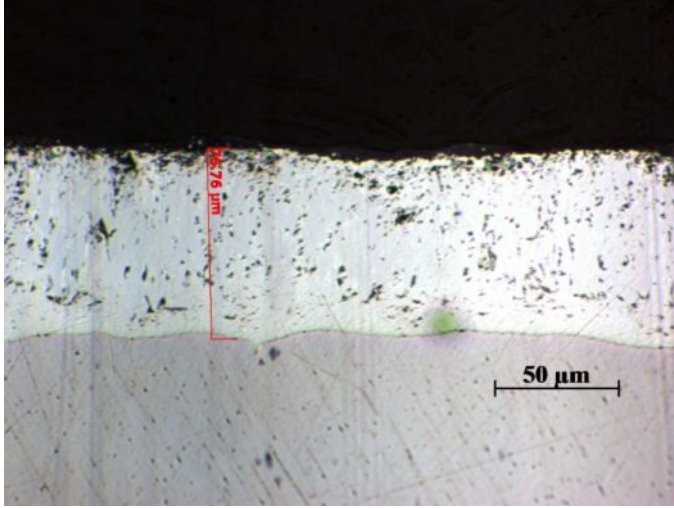
Kaplama kalınlıklarının düşük olmasının sebeplerinden bir tanesi sürenin kısa tutularak akışkanlığın hızlı olması ve malzemenin pişmesine izin verilmemesidir.

Kaplama kalınlıkları incelendiği zaman, kaplama kalınlığı artan ve fazla olan numunelerde hem sıcaklığın artması hemde sürenin artması etkili olmuştur.

Kimyasal yapılar göz önünde bulundurulduğu zaman, Silisyum oranı yüksek olan çeliklerin kaplama tabakasının kalın ve mat olmasına sebep olmaktadır.



Şekil 8.13. Sıcaklığa bağlı kaplama kalınlıklarındaki artış grafiği



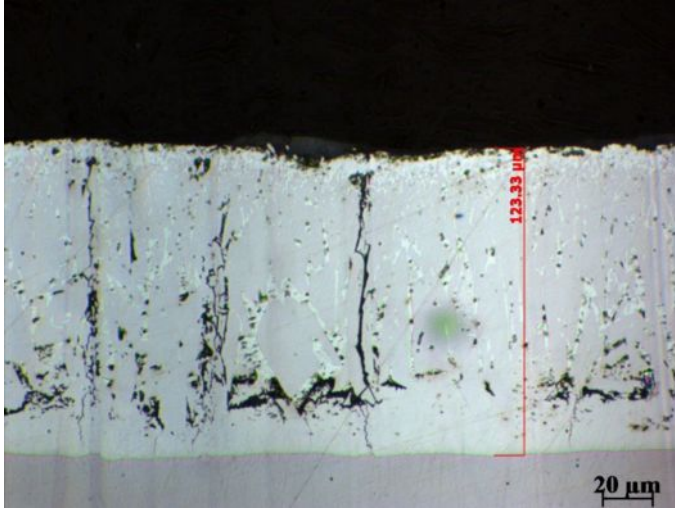
Şekil 8.14. 1A2 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 76,76 µm



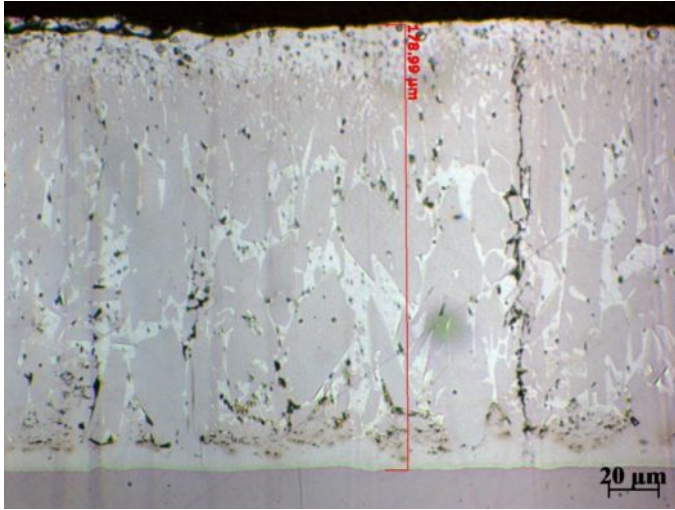
Şekil 8.15. 1A4 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 117,85 µm



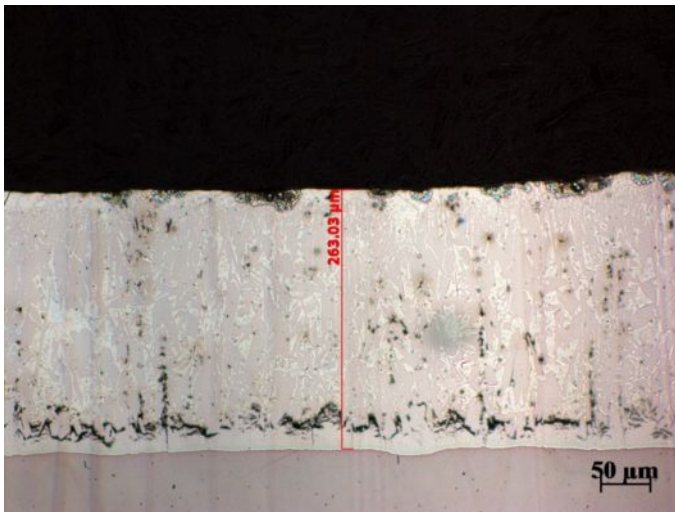
Şekil 8.16. 1A8 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 220,44 µm



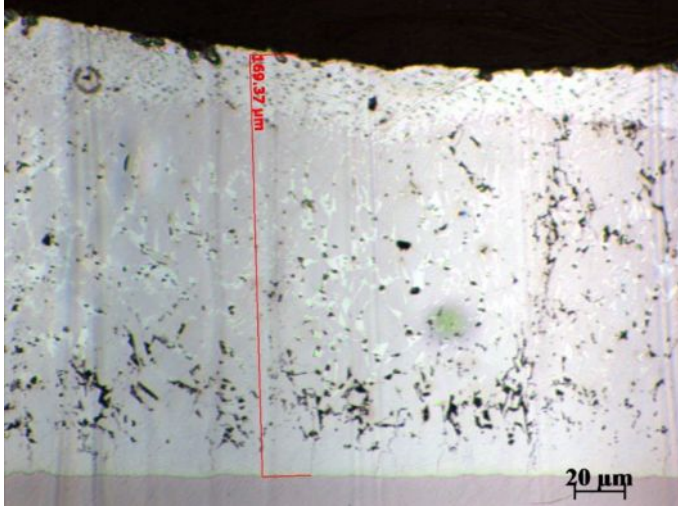
Şekil 8.17. 1B4 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 123,33 μm



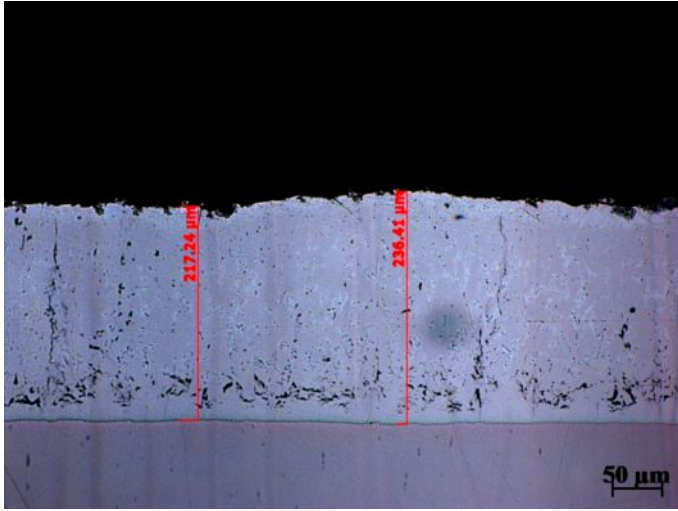
Şekil 8.18. 1B6 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 178,99 μm



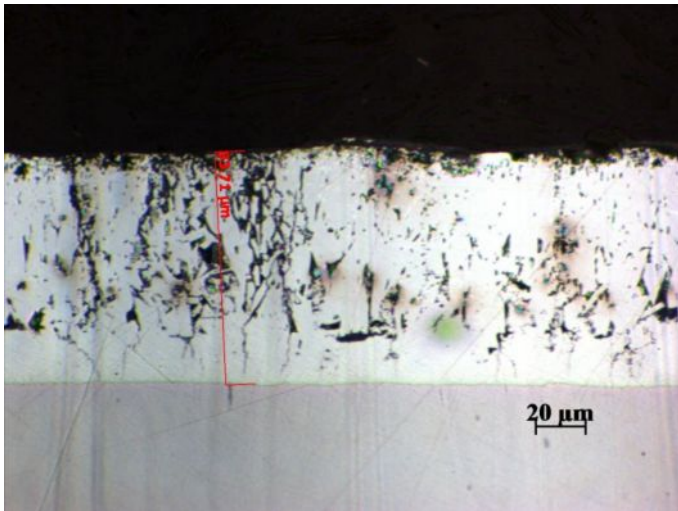
Şekil 8.19. 1C8 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 263,03 μm



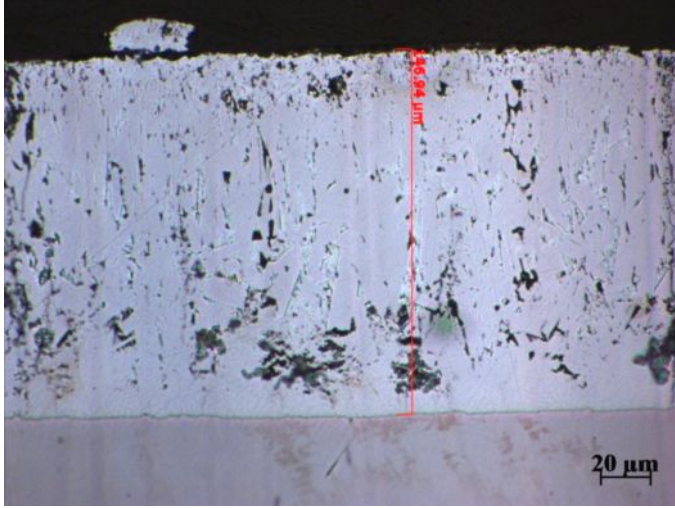
Şekil 8.20. 2A4 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 169,37 µm



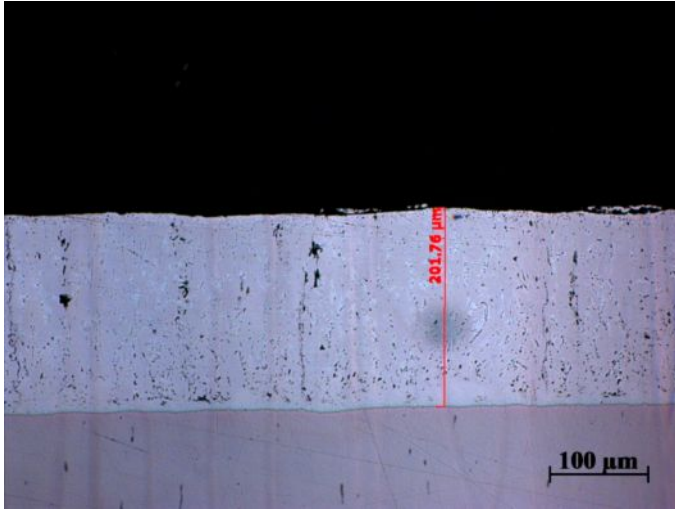
Şekil 8.21. 3A6 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 236,41 µm



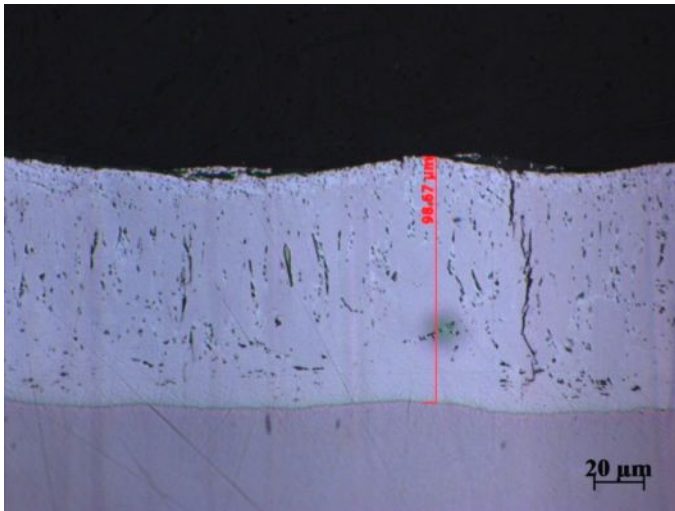
Şekil 8.22. 3B2 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 93,71 µm



Şekil 8.23. 3B4 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 146,94 µm



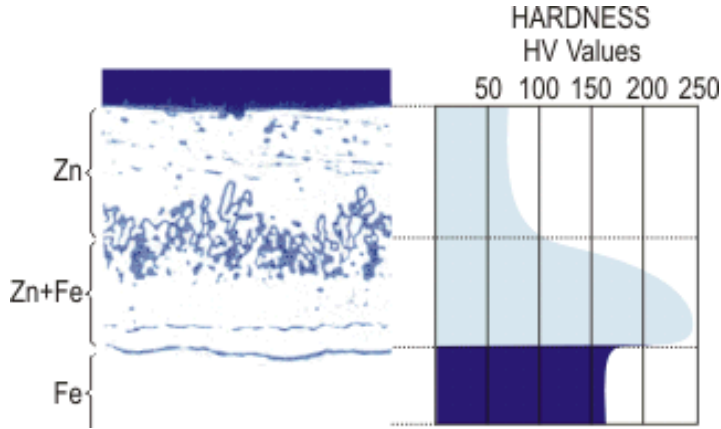
Şekil 8.24. 3B6 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 201,76 µm



Şekil 8.25. 3C2 numunesinin tabaka kalınlığı ölçümü: 98,67 µm

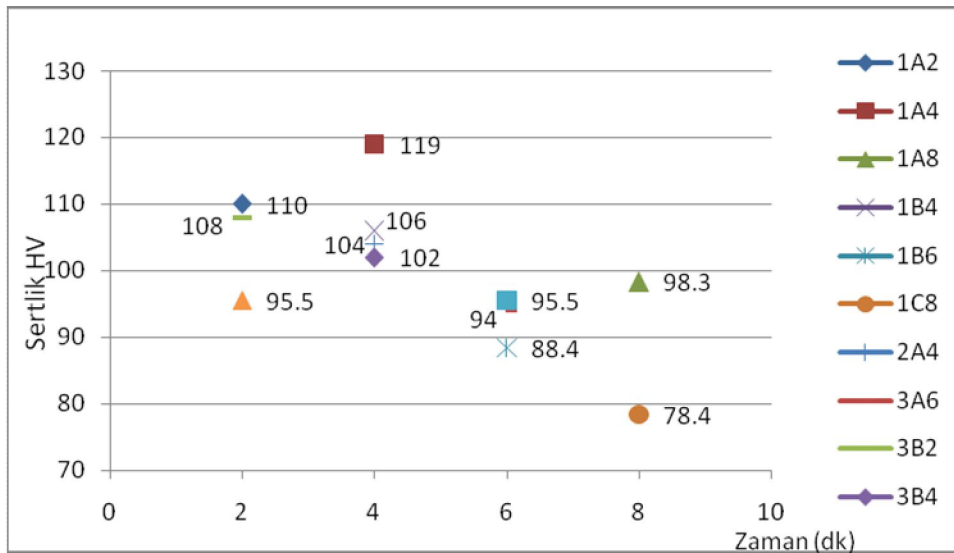
8.4 Mikrosertlik Ölçümleri

Sıcak daldırma yöntemine tabi tutulan çeliklerin sertlik ölçümleri kaplama tabakasından 3 farklı yerden alınmıştır. Ölçümler Vickers indentörü ile 100 gr yük altında 5 sn tutma ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8.26. Kaplama bölgesin sertlik değişimleri

Yukarıdaki şekilden de görüldüğü üzere kaplama bölgesindeki sertlik değişimleri, kaplama yüzey bölgesinden altlık malzemeye ilerledikçe arttığı görülmektedir.



Şekil 8.27. Kaplama üst bölgesinden alınan zamana bağlı sertlik değişim grafiği

Aşağıdaki tabloda, St37, 1020, 1040 ve Ck 45 çeliklerinin 3 farklı noktadan alınan mikrosertlik ölçümleri verilmiştir.

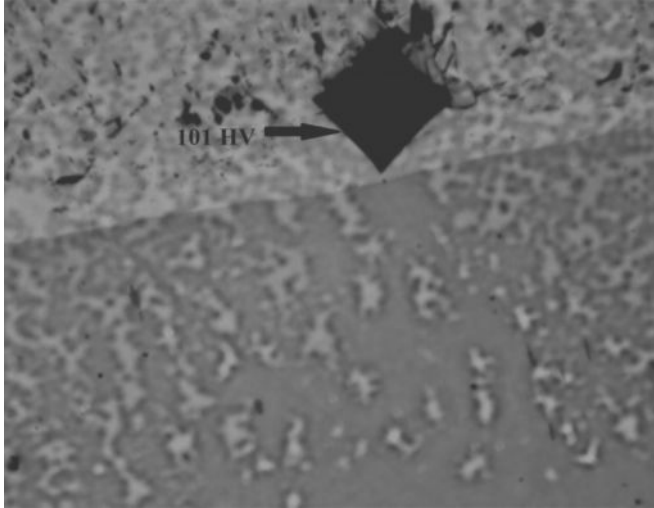
Tablo 7.2. Mikrosertlik ölçümleri HV_{0,01}

Yer Numune	Üst Bölge	Orta Bölge	Alt Bölge
1A2	110	-	120
1A4	119	127	131
1A8	98,3	108	116
1B4	106	112	120
1B6	88,4	88,5	104
1C8	78,4	83,4	86,4
2A4	104	104	145
3A6	94	112	137
3B2	108	-	118
3B4	102	113	133
3B6	95,5	102	113
3C2	95,5	98	101

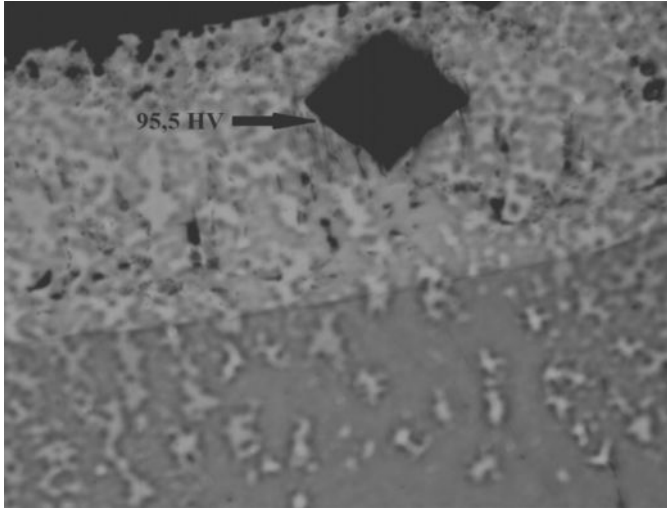
Sertlik ölçümleri incelendiği zaman değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Ancak kaplama süresinin çok fazla artması sertliklerin bir miktar düşmesine sebep olmuştur. Kaplamanın üst kısmından malzemeye doğru inildiğinde sertliklerin arttığı belirlenmiştir.

Yukarıdaki tabloda tek göze çarpan nokta 2A4 numunesinin kaplama alt bölgesindeki sertlik değerinin çok yüksek çıkmasıdır. Bunun nedeni ise çeliğin kimyasal içeriğinde bulunan Mangan'ın orada yoğun bir şekilde olması ve dros denilen katılaşmış tabakanın orada olması ihtimalidir.

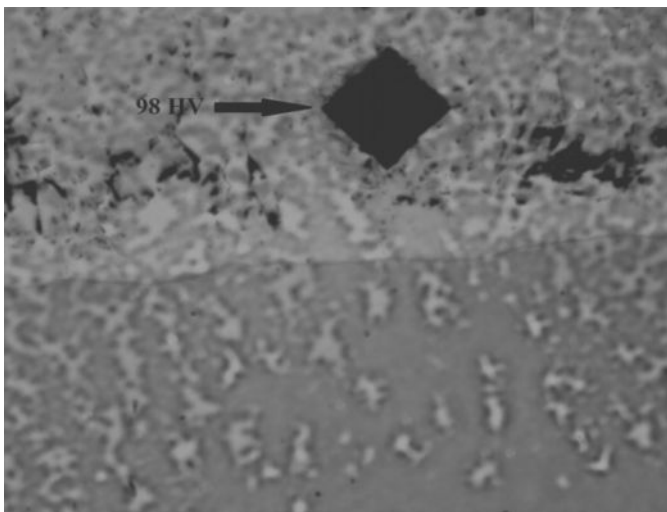
Çelikte bulunan Mangan lineer bölgeyi yok ederek sert bir yapı ortaya çıkmasına sebep olur.



Şekil 8.28. 3C2 numunesinin kaplama alt bölgesinden alınan sertlik ölçümü



Şekil 8.29. 3C2 numunesinin kaplama üst bölgesinden alınan sertlik ölçümü



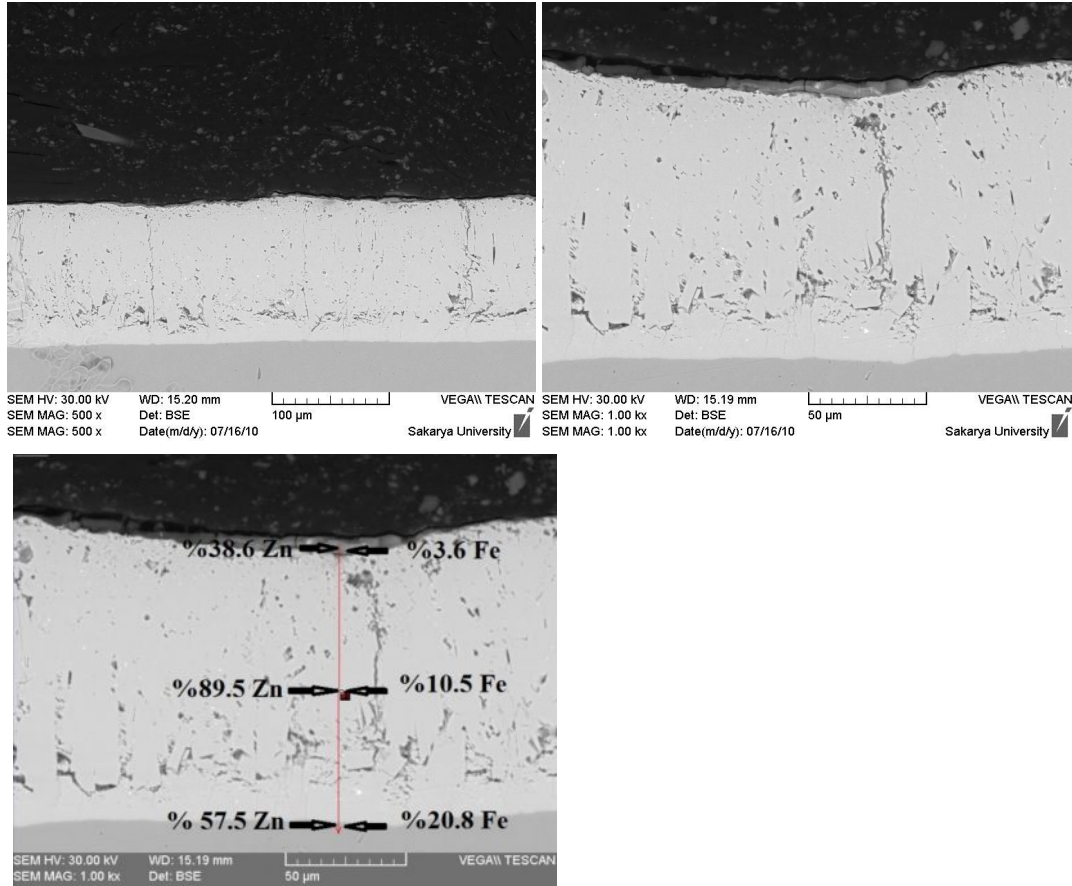
Şekil 8.30. 3C2 numunesinin kaplama orta bölgesinden alınan sertlik ölçümü

8.5. SEM Analizi

Farklı sıcaklık ve sürelerde sıcak daldırma galvaniz yöntemi ile kaplanan St37, 1020, 1040 ve Ck 45 çeliklerinin, optik mikroyapı görüntülerine göre iyi, orta ve kötü olan numunelerin SEM analizleri yapılmış ve görüntüleri alınmıştır.

1B4 numunesi kötü, 1A4 numunesi orta ve 1B6 numunesi iyi olarak belirlenmiştir.

SEM analiz sonuçları incelendiği zaman 1B4 numunesinin kaplama yüzeyindeki ve kaplama bölgesindeki düzensizlikler göze çarpmıştır. Analiz ölçüm sonuçlarına göre Fe-Zn faz oranlarına bakıldığında kaplama üst bölgesinden orta bölgeye doğru dikkat çeken bir artış görülmüş olup, alt bölgeye inildiği zaman ise Zn fazlarında tekrardan düşüş meydana gelmiştir.

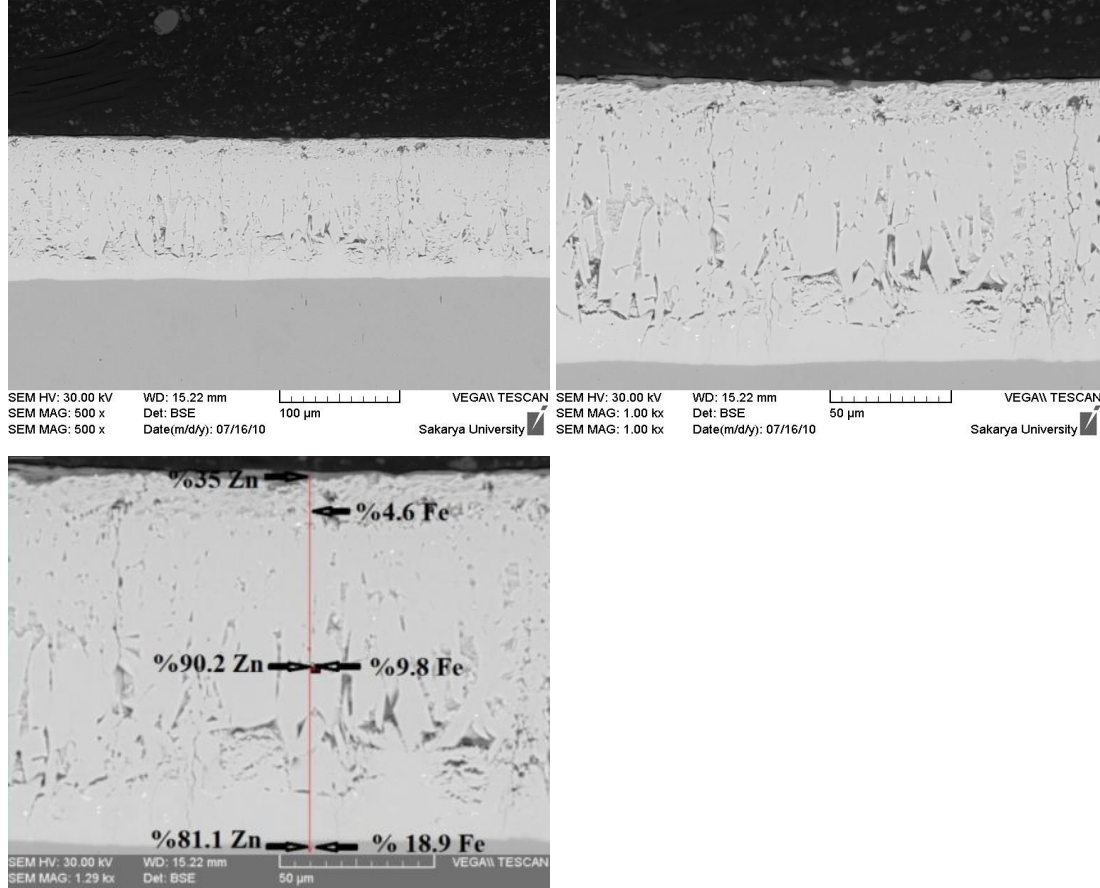


Şekil 8.31. 1B4 numunesinin SEM analiz görüntüleri

Tablo 7.3. 1B4 numunesinin EDX çizgi analiz sonuçlarına göre % dağılımları

% Dağılım	Zn	O	Fe	C	F	Br	Ca	Cl
Üst Bölge	38,6	30,8	3,6	7,5	13,7	4,6	0,8	0,5
Orta Bölge	89,5	10,5	-	-	-	-	-	-
Alt Bölge	57,5	12,4	20,8	9,2	-	-	-	-

1A4 numunesinin analiz sonuçları incelendiği zaman dağılımın daha homojen bir şekilde olduğu görülmüştür. Kaplama üst bölgesinden alt bölgeye inildiği zaman Zn fazlarının yine orta bölgede bir miktar yoğunlaştığını ancak en alt bölgede de Fe-Zn fazlarının orantılı bir şekilde oluştuğunu söyleyebiliriz.

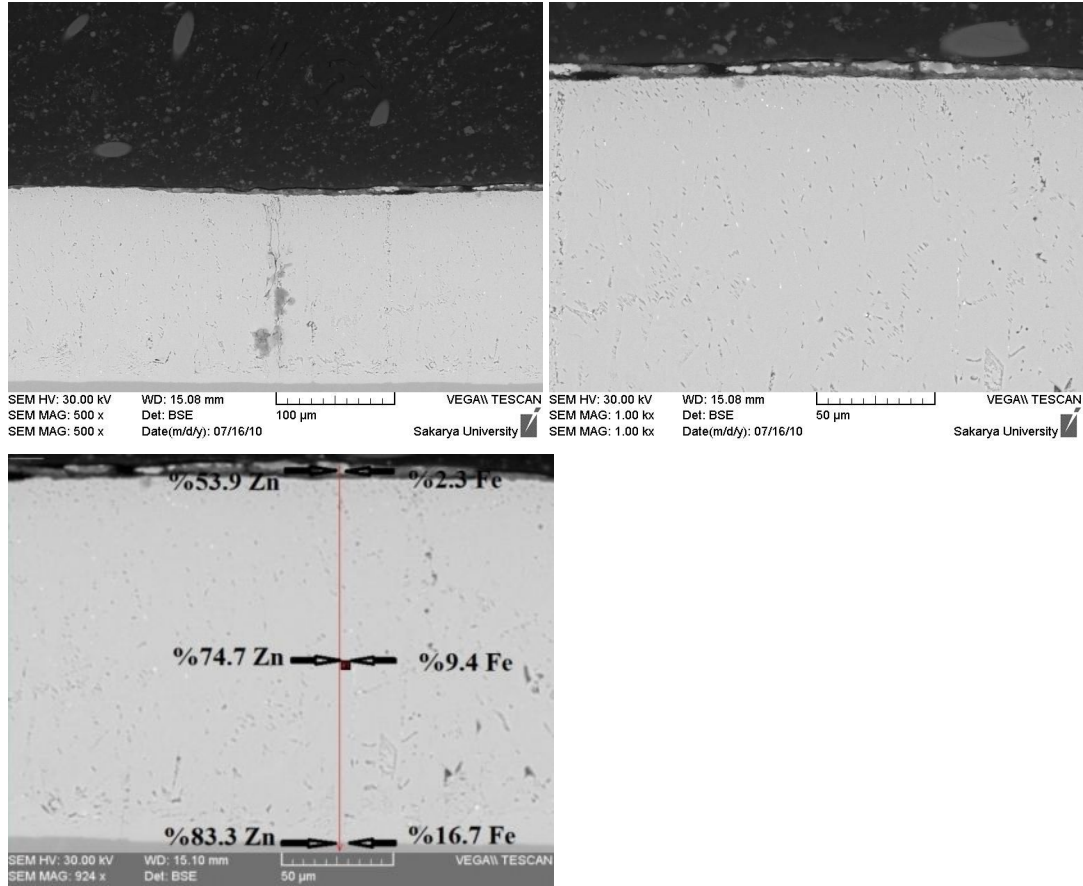


Şekil 8.32. 1A4 numunesinin SEM analiz görüntüleri

Tablo 7.4. 1A4 numunesinin EDX çizgi analiz sonuçlarına göre % dağılımları

% Dağılım	Zn	O	Fe	C	Ca
Üst Bölge	35	49,5	-	13,4	2,2
Orta Bölge	90,2	-	9,8	-	-
Alt Bölge	81,1	-	18,9	-	-

1B6 numunesinin analiz sonuçlarına bakıldığı zaman hem kaplama yüzey tabakası olarak hem kaplama bölgesi olarak hem de Fe-Zn faz oranlarının homojen bir şekilde dağılım gösterdiği açıkça görülmüştür. En üst bölgeden en alt bölgeye doğru gidilirken Zn fazlarının düzgün bir şekilde arttığını ve Fe-Zn fazlarının tam olarak oluştuğunu söyleyebiliriz.



Şekil 8.33. 1B6 numunesinin SEM analiz görüntüleri

Tablo 7.5. 1B6 numunesinin EDX çizgi analiz sonuçlarına göre % dağılımları

% Dağılım	Zn	O	Fe	C	Ca	Cl
Üst Bölge	53,9	33,5	2,3	7,2	1,2	1,9
Orta Bölge	74,7	-	9,4	15,9	-	-
Alt bölge	83,3	-	16,7	-	-	-

8.6. Sonuçlar

- a) En düşük kaplama 1A2 numunesinde $76.76\mu\text{m}$, en yüksek kaplama 1C8 numunesinde $263\mu\text{m}$ ölçülmüştür.
- b) Kaplama kalınlığının sıcaklık ve sre ile arttığı tespit edilmiştr.
- c) elik kimyasal kompozisyonuna göre Silisyum oranı fazla olan çeliklerin fazla kaplama aldığı tespit edilmiştr.
- d) elik kimyasal kompozisyonundaki Kükürt ve Fosfor, kaplama bölgesinde belirli porozitelere neden olduğu görülmüştür.
- e) Sertlik lmleri sonucu en düşük sertlik değeri $78,4\text{ HV}_{0,01}$ ile 1C8 numunesinde, en yüksek sertlik $119\text{ HV}_{0,01}$ ile 1A4 numunesinde çıkmıştır.
- f) Sertlik değerleri kaplama st yüzeyinden altlık malzemeye doğru gidildikçe arttığı görülmüştür.
- g) Süre arttığı zaman sertliklerin bir miktar düştüğü görülmüştür, ancak yinede bu sertlik değerleri kabul edilebilir durumdadır.
- h) SEM analizi sonuçlarına göre st bölgeden başlayarak, alt bölgeye doğru çinko ve demir oranının arttığı tespit edilmiştr.

8.7. Öneriler

- a) Farklı sıcaklık ve sürelerde kapmalar yapılarak kaplama kalınlıkları ve sertlikler üzerinde kinetik çalışmalar yapılabilir.
- b) Kaplanan numunelerin üzerinde metalografik çalışmalar detaylandırılabilir.
- c) Yüzeyde oluşan tabakaların karakterizasyonu x-ışınları difraksiyon analizi ile yapılabilir.
- d) Malzeme çeşitliliği çoğaltılarak, farklı tür malzemelerin sıcak daldırma galvanize göstermiş oldukları tepkiler incelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] GÜVEN, V., Sıcak Daldırma Yöntemi İle Sürekli Çinko Kaplama, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1999
- [2] Web Adres:
http://www.yuzeyislemler.com/indir/sicak_daldirma_galvaniz.pdf
- [3] GÖKSU, Ö., Sıvı Demir Eldesinde Yüksek Fırınlarda Kullanılan Refrakter Malzemelerden Döküm Deliği Çamurunun Fiziksel ve Kimyasal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 2006
- [4] Metal Handbook, Surface Cleaning, Finishing and Coating, 9th. Edition, Volume 5
- [5] AKÇAM, A., Galvaniz Banyolarında Yeni Uygulamalar, Yüzey İşlemler, Endüstriyel Yüzey Teknolojileri Dergisi, Sayı 5, s.38-39
- [6] BAYCIK, H., KOLTUK, F., MÜFTÜOĞLU, F., Makina Mühendisliği Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 2006
- [7] SMİTH, W.F., Principles of Materials Science and Engineering, 2.edition, McGraw-Hill International Editions, Singapore, 1990
- [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] TZİMAS, E., PAPADİMİTRİOU, G., "Cracking Mechanisms in High Temperature Hot-Dip Galvanized Coatings", Surface and Coatings Technology, 145(1-3), pp.176-185, 2001
- [11] SYAHBUDDİN, 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] ELKOCA, O., Tavlı Çinko Kaplamalarda Fe-Zn fazlarının Gelişimi ve Bunların Kaplama Özelliklerine Etkisi, I. Demir-Çelik Sempozyumu, T.M.M.O.B.

ÖZGEÇMİŞ

Şakir Öner AKGÜN, 18.12.1984 te Keşan'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Keşan'da tamamladı. 2001 yılında Keşan Lisesinden mezun oldu. 2002 yılında Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Öğretmenliğini kazandı ve 2007 yılında mezun oldu. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi kazandı ve 2010 yılında mezun oldu. 2008 yılında çalışmaya başladığı Marmara Siegener Galvaniz San. Tic. A.Ş.'de pazarlama satış temsilcisi olarak çalışmaya devam etmektedir.