

GALVANİZ HATALARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Dr. İlhami PEKTAS

GALVANİZ HATALARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Dr. İlhami PEKTAŞ

Dr. İlhami PEKTAŞ

100. Yıl Bulvarı 101/A Ostim-ANKARA

Tel : 0312 354 92 10

Faks : 0312 354 58 98

E-mail : ilhami.pektas@ostim.org.tr

ISBN : 978-605-80004-0-7

Kitabın tüm yayın hakları yazarına aittir.

Yazılı izin alınmadan kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz,
hiç bir şekilde kopyalanamaz, çoğaltılamaz ve yayınlanamaz.

OCAK 2020 © ANKARA

1.Baskı (1000 Adet Basılmıştır)

Tasarım: Ekber YILDIZ

Baskı : Özel Ofset (0312) 395 06 08

Ön Söz

Yılda yaklaşık 5 trilyon USD korozyon kaybının bulunduğu dünyamızda demir ve çeliğin paslanmaya karşı korunmasında en akılcı, ekonomik ve kesin çözüm, yüzeyi temizlenmiş ve oksitten arındırılmış demir ve çeliklerin erimiş çinko banyosuna daldırılarak, sıcak daldırma galvanizleme ile malzeme yüzeyinde metalurjik bağ meydana getiren koruyucu çinko kaplamanın oluşturulması yöntemidir.

Demir ve çelik malzemeler bulundukları atmosferik ortamdan etkilenererek zamanla fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybederek korozyona uğrarlar. Bu değişikliğe, “Çeliğin paslanması” denir. Paslanma çeliği aşındıran kimyasal bir tepkimedir. Çeliği, paslanmayı oluşturan dış etkenlerden uzak tutabilmek amacı ile yüzeylere çeşitli koruyucu yöntemler uygulanır. Bu koruyucu yöntemlerden en çok uygulananları boya, plastik kaplama, nikel, krom ve çinko kaplamadır. Ancak; bütün bu kaplama yöntemleri arasında çinko kaplama en güvenli ve uzun ömürlü olanıdır.

Bu kitapta, Galvaniz sektöründe çalıştığım yıllar içinde edindiğim bilgi ve tecrübeleri, galvaniz tasarımı, galvaniz işlemleri, en çok karşılaşılan galvaniz hataları ve çözüm önerilerini sizlere aktarmaya çalıştım.

Sektörde çalışanlar için faydalı olması dileğimle,

Dr. İlhami Pektaş

1. GENEL	8
1.1. Galvanizlemenin Tarihçesi	8
1.2. Demir Çelik Koruma Yöntemleri	8
1.3. Galvaniz Yöntemi	9
1.3.1. Yüzey Hazırlama	9
1.3.1.1. Yağ Alma	9
1.3.1.2. Asitle Yüzey Temizleme	10
1.3.1.3. Flakslama	10
1.3.2. Galvanizleme	10
1.3.3. Galvaniz Kontrolü	12
1.4. Metalurjik Bağlar	12
1.4.1. Kaplama Kalınlığı	14
1.5. Galvanizli Ürün Tasarımı	16
1.6. Galvaniz Kaplamanın Korozyon Direnci	17
1.6.1. Atmosfer Koşulları	17
2. GALVANİZ KALİTESİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER	19
2.1. Galvanizlenecek Çelikteki Silisyum & Fosforun Etkisi	20
2.1.1. Fe & Si Arasındaki Reaksiyonun Metalurjisi ve Etkileri	20
2.1.2. Fe-Zn Arasındaki Reaksiyonun Metalurjisi ve Etkileri	23
2.1.3. Silisyum Ve Fosforun Ortak Etkisi	24
2.1.4. Si & P İçeren Çeliklerde Kaplama Kalınlığını Azaltmanın Yöntemleri	25
2.1.5. Yüksek Sıcaklıkta Galvanizleme	26
2.2. Çelikteki Diğer Alaşım Elementlerinin Kaplamaya Etkileri	27
2.2.1. Mangan	27
2.2.2. Kükürt	27
2.2.3. Diğer İlaveler	28
2.2.4. Gazlar	28
2.3. Çinko Banyosundaki Alaşım Katkılarının Etkileri	28
2.3.1. Demir	28
2.3.2. Alüminyum	29
2.3.3. Kurşun	30
2.3.4. Bakır	30
2.3.5. Kadmiyum	30
2.3.6. Silisyum	30
2.3.7. Magnezyum	31
2.3.8. Mangan	31
2.3.9. Kalay	31
2.3.10. Nikel	31
3. GALVANİZİ ETKİLEYEN DİĞER FAKTÖRLER	32
3.1. Çeliğin Yüzey İşlemlerinin Galvaniz Kaplama Üzerine Etkisi	32
3.2. Galvaniz Kaplama Üzerinde Geometri ve Gerilimin Etkisi	33
3.3. Isıtma Hızının Etkisi	33
3.4. Banyo Sıcaklığının ve Çıkarma Hızının Etkisi	34
3.5. Galvaniz Sonrası İşlemler	34
3.6. Galvanizin Tavlanması	35
3.7. Sıcak Daldırma Yöntemiyle Galvanizlemede Çinko Sarfıyatının Azaltılması	35
3.7.1. Minimum Kaplama Kalınlığının Aşılması	36
3.7.1.1. Reaktif Çelik	36
3.7.1.2. Uzun Daldırma Süreleri	36
3.7.1.3. Proses Teknolojisine Uyulmaması	38
3.7.1.4. Kaplama Kalınlığının Ölçülmemesi	38

3.7.2. Yüksek Dros Miktarı.....	38
3.7.2.1. Demir Tozlarının Sıvı Çinko İçine Taşınması	38
3.7.2.2. Erimiş Çinkonun veya Tank Duvar Sıcaklığının Yüksek Olması.....	39
3.7.2.3. Dros Alımındaki Hatalar.....	39
3.7.2.4. Uygun Olmayan Banyo Malzemesi	40
3.7.3. Yüksek Oranda Çinko Külü Oluşumu.....	40
3.7.3.1. Erimiş Çinko ile Havanın Reaksiyonu.....	40
3.7.3.2. Pisliklerin Taşınması.....	41
3.7.3.3. Flaks Kullanımı.....	41
3.7.3.4. Kül Alımında Hatalar	41
3.7.4. Çıkarma Kayıpları.....	41
3.7.4.1. Askılama ve Taşıma Ekipmanlarından Kaynaklanan Kayıplar.....	41
3.7.4.2. Galvanizlenecek Ürünün Uygun Olmayan.....	42
3.8. Sonuç	42
4. MEKANİK KAPLAMA VE AVANTAJLARI:.....	43
4.1. Proses Tanımı	44
4.2. Hidrojen Kırılganlığı.....	44
4.3. Mekanik Kaplama Özellikleri ve Avantajları.....	45
4.4. Uygulanabilecek Parçalar, Sınırlamalar.....	45
4.5. Uygulanabilir Standartlar	46
4.5.1. Testler ve Performans.....	46
5. GALVANİZ KAPLANMIŞ ÇEŞİTLİ ÜRÜNLER.....	48
6. GENEL GALVANİZ HATALARI.....	50
6.1. Mat Renkli Yüzeyler.....	50
6.2. Galvanizli Yüzeyde Fil Derisi Oluşumu	52
6.3. Kaplanmamış Bölgeler.....	54
6.4. Galvaniz Birikintileri	55
6.5. Dros Hataları, Kül Ve Yüzey Pislikleri	56
6.6. Beyaz Pas	57
7. GALVANİZE UYGUN TASARIMLAR	58
7.1. Ürünlerin Galvanize Uygunluğunu Sağlayacak Bazı Genel Kurallar.....	58
7.2. Hava ve Boşaltma Delikleri	59
7.3. Kaynak	61
7.4. Çarpılma	62
7.5. Kazan	62
7.6. Taban Delikleri	63
7.7. Markalama & Etiketleme.....	63
7.8. Hareketli & Dışlı Parçalar.....	63
7.9. Destek ve Bükümlü Yapılar.....	64
7.10. Yüzey ve Asma Noktaları.....	64

8. GALVANİZ SORUNLARININ SEBEPLERİ ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ 65

8.1. Kül Birikintileri:.....	65
8.2. Kaplanmamış Bölgeler.....	65
8.3. Çelik Kontrolü	66
8.4. Bindirme Yüzeyler.....	66
8.5. Tıkalı Delikler	66
8.6. Ocak Ebatlarına Uygun Olmayan Tasarım.....	67
8.7. Deformasyon	67
8.8. Drenaj (Boşaltma) Kalıntıları	67
8.9. Mat Gri Ve Benekli Kaplama Görüntüsü.....	68
8.10. Kül Birikmesi	68
8.11. Kaplama Dökülmesi Ve / Veya Kalkması	68
8.12. Bağlantı Elemanları Kaplama Kalınlığı.....	68
8.13. Mekanik Hasar	69
8.14. Oksit Çizgileri	69
8.15. Dros Kabarcıkları	69
8.16. Reaktif Ve Reaktif Olmayan Çeliklerin Birbirine Kaynaması.....	70
8.17. Çelik Hadde Bozuklukları	70
8.18. Çelik Yüzeyinden Kaynaklanan Pürüzlü Kaplama.....	70
8.19. Pürüzlü Yüzey Ve / Veya Çeliğin Kimyasal Kompozisyonu Nedeniyle Oluşan Fazla Pürüzlü Kaplamalar “Ağaç Kabuğu (Tree Bark) Etkisi”.....	71
8.20. Kaynak Kusması Sonucu Oluşan Lekeler	71
8.21. Et Kalınlığı Yüksek Olan Çelik Borularda İç Yüzeydeki Çinko Yığınları.....	71
8.22. Temas İzleri	72
8.23. Tipik Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama.....	72
8.24. Düzgün Olmayan Akıtma	72
8.25. Çelik Yüzeyindeki Kirlilikler Ve Sıkışmış Hava Nedeniyle Kaplanamayan Alanlar	73
8.26. Tortu Ve Kumdan Dolaylı Galvanizlenmemiş Yüzeyler	73
8.27. Kaynak Çevresinde Galvanizlenmemiş Alanlar	73
8.28. Civata Ve Somun Gibi Geleneksel Bağlama Yöntemlerinin Kullanımı Yada Kaynak Veya Geleneksel Olmayan Bağlama Yöntemlerinin Sebep Olduğu Hasarın Onarımı	74
8.29. Kaynak Sıçraması.....	74
8.30. Nemli Stok Lekeleri ya da Beyaz Pas.....	74
8.31. Çinko Sıçraması.....	75

9. EN ÇOK KULLANILAN ULUSLARARASI GALVANİZ STANDARTLARI75**10. KAYNAKÇA76**

Şekiller

Şekil 1-Kaplama ön işlemleri	10
Şekil 2 - Galvaniz Kaplama Katmanları	13

Grafikler

Grafik 1 - Silisyum Miktarının Kaplama Kalınlığına Etkisi.....	14
Grafik 2 - Kaplama Kalınlığının Farklı Ortamlarda Korozyon Dayanımına Etkisi.....	18
Grafik 3- Çelikteki Silisyum Miktarının Kaplama Kalınlığına Etkisi	21
Grafik 4 - Çelikteki Fosfor Miktarının Galvaniz Kaplama Kalınlığı Üzerindeki Etkisi	23

Tablolar

Tablo - 1. Çeşitli Sac Kalınlıkları İçin Gereken Sıcaklıklar ve Banyodan Çıkarma Hızları	34
Tablo - 2. Sıcak Daldırma ile Galvanizlemede Çinko Sarfıyatına Yol Açan İstenmeyen Faktörler.....	37
Tablo - 3. Kaplama Türlerinin Korozyon Dayanımı.....	47

Örnek Resimler

Resim 1- Galvaniz Banyosundan Çıkan Bir Ürün	11
Resim 2 - Galvaniz Kaplama Yapılmış Ürünlerden Bir Örnek	12
Resim 3 - Muhtelif Direklerin Galvaniz Kaplaması	48
Resim 4 - Silindirik Kapların Galvaniz Kaplaması.....	48
Resim 5 - Farklı Galvaniz Kaplama Örneklerinden	49
Resim 6 - Poligon Direğin Galvaniz Banyosundan Çıkarılışı	49
Resim 7 - Mat Renkli Galvaniz Yüzeyi	50
Resim 8 - Mat Renkli Galvanizli Yüzeyler	51
Resim 9 - Galvanizden sonra Fil Derisi Pürüzlü Yüzey.....	52
Resim 10 - Asitte Temizlenemeyen Oksit Tabakası	53
Resim 11 - Galvanizden Sonra Yüzey Görünümü	53
Resim 12 - Borularda kaplanmamış bölgeler	54
Resim 13 - Kaplanmamış Bölgeler	54
Resim 14 - Kenarlarda ve deliklerde galvaniz birikintileri	55
Resim 15 - Malzeme Kenarında Galvaniz Birikintileri.....	55
Resim 16 - Dros Ve Kül Kaplanmış Yüzeyler.....	56
Resim 17 - Borularda Beyaz Pas.....	57

1. GENEL

1.1. Galvanizlemenin Tarihçesi

Galvanizlemenin kayıtlı tarihi 1742 yılına kadar uzanır. Fransız kimyacı, Melouin Fransız Kraliyet Akademisinde yaptığı sunumda demiri sıvı çinko içine daldırarak kaplama metodunu anlatmıştır. 1836 yılında diğer bir Fransız kimyacı Sorel, demiri öncelikle 9% sülfürik asitle temizleyip ardından amonyum klorür ile flaksladıktan sonra çinko kaplama patentini almıştır. Benzer yöntemi kullanarak 1837 yılında da İngilizler patent almıştır. Bu tarihten 1850 yılına kadar İngiliz galvaniz endüstrisinde yılda 10.000 ton çinko; demirin korozyondan korumasında kullanılmıştır.

Galvanizleme yöntemi 160 yıldan beri, bütün dünyada demir-çelik içeren tüm önemli uygulamalarda korozyondan koruma yöntemi olarak ispatlanmış tarihi ve ticari bir başarıya sahiptir(1).

1.2. Demir Çelik Koruma Yöntemleri

Koruyucu kaplama; metali çevredeki elektrolitlerden izole ederek yapılan belkide en eski ve en geniş sahada kullanılan korozyondan koruma yöntemidir. Koruyucu kaplamanın en önemli özelliği metale iyi yapışması ve aşınma direnci sağlamasıdır.

Katodik koruma; korozyonu önlemek için aynı derecede önemli bir metottur. Katodik koruma da, korozyon devresi içinde elementlerin yer değiştirmesi yeni bir korozyon koruyucu elementin ortaya çıkarılması ve ana metalin devrenin katodik elementi olmasının sağlanması temeldir.

Sıcak daldırma galvaniz yöntemi çok iyi bir koruyucu kaplama ve katodik koruma sağlar.

Katodik yolla korozyon koruması iki temel yöntemle yapılır. Birincisi akımla kaplama metodu olarak adlandırılır. Bu metotta dışarıdan bir akım kaynağı kullanılır ve katodik şarjlar demir yada çeliğin üzerini kaplayarak koruma sağlar. Bu tip sistemler her ne kadar çok fazla elektrik enerjisi kullanmasada, sistemin kurulumu oldukça pahalıdır.

Katodik korumada diğer bir yöntem anot metodudur. Bu metotta korozyon direnci verilecek ana malzemeye göre anot görevini üstlenebilecek metal yada alaşım devreye yerleştirilir ve anot olur. Korunacak temel malzeme katod olur ve oksitlenmez. Anot aşınır ve oksitlenir. Aşınma suretiyle anot kendini yokederek kaplanması istenen malzeme üzerinde birikir ve korozyon direnci sağlar. Günlük kullanımda karşılaşılan bütün elektrolitler içinde çinko; demir ve çelikler için anodiktir. Bu yüzden galvanizleme koruyucu kaplamayı sağlamanın yanı sıra katodik olarak da çeliği korozyondan korumaktadır(2).

1.3. Galvaniz Yöntemi

Galvaniz yöntemi 3 temel aşamadan oluşmaktadır: yüzey hazırlama, galvanizleme ve kontrol.

1.3.1. Yüzey Hazırlama

Herhangi bir kaplama uygulamasında en önemli aşama yüzey hazırlamadır. Beklenen servis ömründen önce bozulan kaplama örneklerinde temel sebep yanlış ve yetersiz yüzey hazırlanmasıdır.

Temizlenmemiş yüzeylerde, çinko ve yüzey arasındaki reaksiyon tam olarak gerçekleşmemekte ve bunun sonucunda kaplanmamış bölgeler ortaya çıkmaktadır.

Yüzey hazırlama 3 adımda yapılır. Bunlar yağ alma, aside daldırma ve flakslamadır.

1.3.1.1. Yağ Alma

Günümüzde yağ ve katı kalıntıların giderilmesi için iki tip kimyasal kullanılmaktadır:

1-Sıcak alkali yağ alma

2-Asidik yağ alma.

Organik yapıları, boya izlerini, gres yağını metal yüzeyinden temizlemek için sıcak alkali çözeltisi kullanılır. Kaynak cürufu, asfalt, vinil kalıntıları galvaniz öncesinde kumlama yada başka bir yöntemle temizlenmelidir.

1.3.1.2. Asitle Yüzey Temizleme

Çelik ve dökme demir yüzeyinde oluşan pas ve hadde tufalını kaldırıp temiz bir metalik yüzey elde etmek için malzemeler oda sıcaklığında hidroklorik veya seyreltilmiş sıcak sülfürik asit kullanılan banyolara daldırılır.

Malzeme üzerindeki aşırı pas ve katı atıklar için kumlama veya mekanik temizleme yöntemlerine başvurulması gerekir.

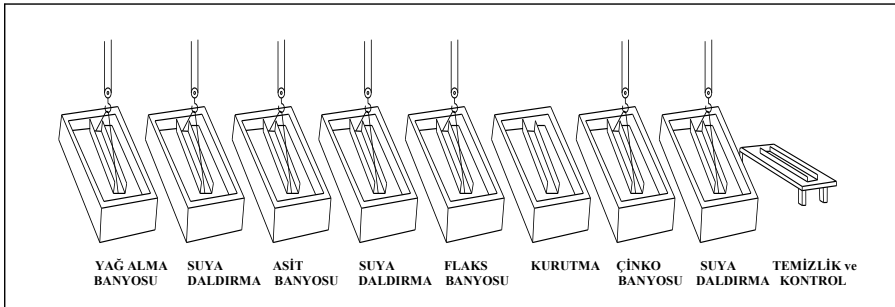
1.3.1.3. Flakslama

Hem yüzeyde kalan oksit tabakalarını kaldırmak hem de çinko banyosuna daldırılmadan önce koruyucu bir tabaka oluşturmak ve esas olarak da çinko-demir reaksiyonunun daha iyi gerçekleşmesini sağlamak için yapılan bir işlemdir.

Flakslama işlemi galvanizciler tarafından yağ yada kuru galvaniz metoduna göre seçilir. Kuru galvanizleme işleminde; çelik ürünler önce çinko amonyum klorid içeren flaks banyosuna daldırılır ve ardından kurutularak çinko banyosuna gönderilir. Yağ galvanizleme yönteminde ise çinko banyosu üzerinde çinko amonyum klorid içeren bir örtü tabaka oluşturulur ve galvanizlenecek çelik ürünler bu örtü flaksın içinden geçirilerek çinkoya daldırılır. Malzemeler çinko dışına alınırken de bu flaks örtüsü yüzeyle temas etmemesi için kenara çekilir.

1.3.2. Galvanizleme

Şekil 1-Kaplama ön işlemleri



Galvanizlenecek malzemeler minimum % 98 çinko içeren ticari saflıkta sıvı çinko çözeltisine daldırılır. Banyonun kimyasal içeriği ASTM B 6 da belirtilmiştir. Banyo sıcaklığı yaklaşık 454 °C'de tutulmalıdır.

Ürünlerin banyo sıcaklığına ulaşabilmeleri için banyo içinde uygun sürede kalması gerekir. Malzemeler galvaniz banyosundan yavaşça geri çekilmeli ve yüzeydeki çinko fazlaları silkelenerek yada merkezkaç kuvvetleri etkisiyle giderilmelidir.

Galvaniz kaplı yüzeydeki kimyasal reaksiyonlar malzeme çinko banyosundan çıktıktan sonra da devam eder. Kimyasal reaksiyonları bitirmek için ürünler galvanizden çıkar çıkmaz suda yada havada soğutulmalıdır(1,2).



Resim 1- Galvaniz Banyosundan Çıkan Bir Ürün

1.3.3. Galvaniz Kontrolü

Sıcak daldırma galvanizde iki özellik önemlidir: Galvaniz kalınlığı ve görünümü.



Resim 2 - Galvaniz Kaplama Yapılmış Ürünlerden Bir Örnek

Malzemeler çeşitli standartlara göre galvanizlenebilir. Bunlar ASTM, EN, ISO, CSA ve AASHTO standartlarıdır. Bu standartlarda çeşitli malzemeler ve çeşitli uygulama alanları için minimum kaplama kalınlıklarından kullanılabilecek çinko ve çelik malzemelere kadar tüm ayrıntılar verilmiştir.

1.4. Metalurjik Bağlar

Galvanizleme çinko ve altında kalan demir yada çelikle bağ yaparak oksitlenmeye karşı bir bariyer görevi görür. Galvanizleme esnasında sıvı çinko, demir yada çelik yüzeyi ile reaksiyona girerek çeşitli çinko/demir katmanları oluşturur.

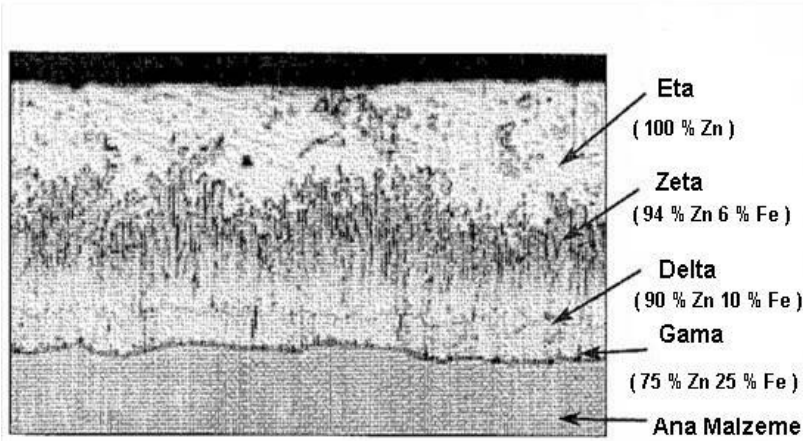
Bu katmanlar;

Gama fazı (Γ) ; 75% çinko-25% demir içerir.

Delta fazı (δ) ; 90% çinko-10% demir içerir.

Zeta fazı (ξ) ; 94% çinko-6% demir içerir

ve en dışta eta (η) katmanı tamamen saf çinkodan oluşur.



Şekil 2 - Galvaniz Kaplama Katmanları

Galvaniz kaplama diğer kaplama yöntemlerine oranla geçirgenliği olmayan bir yöntemdir. Boyama işleminde ise kendi doğası gereği taşıma esnasındaki sert müdahaleler sonucunda kalkmalar ve bozulmalar söz konusu olmaktadır. Galvaniz kaplama fiziksel olarak zarar görse bile açığa çıkan bölgeye katodik olarak koruma sağlamaya devam eder. Yan taraflardaki galvanizli bölge kendini galvanizi bozulmuş bölgenin yerine doğru hareket ettirerek temel malzemenin açıkta kalan bölümünü korur.

Galvaniz işlemi doğal olarak malzemenin köşelerinde ve kenarlarında da diğer bölgelerdeki kadar kalın bir kaplama yaratır. Kaplamada en fazla zarar görmeye yatkın bölgeler kenarlar olduğu için fazla korunmaya ihtiyacı vardır.

Galvaniz işlemi oyuklu malzemelerde ve borularda hem içerden hemde dışarıdan koruma sağladığı halde, galvaniz yapılmadan boyama yapılan malzemelerde içerde bir korozyon direnci yaratılamamaktadır.

Galvanizleme herhangi bir hava koşulunda ve nem oranına bağlı olmaksızın yapılabildiği halde çoğu fırça ve spreyci uygulamalı kaplamalarda belirli hava ve nem oranları olmadan kaplama yapılamaz. Bu tip kaplamalarda atmosfer olayına bağımlılık yüzünden üretimde gecikmelere sebep olmakta ve üretimin fiyatını artırmaktadır.

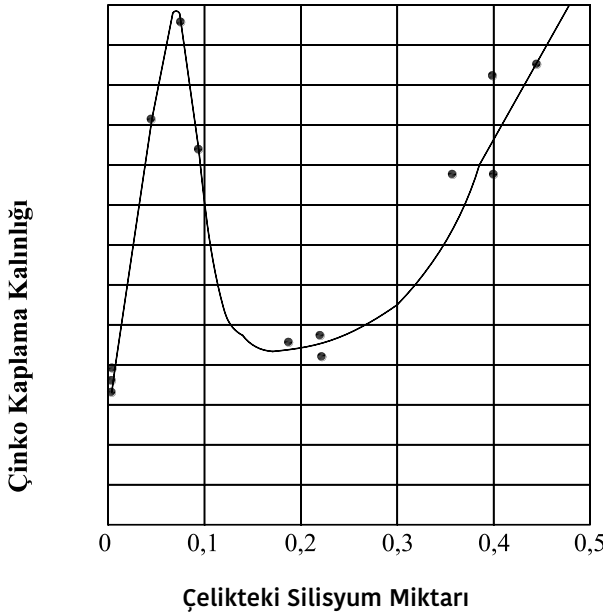
Zamanında üretim, sevkiyat ve üretimin hızlı yapılabilmesi açısından galvaniz kaplama diğerlerine göre daha avantajlıdır(3).

1.4.1. Kaplama Kalınlığı

ASTM, EN, ISO, CSA ve AASHTO standardlarında galvaniz kaplama kalınlıklarının minimum değerleri değişik malzeme kalınlıkları için belirlenmiştir. Minimum galvaniz kaplama kalınlığı değerleri çoğu galvanizci firma tarafından üretim esnasında galvaniz işleminin doğası gereği aşılabilmektedir.

Galvaniz işleminde kaplama kalınlığını ve görünümünü etkileyen sebepler çeliğin kimyasal kompozisyonu, çeliğin yüzey pürüzlülüğü, çeliğe galvaniz öncesinde yapılan işlemler, banyo sıcaklığı, banyoya daldırılma süresi, banyodan çıkarılma hızı, çeliğin soğutulma hızıdır.

Çeliğin içindeki elementlerin miktarları kaplama kalınlığı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Silisyum ve fosfor oranları hem görünüm hemde kaplama kalınlığı üzerinde çok etkilidir. Silisyum, fosfor yada ikisi birlikte hem kalın hemde koyu gri renkte bir galvaniz görünümü oluşturabilir.



Grafik 1 - Silisyum Miktarının Kaplama Kalınlığına Etkisi

Kaplama kalınlığı grafiğinde silisyumun etkisi görülmektedir. Karbon, kükürt ve mangan miktarı da kaplama kalınlığı üzerinde çok az bir etkiye sahiptir.

Yukarıda bahsedilen elementler galvaniz endüstrisinde reaktif çelik olarak adlandırılır ve çinko demir alaşım katmanının büyümesini hızlandırır, yüzeyin tamamen çinko demir alaşımı olmasına yol açar. Parlak bir görünüm yerine koyu gri mat bir görünüm oluşturur. Fakat bu görünümün galvaniz kalitesi açısından yada kaplama kalınlığı açısından olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır ve en az parlak görümdeki galvaniz kaplama kadar korozyon direncine sahiptir.

Çelik seçiminde her ne kadar belirli bir ölçüt olmasada

- » Karbon oranının 0.25 % den az, fosfor oranının 0.04.% den az mangan oranının 1.35 % den az olması,
- » Silisyum miktarının 0.03 % den az yada 0.15 % ve 0.25 % arasında olması istenilir.

Fosfor katalizör görevi üstlendiği ve çinko demir alaşım katmanının hızla büyümesine yol açtığı için yukarıdaki değerleri kesinlikle aşmamalıdır.

Galvaniz reaksiyonu bir diffüzyon (yayılma) prosesi olduğu için yüksek banyo sıcaklığı ve fazla daldırma süresi genelde daha kalın bir katman oluşturabilir. Diğer difüzyon olaylarındaki gibi reaksiyon önce hızlıca başlayıp daha sonra katmanın büyümesiyle ve kalınlaşmasıyla yavaşlayarak devam eder fakat daha uzun daldırma sürelerinde bu aşamadan sonra kaplama kalınlığının büyümesi üzerinde çok fazla bir etkiye sahip değildir(4,5).

Dış yüzeydeki saf çinko kalınlığı tamamen banyodan çıkarılma hızına bağlı olarak değişir ve hızlı çıkarmalarda kaplama kalınlığı artar(6).

ASTM, EN, ISO, CSA, AASHTO standartlarında kaplama kalınlıkları ortalama değerler olarak belirtilmiştir. Kaplama kalınlığı ölçümleri bir kaç noktadan yapı çelikleri için ASTM A 123/A 123 M standardına göre küçük parçalar ve bağlantı elemanları için ASTM A 153/A 153 M standardına uygun olarak yapılmalıdır(7,8,9).

1.5. Galvanizli Ürün Tasarımı

Bir çok demir-çelik malzeme, dökme demir, dövme demir, dökme çelik, sıcak ve çelik soğuk şekillendirilmiş çelik galvaniz kaplama için uygundur. Yüksek kalite yapı çelikleri ve düşük alaşımlı çelikler de galvanizlenebilir. Çekme kuvveti 150 ksi'den fazla malzemeler hidrojen kırılğanlığından dolayı standard galvaniz işleminde çok hassastır.

Çeliğin üretim metodu biliniyorsa özel temizleme yöntemi ile kırılğanlık problemi giderilebilir. Çekme kuvveti 150 ksi' den daha az olan malzemeler sıcak daldırma galvaniz işlemine tabi tutulabilir.

Galvanizleme işleminde çözeltinin temizlenmesi ve sıvı çinko akışının en uygun şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Doldurma ve boşaltma delikleri asit ve yağ almadaki çözeltilerin ve banyo sıvısının içerde hapsolmasını önleyecek şekilde ayarlanmalıdır. Plakalar arasında dar boşluklar bırakmaktan, üst üste yüzeylerin binmesinden, sırt sırta açılardan ve kanallardan kaçınılmalıdır.

Eğer kaynaklı malzemeler galvanizlenecekse, galvaniz kalitesi ve görünümü açısından, kaynaklı bölgenin temizliğine ve kaynak kompozisyonuna azami önem verilmelidir. İyi sonuçlar veren bazı kaynak yöntemleri aşağıdadır.

- » Kaplanmamış elektrot kullanımı,
- » Eğer kaplanmış elektrot kullanılırsa flaks kalıntılarının temizlenmesi,
- » Curuf üretmeyen yada çok az üreten kaynak yöntemi kullanılması,
- » Ağır kaynaklar için daldırma ark metodu kullanılması,
- » Yüksek silikonlu kaynak malzemelerinden kaçınılması.

1.6. Galvaniz Kaplamanın Korozyon Direnci

Galvaniz kaplamanın çeşitli çevre koşullarında ispatlanmış ticari başarılı bir geçmişi

bulunmaktadır. Çinko kaplamanın korozyon direnci, içinde bulunduğu çevre şartlarına göre değişkendir. Genelde galvaniz kaplama, galvanizsiz çeliklere göre 10 ile 30 kat arasında daha fazla korozyon direncine sahiptir. Galvanizli malzemelerin servis süresinin tahmin edilebilirliği planlama ve bakım masraflarının finanse edilebilmesi için önemlidir. Galvaniz kaplama kalınlığının ilk kullanımdan itibaren bir kaç yıllık süreçteki aşınma hızı genelde servis süresini tahmin edebilmek açısından oldukça iyi veriler sağlamaktadır. Çoğu ortamda çözölemeyen çinko korozyon ürünlerinin oluşumu nedeniyle korozyona uğrama hızı zaman ilerledikçe azalmaktadır.

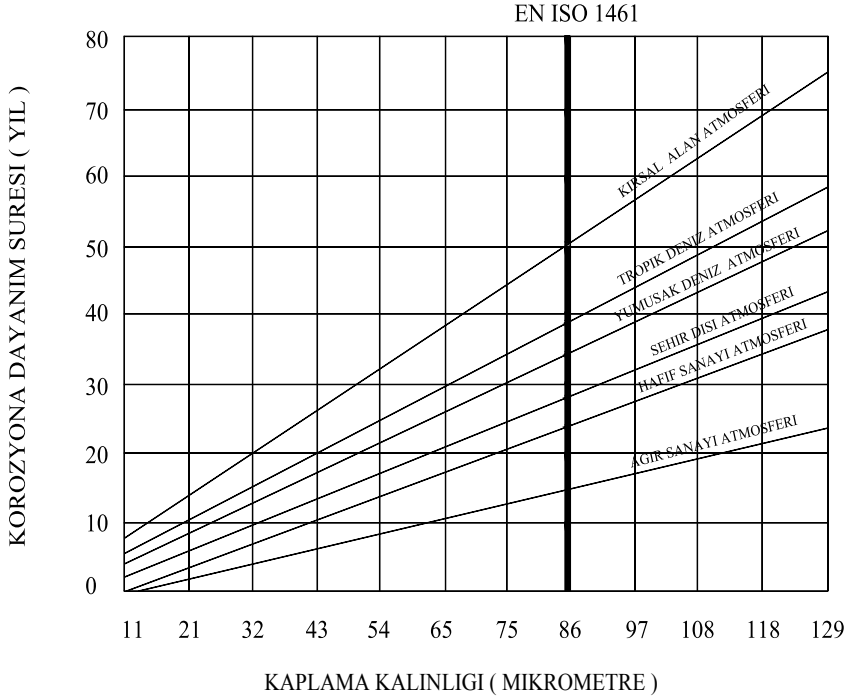
1.6.1. Atmosfer Koşulları

Kuru havada çinkonun birincil korozyon ürünü çinko oksittir. Çinko ile atmosferik oksijenin reaksiyonundan bu ürün ortaya çıkmaktadır. Nemli havada bu ürün çinko hidroksite dönüşür. Çinko hidroksit ve çinko oksit havadaki karbondioksitle reaksiyona girerek çinko karbonat oluşturur. Çinko karbonat filmi çözünmez ve yapışkanlığı fazladır.

Yukarıdaki grafik 1920'den bu yana çeşitli dış ortamlarda galvaniz kaplama kalınlığının aşınmasına yönelik testler yapılarak, günümüz şartları ve çevresel etkileri de göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Beklenen servis ömrü malzeme yüzeyinin 5% oranında oksit tabakasına (pas) sahip olduğu zamana kadar geçen süredir.

Atmosfer şartları 5 grupta incelenebilir.

1. Endüstriyel alan atmosferi (Ağır ve Hafif Sanayi Atmosferleri)
2. Şehir dışı atmosferi
3. Ilıman deniz atmosferi
4. Tropik deniz atmosferi
5. Kırsal alan atmosferi



Grafik 2 - Kaplama Kalınlığının Farklı Ortamlarda Korozyon Direnci

1. Endüstriyel Alan Atmosferi: En fazla korozyona sebep olan atmosfer çeşididir. Çinko kaplamanın aşınma hızını artıran elementlerden fosfat ve sülfür bileşikler i sanayi atmosferinde yoğundur.
2. Şehir Dışı Alan Atmosferi: Endüstri atmosferine oranla daha az korozyona neden olur. Yerleşimin çok yoğun olduğu şehirlerin dışında bulunan atmosferdir.
3. Ilıman Deniz Atmosferi: Deniz havasından kaynaklanan klorürle çinko reaksiyona girerek çözülebilir bir bileşik olan çinko klorürü oluşturur. Bu bileşik yıkandığı zaman açığa çıkan çinko korozyona uğrar. Buna rağmen ılıman deniz atmosferi şehirs el atmosferden daha az korozyona sebep olur.
4. Tropik Deniz Atmosferi: Ilıman deniz atmosferine benzemekle beraber daha sıcak iklimlerde görölmektedir. Ilıman deniz atmosferinden daha az koroziftir.

5. Kırsal Alan Atmosferi: Beş atmosfer çeşidi içerisinde en az korozyon yaratan atmosferdir. Bunun temel sebebi sülfür ve karbon bileşiklerinin bu tip atmosferlerde çok düşük seviyelerde bulunmasıdır(6).

2. GALVANİZ KALİTESİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

Galvanizleme, çelik ürünlerinin erimiş çinko içine daldırmak suretiyle korozyona dirençli hale getirilmesinde etkili bir kaplama yöntemidir. Bununla beraber proses öncesinde ve sırasında dikkat edilmesi gereken birçok etken vardır.

Bunlar; banyodaki alaşım elementleri, çeliğin kompozisyonu, banyo sıcaklığı ve daldırma süresi gibi parametrelerdir. Bu parametreler arasında en önemlisi galvanizlenecek malzemenin kompozisyonudur. Diğer faktörler eşit kabul edildiğinde çelik kompozisyonunun kaplama kalınlığı üzerindeki etkisi çok fazladır.

Bu bilgiler doğrultusunda incelemelerin büyük bir kısmı silisyum içeren çeliklere, galvaniz metalurjisine ve reaktivitelerinden kaynaklanan problemlerin önlenmesi metodlarına ayrılmıştır. Ayrıca çinko banyosunda bulunan elementlerin, çelikteki diğer alaşım elemanlarının kaplama kalınlığı üzerine olan etkisi ve kalitesi detaylı olarak verilmiştir. Son bölüm ise çinko sarfiyatını azaltma metodlarına ayrılmıştır.

Çeliklerin bünyesinde yer alan ve çeliğe oksijen giderici olarak ilave edilen silisyum; çelikte erimiş çinko arasındaki reaksiyonu hızlandırmaktadır. Malzeme galvaniz banyosundan çıkarıldığında henüz sıcakken reaksiyon devam edebilir ve parçanın yüzeyindeki saf çinko katmanının tamamını veya bir kısmını Zn-Fe alaşımına dönüştürebilir. Fe-Zn alaşımı parlak gri renkteki çinkoyla kıyaslandığında daha koyu gri renge sahiptir ve aşınma direnci daha fazladır. Genellikle Zn-Fe alaşımlı kaplamalar daha kalın kaplama oluştururlar ve bu nedenle kaynar yada Al-durgun dökülmüş çelikler üzerindeki kaplamalara oranla daha uzun ömürlü olurlar. Fe-Zn alaşımları her durumda en az çinko kadar korozyona dirençlidir ve asitli

endüstriyel ortamlarda daha iyi korozyon direncine sahiptirler. Bu tür kalın kaplamalar mekanik hasara karşı, özellikle kaba taşımalarda, daha duyarlıdır ve gereken özen gösterilmelidir.

Galvanizlenecek çelikteki silisyumun varlığı, çeşitli zorluklara neden olmaktadır. Bu tip çeliklerin galvanizlenmesi diğer tüm parametrelerin sabit olduğu durumda normalden daha kalın mat gri renkte yüzey görünümüne sahip katman oluşumuna ve daha zayıf kaplama yapışkanlığına sebep olmaktadır. Bu gibi çeliklerin galvanizlenmesi için aşağıda açıklanan yöntemler vardır fakat bunlar genellikle masraflıdır. Bu nedenle malzemenin doğasını da hesaba katarak uygun çelik seçimi, yani reaktif olmayan çelik seçimi daha uygun olacaktır(4,5,6).

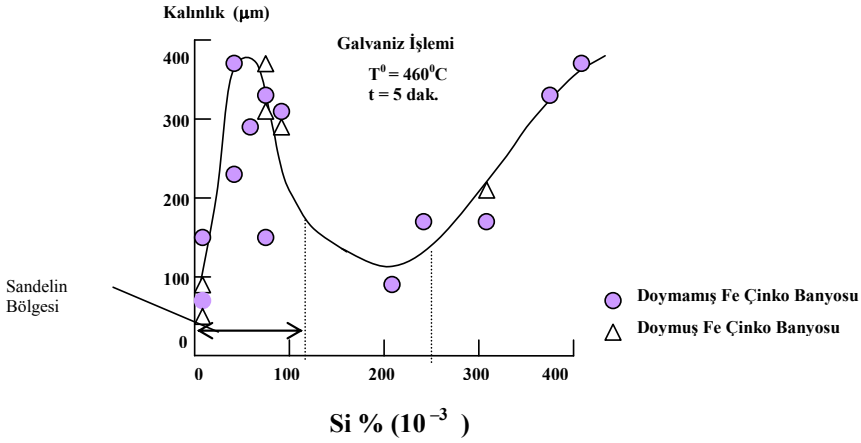
2.1. Galvanizlenecek Çelikteki Silisyum & Fosforun Etkisi

2.1.1. Fe & Si Arasındaki Reaksiyonun Metalurjisi ve Etkileri

Yüksek reaktiviteli silisyum mat gri renge ve olması gerekenden daha kalın kırılğan kaplamaya sebep olur. Çelik yüzeyindeki silisyum homojen dağılmadığında kaplamanın pürüzlü olmasına yol açar. Çeliğin reaktivitesi içerdiği silisyum oranına ve dağılımına bağlıdır. Normal 450°C galvaniz sıcaklığında, yaklaşık %0,03 oranındaki silisyum reaktiviteyi arttırdığı halde her zamanki kaplama gerçekleşir. %3 gibi yüksek silisyum konsantrasyonlarında ise malzemenin reaktivitesi çok daha az olur ve demir kaybı azalarak ince kaplama oluşur.

Ara değerdeki konsantrasyon değerlerinde katmanın reaktivitesi ve yapısı oldukça farklıdır. En yüksek kalınlık değeri aşağıdaki şekilde görülen Sandelin Bölgesinde olur. 2 dakikadan fazla galvaniz sürelerinde parabolik eğri doğrusal duruma gelir. Bu ζ katmanının parçalanması ve daha kaba tanecikli ζ -kristalleri oluşumu ile uyuşmaktadır. Bu etki silisyumun katı çinko içindeki düşük çözünürlüğüne bağlanmaktadır ve Fe-Zn bileşiği içinde de bu oranın az olduğu kabul edilmektedir. Bundan dolayı Si demir yüzeyindeki sıvı çinko grubu içinde toplanmış olmalıdır. Bu daha sonra yapışık ζ katmanı oluşumunu durdurur çünkü ζ kristalleri şimdi sadece δ_1/ζ arayüzünde büyümektedir.

Suda hızlı soğumada yapı olduğu gibi kalır fakat havada yavaş soğutma sırasında ise δ_1 ve ζ fazlarının oluşumu normalden daha fazla sıvı çinkoyu yapı içine çekmeye devam eder. δ_1 ve ζ fazları δ_1/ζ arayüzünde oluşur, bu da daha önceden oluşmuş ζ fazını yukarıya çinko içinden yüzeye doğru iter ve donuk gri renk oluşumuna sebep olur. Kaplama kalınlığı sıcaklıkla birlikte { 490°C'ye kadar } artar, bu noktadan sonra ζ fazının yokluğuna bağlı olarak azalır. Bununla birlikte reaksiyon hızının sıcaklıkla arttığı bir göstergesi olarak demir kaybı artmaya devam eder(4,5,10,11).



Grafik 3- Çelikteki Silisyum Miktarının Kaplama Kalınlığına Etkisi

Çeşitli deneyler sonucu elde edilmiş olan yukarıdaki şekilde de gösterildiği gibi, silisyumun galvaniz üzerindeki etkisi çelikteki silisyum miktarının fonksiyonu cinsinden birim yüzeydeki çinko miktarı ile ifade edilir.

Bu eğriler, şekilde Sandelin Tepe noktası olarak temsil edilen yarı durgun çeliklerinin bölgesine tekabül eden silisyum miktarları için alınabilecek maksimum çinko miktarını gösterir. Fazla miktarlardaki silisyum için, özellikle yüksek mukavemete sahip Al-Si çelikleri göz önüne alındığında, depositin kalınlığı ayrıca çok önemlidir.

Galvaniz kinetiğine gelince, bu etki parabolik karakteristikteki kaynar çeliklere zıt olarak esasen doğrusal türden bir ilişki ile karakterize edilir ve bu da galvaniz reaksiyonlarının zaman akışında bir tıkanmayı gösterir.

Silisyumun etkisi sadece galvanizleme sırasındaki çinko birikiminde değil, fakat aynı derecede, oluşan içyapı görünümünde de gözlenir. Kaynar çelikler gözönüne alındığında, sıkı yapıdaki çinko kaplama birbirini izleyen intermetalik bileşik katmanlar ile karakterize edilir. Şekil.2 detaylı incelenirse Γ , δ_{IK} , δ_{IP} , ξ , η fazları ve kaplamanın yaklaşık 2/3'ünü teşkil eden ara katman ξ meydana gelir.

Sandelin bölgesi dahilindeki Silisyum miktarları için, kaplama daha kalın olur ve $\xi+\eta$ faz karışımından oluşur. Dıştaki η katmanının kaybolması, yarı durgun çeliklerinde mat gri rengin ortaya çıkmasını da açıklar.

Yüksek silisyum konsantrasyonlarında normal sıralamada oluşan fazlar eşit şekilde dağılmıştır. δ_1 fazının indirgenmesi, ξ fazının aşırı büyümesi ile 'Niessen ve Guttman' tarafından ' Δ ' olarak adlandırılmış yeni fazın ortaya çıkmasına neden olur.

Silisyum içeren çeliklerin galvanizlenmesi sırasında ortaya çıkan ve önemi artmakta olan teknolojik problemten dolayı bu konuya olan ilgi ve araştırma çalışmalarının haklılığı kolayca görülebilir.

Yapılan deneyler de göstermiştir ki normal sıcak daldırma galvaniz proseslerde, silisyum miktarını aşağıdaki formül doğrultusunda sınırlamak gerektiği sonucuna varılmıştır:

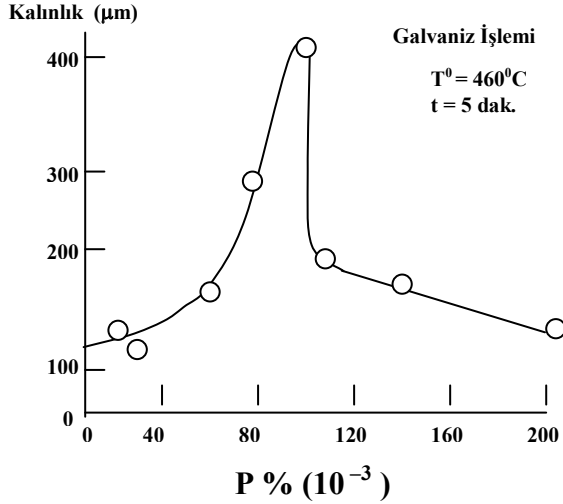
$$Si \geq \% 40 \times 10^{-3}$$

SONUÇ: Çelikteki silisyum miktarı yaklaşık olarak %0.04 ile %0.12 arasında (Sandelin etkisi) ve %0.25'in üzerinde olduğunda Fe-Zn alaşım katmanlarının hızlı büyüdüğü gözlenmiştir. Şekil 1'de bu etki görülmektedir.

Bu gibi durumlarda mat gri renkte ve oldukça kalın kaplama oluşur. Bu renk kaplamanın bir bölümünde olabildiği gibi tüm yüzeye yayılmış da olabilir. Bazı durumlarda ise gri ağ dokulu dendritik görünüm oluşur.

Bu oluşumu engellemek için çelikteki silisyum değeri Sandelin Bölgesi değerlerinin dışında olmalıdır(2,5,10).

2.1.2. Fe-Zn Arasındaki Reaksiyonun Metalurjisi ve Etkileri



Grafik 4 - Çelikteki Fosfor Miktarının Galvaniz Kaplama Kalınlığı Üzerindeki Etkisi

Silisyumun yanında diğer elementlerin de çeliğin davranışı üzerinde önemli etkileri vardır. Bunlardan, karbonlu çelikler için, silisyum gibi galvaniz kaplama üzerinde önemli rol oynayan bir element de fosfordur. Şekil 2’de farklı çelik kompozisyonları için 460°C’deki 5 dakikalık galvanizleme süresinde içerdikleri fosfor konsantrasyonu cinsinden elde edilmiş kaplama kalınlığı gelişimi gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere kaplama kalınlığı ile fosfor miktarı arasındaki ilişki silisyum içeren çeliklerde (sandelin etkisi) gözlenen karakteristikle oldukça benzerdir.

%0,020’den az fosfor içeren çeliklere göre %0,058 fosfor ilavesi, kaplama kalınlığının yaklaşık %50 artmasına yol açmaktadır. Şekilde de gösterildiği gibi fosfor miktarı %0,08-0,1 arasındaki çeliklerde kaplama kalınlığı beklenmedik bir şekilde artarak 200-400μ arası bir değere çıkmaktadır. Daha yüksek miktarlarda (%0,2’ye kadar) yaklaşık 150μ’luk daha fazla kaplama kalınlığı elde edilir(4,5).

Fosforun galvaniz kaplama üzerindeki etkisi ile ilgili olarak, fosfor miktarı artarken, özellikle %0,058 değerine ulaştığında, Γ fazının yokolma eğilimi göstermesi, üzerinde durulması gereken bir konudur.

Kaplama kalınlığının beklenmedik bir şekilde arttığı %0,08-0,1 fosfor aralığı için yapı esasen Sandelin yapısını anımsatan ζ ve η fazlarının karışımından oluşur. Kaplamadaki δ_1 fazı kalınlıkça oldukça kısıtlanmıştır.

Fosfor miktarı %0,1'den fazla olduğunda δ_1 fazı düzensizleşir ve abartılı şekilde büyüyen ζ fazına doğru ilerler.

SONUÇ: Silisyum miktarı Sandelin Bölgesinin altında olduğunda çelikteki fosfor miktarı anahtar rolü oynar. Bu silisyum miktarının %0,03'den az olduğu durumlarda geçerlidir. Düşük reaktiviteli çelikler için deneysel olarak elde edilmiş formül şöyledir:

$$Si + 2,5 \%P < \%0,09$$

Bu formül düşük silisyumlu çeliklerin reaktivitesinin kabaca tahmininin yapılmasını sağlar. Koyu gri renkteki kaplamadan kaçınmak için bu formülde çıkan değer %0,09'u geçmemesi gerekir.

2.1.3. Silisyum ve Fosforun Ortak Etkisi

Sıcak daldırma galvanizleme işleminden sonra çelikteki Si ve P 'un kombinasyonu sadece düşük Si miktarlarında etkilidir. Yüksek silisyumlu (>%0,12) çeliklerde normal fosfor miktarının malzemenin galvaniz özelliklerine olan etkisi ihmal edilebilir. Bundan dolayı doğru galvanizleme aşağıdaki iki koşulu sağlayarak elde edilebilir:

$$Si \leq \% 0,040$$

$$Si + 2,5 \% P < \% 0,09$$

- » Fosfor miktarı %0,020'den fazla olduğunda %0,01 ile %0,04 arasındaki silisyum değerleri için yapı çeliklerindeki kaplama kalınlığının arttığı görülmüştür. Bunun anlamı kompozisyonu Sandelin Bölgesi dışındaki çelikler için fosfor miktarı %0,020'yi geçmemelidir.

- » Çelikteki silisyum miktarı azaldıkça ve düşük sıcaklıklarda sıvıdaki fosfor etkisi artar.
- » %0,12'ye kadar Si içeren çeliklerde (Sandelin Bölgesi dahilinde) fosfor miktarının artması 440-450°C aralığındaki sıcaklıklarda kaplama kalınlığının artmasına sebep olur.
- » Kural olarak çelik üzerindeki kritik miktarda P/Si içeren ($0 < \text{Si} < 0,20$, $\text{P} > 0,020$) kaplamalar daha karasızdır. Daldırma süresi arttıkça ζ fazının oranında dalgalanmalar olabilir.

2.1.4. Si & P İçeren Çeliklerde Kaplama Kalınlığını Azaltmanın Yöntemleri

- » 530°C gibi yüksek sıcaklıklarda çalışılması bazı durumlarda sürekli ve temiz görünümlü yüzey oluşmasını sağladığı halde, demir kaybını arttırır. Banyo kompozisyonu ve flaks kullanımı ile ilgili problemlere yol açar.
- » Banyoya alüminyum ilavesi yüzey tabakasının büyüme hızını düşürür fakat artan akışkanlık yüzünden banyoyu kullanılamaz hale getirme riski de vardır ve bu nedenle belli bir limite kadar ilave edilebilir. Optimum değer yaklaşık %0,03 - %0,04 Al olduğu halde bu silisyum içermeyen çeliklerde tatmin edici kaplama elde etmeyi zorlaştırabilir ve böylece banyonun çeşitli kompozisyonlara sahip çeliklerde galvanizleme özelliğini azaltır.
- » 440/450/460°C'deki erimiş çinko içindeki %0,015'e kadar olan Al miktarları artan fosfor miktarıyla birlikte kaplama kalınlığını arttırır. Bu etki Sebisty Bölgesi¹ çelikleri ve yüksek silisli çeliklerden ziyade daha çok %0,12'ye kadar Si içeren çelikler için geçerlidir.
- » Düşük fosforlu çelikler için ($\text{P} < 0,020$) 440-450°C sıcaklık aralığındaki 5 dakikalık daldırma periyodunda kaplama kalınlığında artma gözlenmemiştir.
- » Sandelin Bölgesindeki çeliklerin kaplama kalınlığı 460°C'deki sıvı sıcaklığında kesin bir artış gösterir.

- » Maksimum kalınlık daldırma süresine bağlıdır ve şu durumlarda meydana gelir:
 - % 0,009 Alüminyumlu malzemenin 5 dakikalık daldırılmasında
 - % 0,005 Alüminyumlu malzemenin 10, 15, 20 dakikalık uzatılmış daldırma sürelerinde kalınlık daldırma süresiyle birlikte artar.
- » Diğer banyo ilaveleri, mesela Vanadyum gibi güçlü silikat yapıcılar, katılabilir fakat bu verimsiz ve masraflı olabilir.
- » Diğer öneriler: Vakumlu tavlama, işlemden önce silisyumun curufa dönüştürülmesi, tuz banyosuna öndaldırma yapılması, elektrolitik demirle önkaplama yapılması.

SONUÇ: Çinko demir alaşım katmanı oluşumunun artmasındaki en önemli faktör çeliğin kompozisyonudur. Bu nedenle sıcak daldırma galvaniz prosesine uygun çelik seçimi özellikle önemlidir. Demir ve silisyum arasındaki reaksiyonu önlemek için, silisyum miktarı yaklaşık olarak %0,12 ile %0,30 arasında olmalı veya %0,04'den az olmalıdır.

2.1.5 Yüksek Sıcaklıkta Galvanizleme

Yukarıda bahsedildiği gibi yüksek sıcaklıkta galvanizleme silisyumlu çelikler için mümkündür. Prensip olarak yüksek galvaniz sıcaklığının (550°C) avantajı silisyumlu –durgun veya yarı-durgun çeliklerin galvanizlenmesinde oluşan kalın kaplamanın önlenmesidir.

Bu prosesin dezavantajı ise seramik tank gerektirmesidir. Ayrıca kontrol etmesi daha zordur çünkü büyüme kinetiği daha hızlıdır ve kırılğan δ_1 fazı oluşumunu destekler. Sıcaklık 550°C'ye çıkarıldığında, dros çökmesi genel olarak daha önemlidir; kaplama kalınlığı ayrıca sıvı çinko içindeki demir miktarına da bağlıdır ve soğutma hızı sıkı bir şekilde denetlenmelidir. Isıtma ekipmanı sıvıdaki heterojen sıcaklığı yükseltmeyecek şekilde seçilmelidir.

Bu gibi yüksek sıcaklıktaki galvanizlemeyle kaplanan çeliğin yorulma direncini de içeren mekanik özellikleri, 450°C’de elde edilen değerlerden fazla farklı değildir. Korozyon testleri göstermiştir ki kaplamanın korozyon direnci ve kalınlığı düşük sıcaklıklarda elde edilen kaplamalarla karşılaştırılabilir önceliklidir.

Seramik tank kullanımı belli başlı dezavantajlara sahiptir. Banyo ve duvarlarının yüksek termal direnci sebebiyle, banyodaki çinkonun ısıtılması ya tepeden ya da daldırma ısıtıcılarıyla uygulanmalıdır. Ticari olarak, tepeden ısıtma kullanılmaktadır fakat bu çok geniş yüzey alanı ve banyo içinde yüksek miktarda çinko gerektirmektedir. Çünkü ısıtmakta olan yüzey, daldırma için müsait alan oluşturmamaktadır. Bazı firmalarda silisli çelikler için 475°C’de galvanizleme yapılmaktadır. Bu yüksek sıcaklık ısıtma zamanını azaltır ve onlara banyo dışında daha fazla reaksiyonu önleyecek yeteri kadar hızda çalışabilme imkanı sağlar(4,5,6).

“ Sebisty Bölgesi: %0,15 - %0,30 Si içeren çelikler. Bu bölge kaplama kalınlığının düşük sıcaklıklarda meydana gelen en büyük değeri ile karakterize edilmiştir. Bunun sebebi ise reaksiyon hızının sıcaklıkla değişmesidir.”

2.2. Çelikteki Diğer Alaşım Elementlerinin Kaplamaya Etkileri

2.2.1. Mangan

%3-5 Civarındaki manganın etkisi oldukça ciddidir. %1-2’ye kadar olan miktarlarda ağırlık kaybına ve kaplama iç yapısına olan etkisi çok azdır. δ_1 ve ζ fazının büyümesi neredeyse eşittir ve yalın karbonlu yumuşak çeliklerde sıkça görülen büyümedeki bölgesel düzensizlikler azalmıştır.

2.2.2. Kükürt

% 0,1’e kadarki kükürt varlığı Fe(katı) – Zn(sıvı) arasındaki reaksiyona olan etkisi azdır.

2.2.3. Diğer İlaveler

Silisyumlu çeliklerdeki Ti, Nb, ve V gibi elementlerin galvanizleme sırasındaki reaksiyonlar üzerinde etkileri yok gibi gözükmektedir. Demire aliminyum ilavesi hızı düşürmesine rağmen, böyle bir etki için büyük miktarlarda katkı gerekmektedir. Ni ve Cr ilavesi ise hız artışının sıcaklık aralığını büyütür; bu değer yaklaşık %11 Cr için 465-520°C ve %5'i geçen Ni miktarları için 440-550°C olur.

Mo ilavesi reaksiyonu başta hızlandırmasına rağmen, yüksek miktarlardaki Mo ile birlikte düşer ve hız Mo-içermeyen yumuşak çeliklerdekinden daha düşük olur(4,5).

2.2.4. Gazlar

Nitratlama çelik üzerindeki reaksiyon hızını azaltır. Oksit halinde bulunan oksijenin, ağır katmanların oluşumu ile sonuçlandığı söylenmektedir. Büyük bir olasılıkla asitle yıkama işleminden kalmış olan Hidrojen, galvanizleme sırasında kaplamanın kırılmasına yol açarak demirden kaçabilir ve böylece reaksiyon hızını arttırır.

2.3. Çinko Banyosundaki Alaşım Katkılarının Etkileri

2.3.1. Demir

Erimiş çinko içindeki çözünürlüğü çok düşüktür; 450°C'deki çözünürlüğü ağırlıkça

%0,054 ve 500°C'de %0,139'dur. Çözünürlük limitinin dışındaki demir, dros oluşturarak (Fe-Zn bileşiği) dibe çöker. Bu sadece çinko sarfiyatını arttırmaz aynı zamanda akışkanlığın artmasına ve çinkonun demiri ıslatma özelliğinin de düşmesine yol açar. Dikkatli kontrol ile dros seviyesi düşük tutulabilir. Dros sadece Fe-Zn ihtiva etmez, içeriği ayrıca çeliğin kompozisyonuna ve diğer katkılara, Al gibi, bağlıdır. Reaksiyon hızı, bu etki yalnızca 520°C'den yüksek sıcaklıklarda görülebilmeyeine rağmen, doymuş çinko banyosuna oranla doymamış olanında daha fazladır.

2.3.2. Alüminyum

Çinko banyosuna alüminyum ilave etmenin başlıca avantajları şunlardır: kaplamanın daha parlak olması, çinko banyosundaki oksijenin indirgenmesi, kırılğan Fe-Zn fazlarını sindirerek daha sünek bir kaplama sağlaması ve gelişmiş korozyon direnci.

Bununla birlikte Al varlığındaki Fe-Zn etkileşimi katmanların kırılması sebebiyle beklenenden farklı ve tahmin edilemez olabilir. Bu, alaşım & çinko arasında düzensiz bir arayüze ve göze hoş gelmeyen kaplamaya sebep olur.

Pratikte ağırlıkça %0,1-0,3 Al banyoya eklenir ve galvaniz sıcaklığı olarak 450°C civarı kullanılır. Galvanizin başında oluşan katman düşük parabolik hıza bağlı olarak yavaş yavaş büyür ve demirin ataklığı ihmal edilebilir düzeydedir. Bu **kuluçka devri** olarak adlandırılır. Kuluçka devrinin bittiğine işaret olan bu ilk oluşan katmanın dağılmasına müteakip, saf çinko banyosundaki hıza oranla demir üzerinde daha hızlı bir atak başlar.

Kuluçka süresi bir takım faktörlere bağlıdır. Sürenin arttığı durumlar şöyledir:

- (a) Banyonun Al miktarında artma
- (b) Düşük banyo sıcaklığında çalışma
- (c) Banyoda düşük miktarda demir bulunması
- (d) Çalkalanma
- (e) Çelikte silisyumun olması

Sürenin azaldığı durumlar:

- (a) Çelik yüzeyi pürüzlü ise
- (b) Yüksek banyo sıcaklığında çalışılıyorsa
- (c) Banyo demire doymuş ise

İnce kaplama yüzeyi elde edebilmek için kuluçka devri bitmeden malzeme banyodan çıkarılmalıdır. Bu yüzden kuluçka süresi yukarıda belirtilen methodları uygulamak suretiyle arttırılmalıdır.

2.3.3. Kurşun

Kurşun çinkonun içinde bulunabildiği gibi (çinko üretiminden gelen miktar), sık sık da %2'ye varan oranlarda da banyoya eklenir. Düşük sıcaklıklarda Çinko ve Kurşun sıvı halde birbirleri içinde sınırlı çözünürlük gösterirler. 450°C'de kurşunun çinko içindeki çözünürlüğü %1,2 ve çinkonun kurşun içindeki çözünürlüğü ise %7,0'dir. Normalden fazla kurşun banyo dibine çökelir. Kurşunun varlığında dros alımı ve çinkonun drostan ayırımının kolaylaştığı iddia edilmektedir. Kurşunun kalite, kaplama kalınlığı, süneklik ve korozyon direncine olan etkisi fazla değildir.

2.3.4. Bakır

Banyoya bakır katılmasının intermetalik katman kalınlığını arttırdığı ve korozyon direncini geliştirdiği görülmüştür. % 0,8-%1,0'a kadar olan bakır ilavesi kaplama kalınlığını arttırmaktadır. Bundan fazla miktardaki katkı kaplama üzerinde fazla etki etmemektedir ve ayrıca dros oluşumunu yükseltme eğilimi yaratmaktadır. Bakır ve aliminyumun birbirlerini nötrale etme eğilimleri vardır.

2.3.5. Kadmiyum

Kadmiyum miktarındaki yükselme (%0,5'ten %10'a kadar) reaksiyon hızında artışı sağlar. Bu durum Γ katmanının kırılmasına bağlanmaktadır. Kadmiyum miktarı % 45'in üzerine çıkarıldığında, ζ fazı yok olur ve geriye kaba δ_1 kristalleri kalır. %90 ve üzeri ilavelerde herhangi bir görülebilir katman oluşmaz fakat demir direkt olarak sıvı içinde çözünür.

2.3.6. Silisyum

Az miktardaki silisyum (%0,025-0,035), %0,1-0,2 Al içeren veya aliminyum katılmamış galvaniz banyolarına eklenir. Silisyumun banyodaki demirle reaksiyona girip çinko içinde çözünmeyen ferro-silis partikülleri oluşturup dros miktarını arttırdığı bilinmektedir. Demire doymuş banyolarda alaşım katmanı oluşumunu bastırmadaki yararı ispatlanabildiği halde, saf çinko veya çinko-aliminyum banyolarında silisyumun kaplama yapısı üzerinde herhangi bir etkisi yoktur.

2.3.7. Magnezyum

% 0,6'ya kadar olan Mg ilavesi kaplama kalınlığını arttırmamasına rağmen daha fazla ilavesinde ise kalınlığı düşürme eğilimi gösterir. Düşük karbonlu çeliklerin galvanizlenmesinde %0,3'lük Mg miktarı bile istenmemektedir, çünkü reaktiviteyi çok fazla artırır ve bu yüzden kaplama görünümünü bozar.

Genellikle banyoya Mg ilave edilmesinin kaplamanın özelliklerini geliştirdiği düşünülmektedir ama yukarıdan da açıkça anlaşılacağı gibi tam değeri dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir çünkü kaplamanın görünümü sadece banyo kompozisyonuna değil aynı zamanda kaplanacak çeliğin kompozisyonuna da bağlıdır.

2.3.8. Mangan

Banyoya ilave edilen % 0,5'lik Mn bütün katmanın içine ama özellikle δ fazının içine yayılır. Düzenli ve sıkı δ_1 & δ_2 fazının gelişmesini sağlar, ve δ_1/δ_2 arayüzündeki difüzyonu etkiler. Korozyon direncini, yapışkanlığı, ve şekillenebilirliği geliştirmek için yüksek miktarlarda (%1,5 - %5) eklenir.

2.3.9. Kalay

Banyoya kalay ilavesinin kaplama görünümü üzerinde önemli etkisi vardır. Kalay daha büyük çiçek görüntüsü (Çiçekleme) ve gelişmiş parlaklık elde etmek için katılır. Çinko kaplamaya daha beyazımsı parlaklık verir. Kurşunla birlikte çiçekleme görünümünü geliştirir ve çiçekleme sınırlarının bozulmasını azaltır. Yüzey parlaklığı artar. Bu özellikler daha çok sürekli galvanizleme proseslerinde çok önemlidir.

2.3.10. Nikel

Nikel bazı reaktif çeliklerde intermetalik katmanların büyümesini kontrol etmede kullanılır. Sandelin eğrisindeki tepe noktası çok kalın kaplamayı belirtmektedir. Banyoya nikel ilavesi kalınlığı düşürecektir. %0,2'nin üzerindeki silisyum değerlerinde Ni ilavesi toplam kaplama kalınlığını biraz düşürebilir fakat demir çinko intermetaliklerinin büyümesini bastırmayacaktır.

Nikel, demirin çinko banyosu içindeki çözünürlüğünü değiştirecektir. Bu değişim dros miktarında bir artışa sebep olabilir. Demir çinko ile intermetalik oluşturma eğilimi göstererek çökelmeye başlar. Ayrıca Fe-Zn-Ni arasında dros oluşturan üçlü fazlar vardır. Düzenli banyo kontrolü dros oluşumunu azaltacaktır(11).

3. GALVANİZİ ETKİLEYEN DİĞER FAKTÖRLER

Dış çinko tabakasının kristalleşmesini etkilemek için kalay ve antimon katılabilir. Her iki element çinkoyla ötektik oluşturur ve bu ötektiklerin katılaşması esnasında kristalleşme merkezden büyük çiçekleme şeklinde olur.

Daha iyi korozyon direncine sahip kalın kaplamaya yol açan gümüşün büyümeyi hızlandırdığı görülmüştür.

Cr, Ni, Ti, V ve Zr demir-çinko büyümesini engellemede etkilidir. Bunlar ζ fazının üst kenarında veya ζ fazına bitişik çinko kuşağı içinde üçlü bileşikler oluştururlar. Bu elementlerin varlığında oluşmuş ζ katmanının kalınlığı azdır ve değişmiştir, onun için daha düzgün ζ -Zn sınırı oluşur sonuçta da fazla miktardaki çinkonun kalınlığında azalma sağlanır(11).

3.1. Çeliğin Yüzey İşlemlerinin Galvaniz Kaplama Üzerine Etkisi

Yüzeyin durumu, mesela pürüzlüğü ve yüzey gerinimi gibi, galvaniz kaplamanın özellikleri, yapısı, görünümü üzerinde önemli rol oynayabilir. En önemlisi de yüzey işlemlerinin demirdeki veya banyodaki alaşım katkılarından daha ağır basmasıdır. Bu nedenle, silisyumlu demir gözönüne alındığında, yüzeyin kumlanması reaksiyon hızını düşürür ve normal kaplama meydana gelir. Alüminyumlu banyolarda kaplanan yumuşak çeliklerde ise eğer çelik yüzeyi asitle yıkanmışsa neredeyse hiç etkileşim katmanları oluşmaz, bununla birlikte eğer yüzeye taşlama veya zımparalama işlemi uygulanmışsa kalın alaşım katmanları oluşur.

Çeliğin soyma hattındaki tekrar oksitlenmesini önlemede çinko ve nikelle önkaplama yapılmasının avantajları olduğu görülmüştür. Önceden ısıtılarak daldırma zamanı düşürülmesine rağmen bu yöntem ticari olarak çok az rağbet görmektedir(6).

3.2. Galvaniz Kaplama Üzerinde Geometri ve Gerilimin Etkisi

Büyümekte olan kaplama içindeki gerilimler, basma ve/veya çekme, çeşitli sebeplerden kaynaklanabilir. Ürün ve reaksiyon sonucu oluşanlar arasındaki hacimsel farklılıklar büyümekte olan katmanda gerilime sebep olabilir. Soğuma esnasında malzemenin kendisiyle, oluşmakta olan fazların genleşme katsayıları arasındaki farktan dolayı gerilimler ve çatlaklar oluşabilir.

Uygulanacak basınç daha pürüzsüz kaplama olmasını ve kaplamanın sürekliliğini destekler, bu normalde basınç uygulamadan doğrusal aralık içinde oluşmayan ξ fazı için de geçerlidir.

Galvanizlenecek malzemenin şekli kaplama üzerinde dikkate değer etkiye sahiptir, çünkü alaşım katmanları demir arayüzüne dik bir şekilde büyürler. Dışbükey yüzeyler veya dış taraftaki köşeler ξ fazının kırılmasına ve dolayısıyla malzemenin korumasız kalmasına sebep olabilirler.

Çekme gerilimleri yüzünden, Zn çeliğin tanecik sınırlarına nüfuz edebilir ve sınırları zayıflatır, bu durum, bazen feci bir şekilde, yetersizliğe yol açar. Bu tür bir atak çoğunlukla galvaniz tankı ile sınırlanmıştır fakat ayrıca kaplanmış borularda ve buharlaştırıcılarda da olabilir.

Sac Kalınlığı: Sacın kalınlığı arttıkça kaplama kalitesi azalma eğilimi gösterir. Kalın plakalar yüksek daldırma sıcaklığı, düzgün etkileşim ve bunların yüksek ısı kapasitelerini dengelemek için yavaş hızlar gerektirirler. Bu tür firmalarda 470°C'nin üzerinde veya 3 m/dak.'dan az bir hızda çalışamaz. Bununla birlikte diğer çalışma parametrelerinin, mesela banyo katkıları, düzgün kontrol edilmesiyle istenen ısı kapasitesini ederek ürünün kalitesi %20 oranında arttırılabilir.

3.3. Isıtma Hızının Etkisi

Isıtma hızı kaplama için önemli bir faktördür çünkü kaplama, sıcaklık eğrisinin sistemin ısınıp vermesini sağlayacak kadar (endotermik olgu) düzgün olduğu zaman oluşur. Bu durum demirin sıcak veya önısıtılmalı daldırılmasına, ya da çinko ve demirin beraber ısıtılmasına bağlıdır. Ayrıca kaplanacak malzemenin farklı kalınlıklarda karmaşık parçaları olabilir ve bu uygulanacak sürenin hesaplanmasını etkileyecektir.

3.4. Banyo Sıcaklığının ve Çıkarma Hızının Etkisi

Genellikle kaplama kalınlığı artan çinko banyo sıcaklığı ile birlikte artar. Öte yandan dıştaki saf çinko katmanı kalınlığı düşen sıcaklık ile birlikte azalır. Geri çıkarma hızı sadece dıştaki bu saf çinko tabakasının kalınlığını kontrol etmede önemlidir hız düştükçe kalınlık azalır.

Kaplama kalınlığının kalitesi ve bazı hataların oluşması büyük oranda banyo sıcaklığı ve geri çıkarma hızı arasındaki bağıntıya bağlıdır. Banyo sıcaklığının veya çıkarma hızının sac kalınlığı ile birlikte yetersiz kontrolü sonucu oluşan hatalar şöyledir: gri kaplama, yırtılma, kabuklanma ve pullanma oluşumu. Bu yüzden çinko banyo sıcaklığı ve çıkarma süresi, plaka kalınlığı ile birlikte kontrol edilmelidir. Optimum çalışma koşulları çeşitli aralıktaki kalınlıklar için aşağıdaki tabloda verilmiştir(Tablo 1).

Sac Kalınlığı (mm)	Sıcaklık (°C)	Hız (m/dak)
< 0.65	445 – 450	5
0.7 – 0.9	450 – 460	4
>0.9	460 – 465	3

Tablo – 1. Çeşitli Sac Kalınlıkları İçin Gereken Sıcaklıklar Ve Banyodan Çıkarma Hızları

3.5. Galvaniz Sonrası İşlemler

Saclar daldırıldıktan sonra, dik bir şekilde iki silindirin yardımıyla çıkarılır ve havada soğumaya bırakılır. Bu işlemlerden kaplama kalitesine etki edenler şöyledir:

- Çinko banyosunun çıkarma yüzeyinin temizlik derecesi
- Sacların alıcı silindirlere girmeden önceki soğuma miktarı
- Havadaki soğumanın dağılımı
- Çıkarma silindirinin temizlik derecesi
- Depolama öncesi pasivasyonun yapılması veya yapılmaması

Yukarıdaki adımların yetersiz kontrolü kadar pasivasyonun yapılmamış olması ürün kalitesinde düşüşe ve aşağıda verilen hatalara sebep olur:

Pürüzlü kaplama, flaks lekeleri, gri benekler ve pul oluşumu gri benekler bu hatalar arasında %50'lik bir oranı temsil eder ve büyük oranda pasivasyonun olmaması sonucu oluşur. Bu nedenle bu tip hatalar kadar beyaz pas oluşumunu da önlemek için kromat pasivasyonu uygulanır. Kaplama üzerindeki kromat film tabakası kalıcı değildir ama depolama sırasında veya nakliye süresince yeterli koruma sağlar.

3.6. Galvanizin Tavlanması

Bu proses malzemenin galvanizlemesinden sonraki ısıtma işlemleri içerir. Yapışkanlığı arttırmak ve kaplamanın pürüzlü olmasını önlemek için dizayn edilmiştir. Bu işlem sonrası kaplamanın tamamı veya tamamına yakın bir bölümü Fe-Zn alaşımından oluşur ve bunun bazı endüstri ortamlarında daha iyi korozyon direnci sağladığı iddia edilmektedir.

Oluşan intermetalik fazlar arasından δ_1 fazı en sünek ve korozyona en dayanıklı olanı iken Γ ve ξ fazları kırılgandır. Bu sonuca göre tavlamanın amacı mevcut faz katmanları oranının daha iyi kaplama özellikleri elde etme yönünde değiştirmektir.

Isıl işlemin süresi ve sıcaklığı kullanılmış olan galvaniz prosedürüne ve gereken nihai kaplama türüne bağlıdır. Bu işlemin ilk sonucu tamamen veya neredeyse tamamına yakın saf çinkonun ve η fazının giderilmesidir. Mümkün olan en iyi δ_1 fazı katmanını oluşturmak için, ısıtma işlemi genellikle 530°C'nin üstünde ξ fazını elimine ederek fakat 600°C'nin altında Γ fazının büyümesini önlemek suretiyle uygulanır(2,6,10).

3.7. Sıcak Daldırma Yöntemiyle Galvanizlemede Çinko Sarfıyatının Azaltılması

Sıcak daldırma ile galvanizlemede çinko tüketiminin yalnız tek yönde olması istenir; çinko kaplamanın istenen standartlara göre veya müşteri isteklerine göre yapılması. Galvaniz esnasında olan diğer tüm reaksiyonlar ve prosesler istenmeyen

çinko sarfiyatına neden olur ve bu yüzden mümkün olduğunca önlenmelidir. Bu istenmeyen reaksiyonların ve proseslerin özeti aşağıdaki Tablo-2’de verilmiştir.

Çinko sarfiyatına sebep olan reaksiyonlar üzerinde olumlu etki yapacak çeşitli yollara başvurulabilir, bunlar şüphesiz teknik ve ekonomik etki olarak her durumda kontrol edilmelidir(6).

3.7.1. Minimum Kaplama Kalınlığının Aşılması

3.7.1.1 Reaktif Çelik

Reaktif çeliklerin çinko alımını artırması galvaniz depatmanının günlük olağan operasyonlarından da etkilenebilir. Bu özellikle reaktif ve reaktif olmayan çeliklerin aynı yapı içinde bulunduğu durumlarda geçerlidir. Bu gibi durumlarda reaktif olmayan parçanın istenen kaplama kalınlığına ulaşması için gereken süre çoğu zaman reaktif parçanın gereken kalınlığa ulaşması için geçen zamandan uzundur. Reaktif çeliklerin kaplama kalınlıkları sadece kısa süreli daldırma zamanları ve düşük galvaniz sıcaklıkları kullanılarak düşürülebilir. Kısa süreli daldırma zamanlarına çelik parçanın kurutulması suretiyle ulaşılabilir. Düşük banyo sıcaklıkları ise ya hazırlanarak ya da birkaç ağır parçanın daldırılması sonucu zaten düşecek olan banyo sıcaklığından yararlanarak elde edilebilir.

3.7.1.2 Uzun Daldırma Süreleri

Operatörlerin dikkatsizliği dışında bunun başlıca iki sebebi vardır:

- » Uygun olmayan dizayn, özellikle profillerdeki deliklerin çok küçük veya çok az sayıda olması. Tek çözümü ise müşteriye danışmak suretiyle dizaynın değiştirilmesidir.
- » Yanlış askılama, örnek: çinko giriş deliklerinin çapının hava çıkış deliklerinkinden küçük olması. Prensip olarak hızlı daldırılan deliksiz profillere ek olarak daha fazla yükleme yapabilmek için bir kaç parça da delikli profillerin birlikte asılması banyo içinde geçen süreyi oldukça arttırmaktadır. Çözüm askılamanın düzenli denetlenmesidir.

(A) Gereken minimum çinko kaplama kalınlığının aşılması	(B) Dros oluşturan, erimiş çinko ile demir malzemeler, banyo duvarları, galvanizlenecek ürün ve demir tuzları arasındaki reaksiyonlar	(C) Çinko külü oluşturan, erimiş çinko ile havadaki oksijen ve flaks bileşenleri arasındaki reaksiyonlar	(D) Asma ve taşıma sırasındaki ve galvanizlenecek ürünün uygunsuz tasarımı sebebiyle çinkonun dışarı sürüklenmesi
Sebepler: 1. Reaktif çelik 2. Uygunsuz dizayn ve/veya yanlış asma yüzünden daldırma süresinin uzaması 3. Proses adımlarının hem galvaniz sırasında hem de öncesinde uygulanmaması (yıkama, flaks'a daldırma ve kurutma, sıvı çinkonun sıcaklık ve kompozisyonu, daldırma süresi ve malzemeyi banyodan geri çıkarma hızı) 4. Proses sonrası kaplama kalınlık ölçümünün etkili şekilde veya hiç yapılmaması ve bu yüzden galvaniz sonucuna yapılabilecek müdahalenin eksik kalması	Dros oluşumunun artma sebepleri: 1. Yıkamanın yapılmaması veya yetersiz yapılması, flaks uygulanmaması, kurutma yapılmaması sonucu çalışılan parçanın yüzeyinde kalmış demir tuzlarının çinko banyosuna girmesi 2. Isıtma sistemindeki yetersizlik sonucu sıvı çinkonun veya tankın iç duvar sıcaklığının çok yüksek olması ($T > 470^{\circ}\text{C}$) 3. Dros alımındaki yetersizlik 4. Uygunsuz tank malzemesi kullanma ve bu yüzden demirin aktifliğini arttırma (mesela aşırı Si miktarı)	Çinko külü oluşumunun artma sebepleri: 1. Aşırı oranda serbest çinko yüzeyinin olması ve/veya tankın kenarlarındaki aşırı atık gaz sebebiyle çinko banyosu yüzeyinde sıvı çinko ile havadaki oksijenin reaksiyonu 2. Yıkamanın yapılmaması veya yetersiz yapılması, flaks uygulanmaması ve kurutma yapılmaması sonucu ürünün yüzeyinde kalmış demir tuzlarının ve diğer kalıntıların çinko banyosuna girmesi 3. Yüzeyde hala yapışık olarak kalan lekeleri temizlemek için ekstradan yapılan amoyum klorür serpilmesi 4. Çinko külü alımının yetersizliği	Sebepler: 1. Askılama & Tasarımla ilgili aletlerin ve malzeme seçiminin uygunsuzluğu 2. Galvanizlenecek parçanın tasarımının uygunsuz olması (cep kısımları, köşeler-delikler vb.) ve/veya yanlış askılama

Tablo-2. Sıcak Daldırma İle Galvanizlemede Çinko Sarfiyatına Yol Açan İstenmeyen Faktörler

3.7.1.3. Proses Şartlarına Uyulmaması

Çinkonun sıcaklığının artması ve uzun daldırma sürelerinin daha kalın kaplamaya yol açtığı bilinmektedir. Bununla birlikte kullanılan çinkonun saflık derecesinin sarfiyat üzerindeki etkisinin önemi yaygın olarak bilinmemektedir. Erimiş çinko içindeki oksitler ve diğer pislikler sıvının akışkanlığını arttırarak geri çıkarma esnasında daha fazla çinko sürüklenmesine yol açar. Bu nedenlerden dolayı çinkonun saflaştırılması, özellikle külden arta kalan çinkoların erimesinden veya dökülmesinden sonra, önemlidir; örnek: uygun oksijen giderici kullanılması veya ağaçlamak suretiyle kaynatılması. Çinko sarfiyatı artan çıkarma hızı ile birlikte artar. Buna ilaveten gaz çıkışı ekipmanlarının dizaynının uygunsuz olması, çinkoyu parçadan akarken erken soğuk akıma maruz bırakarak sarfiyatını arttırır.

3.7.1.4. Kaplama Kalınlığının Ölçülmemesi

Özellikle yüksek miktarlardaki üretimde veya büyük siparişlerde kalınlığın düzenli ölçümü çinkonun ekonomik kullanımı açısından büyük önem teşkil eder. Üründeki fazla kaplama kanıtlanmadıkça kaplama kalınlığının düşürülmesi mantıklı olmaz. Uygun kalınlık ölçme cihazı kullanmak gereklidir ve galvaniz operatörlerine yeterli bilgi dönüşü sağlanmalıdır.

3.7.2. Yüksek Dros Miktarı

3.7.2.1. Demir Tozlarının Sıvı Çinko İçine Taşınması

Literatürde erimiş çinkoya giren 1 gr demirin 20-25 gr çinkoyu bağlayarak drosu oluşturduğu hesaba katılır. Demir tuzları çinko içine galvanizlenecek parçalar yardımıyla girebildiği gibi ayrıca ferrus malzemelerinin (galvanizlenecek parça ve galvaniz tankının duvarları) sıvı çinko ile olan reaksiyonu yardımıyla da girebilir. Pratikte tank duvarlarıyla galvanizlenecek ürün arasındaki reaksiyonu engellemek mümkün değildir ve buyüzden de ön hazırlık hattından gelebilecek demir tuzlarını minimize etmek önem kazanır. Asitle temizlemeden sonra uygulanan yıkama, flaks ve kurulama işlemleri yapılmadan gerçekleştirilen galvaniz işlemi çinko sarfiyatını %10-%20 oranında arttırır. Bu artan çinko sarfiyatı illaki yüksek miktarda dros içinde yansır

anlamına gelmez. Sık sık, demir tuzları daldırma sırasında erimiş çinko içindeki parça yüzeyinden akabilmek için gerekli zaman bulamaz. Bu yüzden parça yüzeyinde kalın kaplama oluşturan katalizör gibi davranır. Düşük pH değerli ve yüksek demirli flaks kompozisyonu da benzer etkiye sahiptir. Düşük kurutma sıcaklıkları ve aşırı uzun kuruma süreleri parça yüzeyinde çinko hidroksit oluşumunu arttırır ayrıca, ekstra asitle temizleme gerektirir ve demir tuzları oluşumunu destekler.

3.7.2.2. Erimiş Çinkonun veya Tank Duvar Sıcaklığının Yüksek Olması

Sıcaklık yükseldikçe Fe-Zn arasındaki reaksiyon yoğunlaşır. Bu kural ayrıca, galvanizlenecek parçanın reaksiyonuna ve tankın iç duvarları ile erimiş çinko arasındaki etkileşime de bağlı olan dros oluşumu için de geçerlidir. Bu sebeple galvaniz banyo sıcaklığı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.

Tank duvarlarından kaynaklanan dros miktarı genelde çok azdır. Uzun süreli çalışma periyodu sonunda galvaniz tankı kalınlığındaki 10 mm'lik incelme yaklaşık olarak birim alanda çözünmüş 80 kg'lık bir demir miktarını ifade eder. Bu değeri 25 ile çarptığımızda da tank duvarlarının sebep olduğu dros oluşumunun değerini, 2 ton/m², buluruz ve bu değer özellikle ısıtma sistemindeki yetersizlik ve bunun sonucu oluşan tank duvarlarındaki aşırı ısınmadan şüphelenildiği zamanlarda hatırlanmalıdır.

3.7.2.3. Dros Alımındaki Hatalar

Dros alımı süresince, dros alan alet deliklerden sadece damlalar halinde çinko akmaya başladığı ana dek banyo üzerinde tutulur. Sonra da mümkün olduğunca çabuk bir şekilde delikli dros kalıbına boşaltılır ve çinko akışı duruncaya kadar sıkıştırma suretiyle bekletilir. Dros kalıbı çinkonun deliklerden rahatça geçebileceği şekilde düzenlenmelidir. Geri kazanılan çinko banyoya katılır.

3.7.2.4. Uygun Olmayan Banyo Malzemesi

Tüm üreticilerin amaca uygun banyo malzemesi kullandığını kabul etmek mantıklı olsa da yakın zamanlarda bile %0.06 Si içeren malzeme kullanımına rastlanmıştır. Ayrıca galvaniz banyolarının, açık bir sebebi olmamasına rağmen, prosesi engeleyecek kadar yüksek oranda dros oluşumuna sebep olduğu örnekler de vardır. Bu olayın sebepleri tam olarak açıklanmamış olsa da tedbirli olmakta yarar gözükmektedir(2,6,17).

3.7.3. Yüksek Oranda Çinko Külü Oluşumu

3.7.3.1. Erimiş Çinko ile Havanın Reaksiyonu

Çinko külü, çinko oksit, metalik çinko, klor bileşimleri, diğer metal oksitleri ve asit içinde çözünmeyen kir, pislik ve yabancı maddelerden meydana gelir. Erimiş çinko ile havadaki oksijenin reaksiyonu sonucu oluşur. Pratikte bu reaksiyon önlenemez fakat azaltılabilir, mesela %0.03'e kadar miktarlarda Al ilavesi gibi. Aliminyumun oksijene olan ilgisi çinkodan fazladır. Bundan dolayı çinko yüzeyinde ilk oluşan aliminyum oksit tabakası çinkoyla oksijen arasında olabilecek reaksiyonu büyük ölçüde önleyecektir. Bu durum çinko külü içinde erimiş çinkodan daha yüksek aliminyum olmasını da açıklar.

Yüzeydeki oksitlenme hızı çinkonun sıcaklığına, banyo üzerindeki hava akışına ve sıvı kompozisyonuna bağlıdır. Bu sebeple banyo sıcaklığı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır, ve köşelerdeki gaz çıkış delikleri çinko yüzeyinde devamlı bir hava akışını çekmeyecek bir şekilde dizayn edilmelidir. Üstelik boş kalan çinko yüzeyi prosesin izin verdiği oranda küçük olmalıdır ve temizliği mutlak düzeyde minumumda tutulmalıdır. Şu gerçektir ki, çinko külünün büyük bir miktarı temizleme esnasında oluşmaktadır, çünkü alttaki temiz çinko çalkalanır ve havadaki oksijenle temas eder. Temizleme bu yüzden dikkatlice ve sadece yüzeyde yapılmalıdır; sıvı içine kevgir daldırılmasından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır-gerekirse yüzer kevgir kullanılır.

3.7.3.2. Pisliliklerin Taşınması

Bunlar, flaks tabakası üzerinde kurumuş olan metalik çelik bileşenleri dışındaki tüm maddelerdir. Özellikle gres yağı, kalıntı boyalar, metal tuzları & oksitleri, önhazırlık işleminden kalan nem veya büyükçe kalıntılar. Malzemedeki her tür formdaki rutubet erimiş çinkoda istenmeyen kaynamaya yol açar ve bu yüzden oksit oluşumu artar. Diğer tüm pislilikler ya kaplama ile reaksiyona girer ya da yüzeye çıkar. Yüzeye çıkanlar daha sık veya daha özenli sıyırma işlemi uygulanarak, kül oluşumunu arttırsa da giderilmelidir.

3.7.3.3. Flaks Kullanımı

Flaks bileşenlerinin bir kısmı erimiş çinko ile reaksiyona girerek kül oluşumunu destekler bu yüzden flaks mümkün olduğunca kararında kullanılmalıdır. Flaks'ın aşırı kullanımı kül içindeki klor miktarını yükseltir böylece satılabilme fiyatını düşürür.

3.7.3.4. Kül Alımında Hatalar

Kül kepçesindeki delikler zamanla tıkanır. Erimiş çinkonun zorlanmadan akabilmesi için delikler her zaman temiz tutulmalıdır. Çinko külü sıyırılırken, sıyırma kepçesi tankın kenarlarına doğru tekrar tekrar tam olarak çekilmelidir, böylece sıvı çinko deliklerden süzülerek banyoya geri döner. Sadece böyle yapıldıktan sonra kepçe temizlenmelidir.

3.7.4. Çıkarma Kayıpları

3.7.4.1. Askılama ve Taşıma Ekipmanlarından Kaynaklanan Kayıplar

Proses esnasında askıların bir parçası veya tamamı galvanizlenir, ve sonuçtaki çinko kaybının derecesi askıların çeşidine ve dizaynına bağlıdır. Bu ayrıca kablolar, kancalar ve diğer taşıma gereçleri için de geçerlidir. Çinko kaybını olabilecek en düşük düzeyde tutmak için askı yüzeyleri olabildiğince küçük olmalıdır. Bu durum en iyi yuvarlak demir çubuk kullanılarak karşılanır. Askı malzemeleri olabildiğince ucuz olmalı, az bakım gerektirmelidir, bu yüzden genellikle bulunabilen en ucuz çelik malzeme kullanılır. Öte yandan reaktif çelik kullanımından

kesinlikle kaçınılmalıdır. Askıların ve askı ekipmanlarının sıyırma işlemleri ayrı yerlerde yapılmalıdır, böylece düzenli kullanılan asitle temizleme banyosu kirlenmemiş ve ayrıca çıkarılan çinkonun hepsi kaybedilmemiş olur. Yüksek çinko-düşük demir içeren atık asit, çeşitli amaçlarda kullanılan karışık asitten kimyasal yöntemlerle daha kolay geri kazanılır. Bu karışık asitler kural olarak yok edilirler. Bu işlemle ilgili kaideler aynı zamanda kötü galvanizlenmiş parçalar için de geçerlidir.

3.7.4.2. Galvanizlenecek Ürünün Uygun Olmayan Tasarımı

Bir tarafta düzgün askılama yapılmasına rağmen çinkonun girdiği elverişsiz tasarımı yapılmış cepler, köşeler ve yarıklar varken diğer tarafta uygun tasarım edilmesine rağmen yanlış askılama yapılarak aynı etkinin elde edilmesi vardır. Daha önce de bahsedildiği gibi bu sorunun üstesinden ancak müşteriden alınacak onayla tasarımın değiştirilmesi ile gelinebilir. Hatalı askılama ise ancak yükleme istasyonunda yapılacak dikkatli denetimle çözülebilir.

3.8. Sonuç

Sıcak daldırma ile galvanizlenen sacların kalitesi şu adımlar kontrol edilerek önemli ölçüde geliştirilir: (1) yüzey ön hazırlama, (2) daldırma teknikleri, (3) proses sonrası işlemler.

- (1) Yağ giderme, asitle temizleme, yıkama, flaks'a daldırma ve kurutma gibi yüzey ön hazırlıklarının yetersiz denetimi sonucu şu hatalar oluşur: kaplanmayan bölgeler, siyah lekeler, kabarcıklar, flaks lekeleri ve pürüzlü kaplama
- (2) Daldırma tekniği açısından, banyo sıcaklığı, çıkarma hızı & parça kalınlığı ile olan doğrulaması, ve banyo katkıları kontrol edilmelidir. Banyoya %10 aliminyum veya antimon içeren (banyo içinde %0.08 Al veya % 0.1 Sb veren) master çinko alaşımı atılmalıdır. Bu metaller gereken miktarlarda galvaniz esnasında belli aralıklarda ilave edilmelidir. Aliminyum, kaplamanın parlaklığını, görünümünü ve düzenliliğini geliştirir; ayrıca kırılğan intermetalik katmanların büyümesini de azaltmak suretiyle toplam

kalınlığı düşürerek daha sünek kaplama oluşturur. Antimon ise pul kaplama sağlar ve özellikle kalın saclar için kaplama kalınlığını düşürür. Bu daldırma tekniklerinin yetersiz kontrolü sonucu aşağıda belirtilen hatalar meydana gelir: gri kaplama, perde oluşumu, yırtıklar, kabuk ve döküntü oluşumu.

- (3) Son işlemlerden çinko yüzey temizliği, soğutma ve pasivasyon kontrol edilmelidir. Beyaz pası ve gri lekeleri önlemek için kromat çözeltisi içinde pasivasyon yapılmalıdır. Bu adımların yetersiz kontrolü sonucu şu hatalar meydana gelir: pürüzlü kaplama, flaks lekeleri, gri lekeler, beyaz pas (ıslak depolama lekeleri), ve değişken pul oluşumu.

Banyoya eklenecek aliminyum ve antimon korozyon direncini bir miktar geliştirir.

4. MEKANİK KAPLAMA VE AVANTAJLARI

Mekanik Kaplama, demir-çelik, paslanmaz çelik ve bazı döküm bağlantı elemanlarının, metalik ve korozyona dayanıklı çinko ile kaplandığı bir metottur. İşlem, elektrokaplama gibi elektriksel yük, sıcak daldırma galvaniz gibi ısı gerektirmeyip oda sıcaklığında gerçekleşir.

Kaplama kalitesi, uygulama kolaylığı mekanik kaplamanın getirdiği avantajlar şunlardır:

- » Hidrojen kırılgenliğine yol açmaz
- » 10µm'den 80µm'e kadar bağıllığı yüksek, homojen kaplama sağlar
- » Korozyon dayancı eşdeğer kalınlıktaki sıcak daldırma galvaniz ve elektro galvanizle aynı ya da daha üstündür.
- » Somun vs. gibi ürünlerde tekrar dış açtırma gerektirmez
- » Küçük parçalar kaplama sırasında birbirine yapışmazlar
- » Renk değişikliklerine rastlanmaz
- » Proses sonrası yaşlandırma işlemi gerektirmez

- » Kromat, boya, cila gibi kaplama sonrası işlemlere uygun bir yüzey hazırlar
- » Kaplama kalınlığı kolay kontrol edilir
- » Zehirli kimyasalların kullanımını gerektirmez, az enerji tüketir, çevreye duyarlı bir prosestir.

4.1. Proses Tanımı

Mekanik galvaniz 40 yıldan fazla bir süredir dünyada uygulanan bir yöntemdir. Kaplama, kaplanacak parçaların, cam partiküllerinin, metalik tozların, yükseltici ve hızlandırıcı kimyasalların ve suyun tamburda çevrilmesiyle oluşur. Tamburun dönmesiyle ortaya çıkan enerjinin cam partiküllere geçmesi ve çinko tozunun mekanik olarak malzeme yüzeyini dövmesiyle oluşan çarpışma enerjisi sayesinde, sıkı ve bağlılığı yüksek kaplama “soğuk kaynak” yöntemiyle parça yüzeyinde oluşur.

4.2. Hidrojen Kırılğanlığı

Elektro galvaniz ya da sıcak daldırma galvaniz prosesinde hidrojen gazının en önemli kaynağı ön temizleme işlemlerinde kullanılan asitler ile metaller arasındaki reaksiyonlardır. Hidrojen, kaplanan metalik malzemede yer değiştirerek, yüksek gerilimli noktalarda ve tane kenarlarında yoğunlaşır. Saklanan hidrojen iç basınç yapar ve malzemenin kullanımı sırasında gerilimlere karşı toleransını azaltarak ani çatlama ve kırılmalarla bütün malzemenin bozulmasına neden olur.

Mekanik kaplamada ise bu reaksiyon çok düşük hızda, daha gözenekli ve daha düzensiz taneli bir yapı oluşturur. Bu nedenle hidrojen gazı, kaplamadaki metal parçacıkların altında ya da içinde saklanıp, gizlenemez.

Soğuk işlem ya da ısıtılmış işlem görmüş sertliği yüksek (çekme dayancı 1000 Mpa ve üstü veya yüzey sertliği 30 Rockwell C ve üstü) malzemelerde, yay çeliklerinde, özellikle de yüksek karbon içeren çeliklerde hidrojen kırılğanlığı riski artmaktadır.

4.3. Mekanik Kaplama Özellikleri ve Avantajları

Mekanik kaplamanın sıcak daldırma galvanize göre bir avantajı da oda sıcaklığında gerçekleşmesidir. Sıcak daldırma galvanizde malzemeler, ergimiş çinko banyosuna birkaç dakika daldırılır. Ergimiş çinko sıcaklığı, bağlantı elemanlarının minimum menevişleme sıcaklığının üstünde olduğu için proses sonunda sert olmayan, zayıf bir malzeme oluşabilir.

Delikli veya girintili şekle sahip parçalar elektro kaplama ile istenilen kalınlığa zor eriştirilirken, mekanik kaplama ile istenilen kalınlıklar elde edilir. Delik çapı 0.78mm kadar küçük olan, hatta delik derinliği çapından büyük olan malzemeler bile kaplanabilir. Mekanik kaplama girintili parçaların elektro kaplanması için gereken özel önlemlere gerek kalmadığı için genellikle daha ekonomik ve daha esnek bir yöntemdir.

Toz metalurji ile üretilmiş parçalar ön işleme gerek olmadan mekanik kaplama ile kaplanabilir. Mekanik kaplama çözeltileri genellikle kimyasal olarak tüketildiğinden kaplanan malzemenin gözeneklerinde çok az miktarda kalır. Galvanik olarak kaplanan ince bakır tabakası bu gözeneklere girer ve toz haldeki metal gözenekleri doldurarak birbirine bağlar.

Mekanik kaplamanın diğer üstün yanları homojen bir kaplama kalınlığı oluşturmastır. Proses sonunda malzemeler hemen kullanıma hazırdır. Dış kısımların arasında çinko birikmez, civata ve somun türü parçaların birbirine kolaylıkla geçmesini sağlar, rondelalar birbirine yapışmaz. Proses sonrası kullanımı 100% garanti malzeme hazırdır.

4.4. Uygulanabilecek Parçalar, Sınırlamalar

Kaplanması elektro kaplama ve sıcak daldırma galvaniz ile sınırlanan birçok parça mekanik kaplama ile kaplanabilmektedir. Çiviler, zincirler, her türlü tel, civata, somun, rondela, hırdavat, kablo bağlantıları, denizcilik malzemeleri, ASTM A 325 yapı civataları, havacılık ekipmanları, otomotiv parçaları, vida gibi malzemeler mekanik kaplama ile kaplananlara örnek olarak verilebilir.

Kaplanacak metalin toz halde olması nedeniyle kaplanmış malzeme yüzeyi mat griden yarı mata kadar değişen parlaklığa sahip olur. Çok pürüzsüz yüzeyler elde edilebilir ama elektro kaplamada elde edilen parlak yüzeyleri elde etmek mümkün değildir. Bu nedenle mekanik kaplamalar dekoratif olmaktan çok işlevseldir.

Parçaların mekanik kaplama ile kaplanabilmesi, parçaların ebadına, ağırlığına ve geometrisine bağlıdır. Kaplanacak parçalar, tamburda çevrilmeye dayanabilmelidir, 1kg'dan ağır veya 0.3m'den uzun malzemeler mekanik kaplama ile kaplanamaz.

4.5. Uygulanabilir Standartlar

ASTM B 695 mekanik kaplama için uygulanan standarttır. Mekanik kaplama, sıcak daldırma galvaniz endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ASTM A 153'ün istediği kalınlıklar ve diğer şartlara uygundur(12).

4.5.1. Testler ve Performans

1. Kaplama Ağırlığı

ASTM A-153 standardında detayı belirtilen test, kaplama sınıfı göz önüne alınarak uygulanabilir

2. Kaplama Kalınlığı

Endüstride yaygın olarak kullanılan kalınlık ölçme yöntemleriyle kolaylıkla test edilebilir.

3. Tuz testi (ASTM B-117)

Tuz testi sonuçları sıcak daldırma galvaniz yapılan eşdeğer kalınlıktaki, aynı malzemelerle yaklaşık olarak aynıdır. 40µm için 250 saat, 50µm için 300 saat %5 kırmızı pas için öngörülmüştür(13).

Kaplama	Kaplama Kalınlığı μm	Kırmızı Pas Oluşumu Saat
Çinko-Aluminyum	50 25	5000 2200
Çinko galvaniz	50	490
Kadmiyum kaplama	25	1100
Dacromet		1250
Mekanik kaplama	40 50	250 300
Çinko-elektro kaplama	12.5	144

Tablo 3. Kaplama Türlerinin Korozyon Dayanımı

4. Kesternich Testi (SO_2 buharı)

Tam bir standarda tabi değildir. Fakat yapılan birçok testin sonunda mekanik kaplama yapılan malzeme hala gümüş rengini korurken, sıcak daldırma yapılan malzemeler siyaha dönüşmeye başlamıştır.

5. Soyma Testi (ASTM A 239)

Genelde sıcak daldırma ile aynı daldırma sayısını göstermiştir. Daldırma sayısı malzemenin şekline, kaplama kalınlığına ve homojenliğine bağlı olarak değişmiştir.

6. Genel görünüş

Mekanik Çinko kaplamanın sıcak daldırmadan daha iyi, homojen, yumuşak bir dokusu vardır. Renk değişikliklerine ve beneklere rastlanmaz fakat sıcak daldırma galvanize göre daha kısa ömürlüdür.

5. GALVANİZ KAPLANMIŞ ÇEŞİTLİ ÜRÜNLER



Resim 3 – Muhtelif Ürünlerin Galvaniz Kaplaması



Resim 4 - Silindirik Kapların Galvaniz Kaplaması



Resim 5 – Farklı Galvaniz Kaplama Örneklerinden



Resim 6 - Poligon Direğin Galvaniz Banyosundan Çıkarılışı

6. GENEL GALVANİZ HATALARI

6.1. Mat Renkli Yüzeyler

Galvaniz yapılacak çelik malzeme içindeki % Silisyum ve % Fosfor miktarı kaplama kalınlığında önemli rol oynar. Sandelin etkisi dediğimiz Bölüm 2.1 de ve Şekil.1 de açıklanan grafikte çeliğin kompozisyonundaki % Si ve % P miktarları galvanize uygun değilse kaplama kalınlığı bir kaç kat artmakta ve kaplama maliyetini artırmaktadır. Alüminyum ile öldürülmüş çeliklerde % Si oranı az, Silisyum ile öldürülmüş çeliklerde Silisyum miktarı fazladır. Silisyum ayrıca çeliklere mukavemet artırmak amacıyla da ilave edilmektedir. Bu tür reaktif çelikler galvanize uygun değildir. Çünkü, silisyum demir ve çinko arasında çok hızlı bir reaksiyona neden olur ve demir-çinko tabakası hızla büyüyerek silisyum içermeyen çelikte oluşan alaşım tabakasına göre daha kalın bir alaşım tabakası meydana getirir. Hatta alaşım tabakası yüzeye ulaşarak alaşım içindeki demir nedeniyle en dışta oluşması beklenen saf çinko tabakasından daha koyu mat bir renge sahip yüzey görünümüne sebep olur. Bu matlık malzemedeki silisyumun homojen dağılımına bağlı olarak bazen dentritik şekilde bazen de bütün kaplamada görülebilir.



Resim 7 - Mat Renkli Galvaniz Yüzeyi

Gerçekte silisyum varlığından kaynaklanan renk farklılığı sadece estetik bakımdan sorun yaratmaktadır. Diğer taraftan mat yüzeyde kalın bir kaplama tabakasının bulunması yüzeyin kaplama direncini artırmakta ve daha fazla ömür sağlamaktadır. EN ISO 1461 standardına göre yüzeyde mat renk oluşumu yada koyu açık renk farklılığı red sebebi olmamakla birlikte müşteri görünüm bakımından bu tür bir yüzeyden memnun olmayabilir. Müşteri memnuniyeti ön planda olduğundan galvaniz kaplamadan önce malzeme seçimine çok dikkat etmek gerekir.



Resim 8 - Mat Renkli Galvanizli Yüzeyler

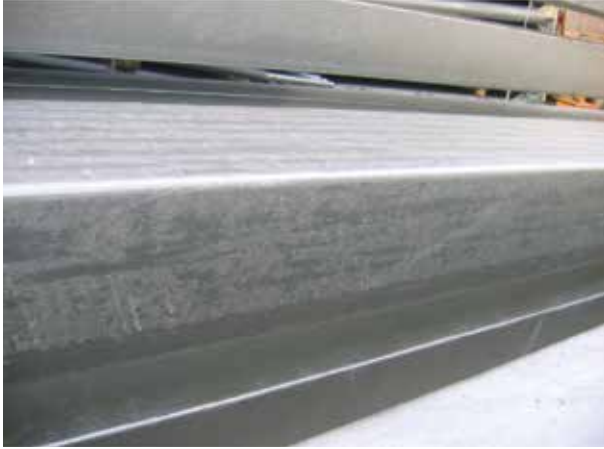
Mat renkli yüzey oluşumunu önlemek için Bölüm 2.1’de belirtilen galvanize uygun çelik kompozisyonuna dikkat etmek gerekir.

6.2. Galvanizli Yüzeyde Fil Derisi Oluşumu

Uzun süre açık havada bekletilmiş fazla hareket görmeyen 6 mm üzerindeki paslanmış levhaların en üst ve en alttan alınarak kesilen saclardan bükülerek üretilen poligon direklerde galvanizden sonra fil derisi görünümlü yüzey pürüzlülüğü oluşmaktadır.

Silisyum oranı yüksek sıcak haddelenmiş ve kalınlığı 10 mm nin üzerindeki malzemelerde de kalın bir oksit tabakası (Kızıl Oksit) mevcudiyeti asit işlemleri ile tam olarak temizlenememekte ve yüzeyde harita şeklinde bir görüntü oluşmaktadır.

Bu tür kalın oksit tabakası malzeme büküldüğü halde yüzeyden sökülemez. Bu durumda malzeme yüzeyinin galvaniz kaplamadan önce kumlanması gerekir.



Resim 9 - Galvanizden sonra Fil Derisi Pürüzlü Yüzey

Bunun nedeni ; Paslanmış olan yüzeylerin kalın pas tabakası yada asidin etkisiz kalması nedeniyle yüzeydeki pasın tamamen sökülememesi olarak açıklanabilir. Ayrıca asidin uzun süre kullanılmış olması etkisini azalttığından yüzey üzerindeki pası tamamen gideremeyeceği aşıkardır. Bu durumda kullanılan asidin değiştirilmesi de gerekebilir. Fakat pas tabakası çok fazla ve kalın ise asit tek başına yeterli olamayacaktır. Bu durumda kalın oksit tabakasının giderilmesi için asitten önce diğer mekanik temizleme yöntemleri (kumlama, fırçalama vb.) düşünülmelidir.

Nitekim bükme yüzeyleri yada bükülmüş malzemenin iç yüzeyleri incelendiğinde herhangi bir fil derisi oluşumu yada yüzey pürüzlülüğü görülmemektedir. Çünkü bükülmüş yüzeylerde bükme sırasında pas dökülmekte ve iç yüzeylerde de levhalar üstüste bindiğinden pas oluşmamaktadır.

Fil derisi problemini çözmenin yolları bu tür uzun süre açık alanda bekletilmiş paslı levhaların yada üstüste uzun süre dışarıda bekletilen levhalardan açıkta kalan yüzeylerin ters çevrilerek dış paslı kısmın büküm sırasında içe gelmesinin sağlanması, pasın asit ile yada kumlama yöntemi ile yüzey işlemine tabi tutulmasıdır.



Resim 10 - Asitte Temizlenemeyen Oksit Tabakası



Resim 11 - Galvanizden Sonra Yüzey Görünümü

Bu tür yüzey hatalarında kaplama kalınlığı farklılıklar göstermektedir. Bir noktada kaplama kalınlığı 100 mikron gelirken diğer bir noktada 300 mikron gelebilmektedir.

Giderilemeyen kalın pas hatalarını temizlemek için asitten sonra mutlaka kumlama yapılması tavsiye edilir.

6.3. Kaplanmamış Bölgeler

Kaplanmamış bölgeler, boyalı ve yağlı yüzeylerin ön yüzey işlemlerinde iyi temizlenememesinden kaynaklanır.



Resim 12 - Borularda kaplanmamış bölgeler



Resim 13 - Kaplanmamış Bölgeler

Bu durumda yağ ve boya tabakalarının malzeme yüzeyi üzerinden kimyasal ve mekanik işlemlerle giderilmesi gerekir. Örnek olarak asitte temizleme ve kumlama işlemleri verilebilir.

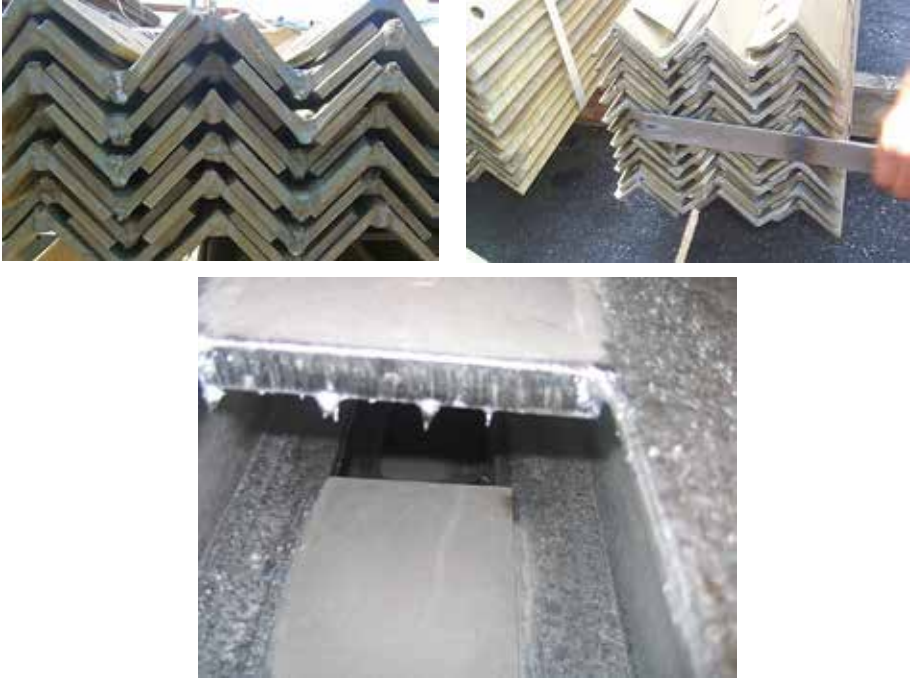
6.4. Galvaniz Birikintileri

Ürünler belirli bir eğimde galvaniz banyosundan çıkarılırken çinko akıntısı soğuma hızına ve çırpma şartlarına bağlı olarak çinko birikintileri meydana gelebilir. Bu birikintiler daha sonra temizlenerek giderilir. Çinko birikintisinin diğer bir nedeni de iyi kesilmemiş çapaklı yüzeylerden dolayıdır. Çapaklı bölgeler çinko birikintisi için zemin oluşturur.



Resim 14 - Kenarlarda ve deliklerde galvaniz birikintileri

Bu hataların giderilmesi için öncelikle ürünlerin galvaniz banyosundan çıkarma eğimi ve çıkarma hızı iyi ayarlanmalıdır.



Resim 15 - Malzeme Kenarında Galvaniz Birikintileri

6.5. Dros Hataları, Kül Ve Yüzey Pislikleri

Dros ve küllü yüzey hataları, ürünlerin drosu iyi temizlenmemiş galvaniz banyolarına daldırılması sırasında ve galvaniz banyosundan çıkarılırken banyo yüzeyi iyi temizlenmemiş ise malzeme yüzeyine yapışmasından kaynaklanır.

Bu hataların önlenmesi için galvaniz banyosu yüzeyinde oluşan dros ve kül uygun aletlerle alınarak temizlenmelidir.



Resim 16 - Dros Ve Kül Kaplanmış Yüzeyler

6.6. Beyaz Pas

Beyaz pas galvanizli malzemelerin galvanizden sonra kurutulmamasından, nemli ortamda bırakılmasından ve hatalı stoklama şartlarından oluşur.



Resim 17 - Borularda Beyaz Pas

Beyaz pasın önlenmesi için ürünler galvanizden sonra kurutma işleminden geçirilmeli ve kapalı sahalarda stoklanmalıdır. Kapalı stok alanı yoksa ürünler yağmur sularının akacağı şekilde eğimli ve aralarında hava sirkülasyonu sağlanacak şekilde aralık bırakılmalı, ürünler birbiri ile temas etmemelidir(15).

7. GALVANİZE UYGUN TASARIMLAR

7.1. Ürünlerin Galvanize Uygunluğunu Sağlayacak Bazı Genel Kurallar

- » Galvaniz kaplama işlemi esnasında yüzey temizleme kimyasallarının ve ergimiş çinkonun tüm yüzeye temasını ve hava çıkışını sağlayacak olan deliklerin, belirgin büyüklükte olması gerekmektedir. Boşaltma deliklerinin büyük olması tercih edilir. Büyük delikler daha iyi boşaltma ve yüksek kaplama kalitesi sağlar. Tabloda minimum delik çapları verilmiştir.

Kapalı hacmin eni veya çapı (mm)	Minimum delik çapı (mm)
< 25	10
> 25-50	12
> 50-100	16
> 100	20

Tablo 4. Boşaltma İçin Minimum Delik Çapları

- » Galvaniz işlemi için askıya alınan malzemelerde hava çıkışını sağlayacak delik (en üst noktada), ergimiş çinko ve işlem sıvılarının süzülmesini sağlayacak delik (en alt noktada) birbirine olabildiğince çapraz yönde açılmalıdır.
- » İçi boş yapılar (kutu, boru profil vb.) kapalı hacimler oluşturacak biçimde birbirine birleştirildiğinde (korkuluk, merdiven, platform imalatlarındaki gibi), tüm kapalı hacimlerin içine ergimiş çinko ve işlem sıvılarının girişini ve içerideki havanın çıkışını sağlayacak, birbirine çapraz yönlü en üst ve en altta deliklere ihtiyaç vardır.
- » Malzeme üzerinde ergimiş çinko ve işlem sıvılarının akışını engelleyecek tüm destek ve bağlantı parçalarının köşelerinde uygun ebatta delikle bulunmalıdır.
- » Galvaniz işlemi tamamlandıktan sonra civatalı bağlantıların yapılması gerekir.

- » Farklı kalınlıklarda malzemelerden oluşan imalatlarda çarpılmayı minimize edecek tasarım sağlanmalı ve çok keskin dar açılı bükülmelerden kaçınılmalıdır.

DİKKAT: Kapalı hacimler bulunduran malzemeler üzerinde, hava çıkışını sağlayacak delikler olmadan veya yetersiz büyüklükte delikler varken çinko banyosuna daldırma, kapalı bölgede kalan nemin 450°C de yaklaşık 200 bar basınca neden olması ve ürünün patlayarak zarar görmesine ve atölye çalışanlarının yaralanmasına sebep olabilir.

7.2. Hava ve Boşaltma Delikleri

- » Yüzey temizleme kimyasallarının ve ergimiş çinkonun malzeme yüzeyinde akışını sağlayacak olan delikler açılmalıdır.
- » Delikler; küresel boşluklar, budanmış köşeler veya çeyrek daire şeklide olabilir.
- » Delikler mümkün olduğunca sıvı akışını kolaylaştıracak şekilde köşelere yakın olmalıdır.
- » Destek amaçlı kaynatılan profiller, sıvı malzemenin akışı yönünde boşluk bırakacak şekilde kaynatılmalıdır.
- » İçi boş kaynaklı yapılarda, hem güvenliğin sağlanması, hem de yüzey temizleme kimyasallarının ve ergimiş çinkonun tahliyesi için, dikişler ve açılan delikler arasında mesafenin en fazla 10 mm olması sağlanmalıdır.
- » Profillerden oluşan birleşik yapıların birleşim yerlerinde tam boşluk olması alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir.
- » Sıvı akışının engellenmemesi için delikler aynı yönlü olmalıdır.
- » Malzemeler birbirine açık uçlar ile birleştirilmeli ya da birleşim yerlerinde malzeme ebatlarına uygun delikler bulunmalıdır.
- » Kapalı uçlu borularda, görsel kontrollere olanak sağlayacağından, birleşme yerlerine yakın dış deliklerin kullanılması tercih edilir.

- » Galvanizleme sırasında sıvı akışını kolaylaştırmak için boru uçları açık bırakılmalı veya sökölüp takılabilen tapalar kullanılmalıdır.
- » Dairesel veya kutu profili olan kapalı yapılarda, yüzey temizleme kimyasalları ve ergimiş çinkonun akışını sağlayacak delikler birbirine zıt çapraz olarak açılmalıdır.
- » Boru ve kutu profillerin uç ve taban kısımlarında delikler, sıvı ve hava akışı için uygun dizayn edilmelidir.
- » İçi boş yapılarda, dikey konumlu kaynaklı parçaların içinde sıkışan havanın atılabilmesi ve çinkonun süzülebilmesi için delikler alt ve üst çapraz olarak konulandırılmalı ve olaldığınca köşelere yakın yerlerde bulunmalıdır.
- » Açılan delikler veya çentikler sıvı ve hava hareketlerinin tam olması için aynı yönlü olmalıdır.
- » Köşeli ve raflı yapılarda uygun ebatlarda deliklerin olması kaplama sırasında çinko birikintilerinin oluşmasını engelleyecek ve daha temiz bir kaplama sağlayacaktır.
- » Birleştirilmiş içi boş kısımlı parçaların boşaltma ve hava delikleri birleşim yerlerine mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Bu şekilde dizayn ile hava ve işlem sıvılarının kolay akışı sağlanacaktır.
- » Kanal çerçevelerde en az 4, tercihen 8 hava ve drenaj deliği bulunmalıdır.
- » Dışa bükümlü kanallar için hava ve boşaltma deliklerine gerek yoktur.
- » Eğer hava ve boşaltma delikleri en alt ve eb üst noktalarda yerleştirilmemiş olursa, ergimiş çinko ve işlem sıvıları galvaniz sırasında kapalı kısımlı parçaların içine giremez(16).

DİKKAT: Uygun yerleştirilmemiş hava ve drenaj delikleri, havanın sıkışmasına neden olacak, galvaniz kimyasallarının ve çinkonun yüzeyle temasını olumsuz etkileyecektir.

7.3. Kaynak

- » Kaynaklı parçaların, yüzeyler arasında hava sıkışmasına neden olmayacak şekilde kaynak yapılması gerekir. Civatalı bağlantılar galvanizden sonra yapılmalıdır.
- » Eğer üst üste binmiş büyük yüzeyler kaçınılmazsa, her bir 100 cm² lik kısmı üst üste binmiş parça için yüzey üzerinde 10 mm lik çapta delik oluşturulur. Bu özellikle ince çelikler kullanıldığında önemlidir. Delik ebatı kalın çelikler için 10 mm den büyük olur. Kalın ve üst üste binmiş yüzey alanı 300 cm² den büyük olan yüzeyler için imalattan önce galvanizci ile görüşülmelidir.
- » Üst üste binmiş yüzeylerde eğer delik açmak pratik değilse temas eden yüzeyin etrafında kesikli kaynak kullanılarak hava çıkışını sağlayacak tasarım oluşturulur. Bu sayede oluşturulmuş ahva deliği galvanizi yapan personelin güvenliğini ve parçanın hasara uğramasını engelleyecektir.
- » Arka arkaya kaynaklanmış açılı yapılar, kanallar ve üst üste binmiş küçük yüzeyli plakalar arasında minimum 2 mm boşluk olmalıdır. Bu kısımlarda hava sıkışmasını engellemek için kesikli kaynak yapılabilir.
- » Küçük üst üste binmeler kaçınılmaz olduğunda tüm kenarlarda sızdırmazlık kaynağı olmalıdır.
- » Sızdırmazlık kaynağının uygulanamadığı durumlarda, galvanizlemeden ya da soğutmandan sonra kalıcı yüzey izi olan çatlaklar da görünebilir. Bu genellikle asit lekesi olarak tanımlanır. Tel fırça veya deterjan ile temizlemek gereklidir. Bu tipteki çatlaklar galvanizlemeden sonra uygun izolasyon ile kapatılabilir.
- » Galvanizleme işleminden önce kaynaklı bölgelerde kaplama kalitesinin uygunluğunun saplanmsaı çin kaynak cürufu püskürtme, çekiç, taşlama, alev veya havalı iğne tabanca temizleme yöntemlerinden biri ile temizlenmelidir.
- » Çift taraflı doldurma kaynağında, asitin yarıklara sızmasını engellemek için kaynak levhanın etrafı boyunca devam etmelidir.

7.4. Çarpılma

- » Yassı panel tipi malzemeler, termal etliklerden doğabilecek deformasyon riskini en aza indirmek için preslenmiş olmalıdır.
- » Hava ve sıvı akışını sağlayacak delikler köşelerde bulunmalıdır.
- » Açıklığı büyük olan tank, kazan vb. malzemelerde termal etkilerden kaynaklı deformasyonu engellemek için malzeme ebatına uygun desteklerin bulunması gerekir.
- » Galvanizleme sırasında termal etkiler sonucu malzeme ebatlarında değişimler olabilir. Bu gibi problemleri gidermek için imalatta geçici destek parçaları malzemenin geometrisini uygun olacak şekilde ya kaynak ya da vidalama ile malzeme üzerine yerleştirilmelidir.
- » Sıcak daldırma galvanizlemede simetrik kısımların kullanılması deformasyonu minimize eder.
- » Kalın ve ince malzemelerin bir arada kullanılmasından kaçınılmalıdır. Bu parçalar galvanizlemeden sonra bağlanmalıdır.
- » Stresi minimize etmek için minimum bükme yarıçaplı önceden biçilmiş parçalar kullanılır. Dengeli kaynak tekniklerinin kullanılması oluşacak stresi ve gerilmeleri minimize edecektir.

7.5. Kazan

- » Mapa ve rondelalar malzeme ağırlığını ve kapalı hacimler içinde kalan eriyik çinkonun ağırlığını taşıyabilecek şekilde dizayn edilmelidir.
- » İç kesit içinde diyafram varsa, çinko yığılmasını engellemek için köşelerde uygun boyutta boşluklar bırakılmalıdır. Büyük tanklarda uygun ebatta menhol gerekebilir.
- » Her bir 0.5 metre küplük hacim için minimum 60 mm çapında bir drenaj deliği ve 40 mm çapında bşr hava deliği sağlanmalıdır.

- » Kapalı kısımlı ürünlerde sıvı malzeme ve hava çıkışını sağlayacak delikler uygun yerlerde olmalıdır.
- » Kazan üzerinde imal edilmiş boruların uzantıları, kazanın iç kısmına girmemelidir. Aksi durumlarda ise kaplanmamış bölgelerle beraber kazan içinde sıkışan hava nedeniyle kazanın galvaniz ocağına batırılmaması ve sonunda yaralanmalar olabilir.

7.6. Taban Delikleri

- » Taban plakasına bağlanmış profiller için galvanize uygun farklı alternatifler uygulanabilir.
- » Kutu kesitli köşeli malzemelerde drenaj ve hava delikleri kullanılabilir.

7.7. Markalama & Etiketleme

- » Sabit etiketleme için kabartma, damga veya kaynakla harf işleme kullanılır. Geçici kimlik için tel ile bağlanmış kabartmalı metal etiket, suda çözünür boya veya uygun işaretleme kalemleri kullanılır.
- » Boya, yapışkan etiketler veya yüzey temizleme işlemleri esnasında kolay giderilemeyecek diğer tüo etiketlenmeler, kaplamayı olumsuz etkileyeceğinden kullanılmamalıdır.

7.8. Hareketli & Dişli Parçalar

- » Menteşe, kelepçe, şaft ve mil gibi malzemelerin açıklıkları, kaplama nedeniyle daralacağından toleranslı imal edilmelidir.

Şaft ya da mil ebatı	Minimum radyal açıklık
< 30 mm	2.0 mm
> 30 mm	2.0-2.5 mm

Tablo 5. Hareketli Dişli Parçalar İçin Galvaniz Toleransları

- » Galvanizlenmiş menteşeler için kaplamadan dolayı oluşacak kalınlık hesaba katılarak daha küçük ebatlı pim kullanılmalıdır.
- » Eğer galvanizleme sonrasında hareketli parçalar kaplamadan dolayı hareketsizleşirse, tekrar hareket etmelerinin sağlanması için ısıtma uygulanabilir. Isıtma ile lokal renk bozulmaları olsa da bu koozyon korumasını azaltıcı etki oluşturmaz. Optimum performans için tüm hareketli parçalar galvanizlemeden sonra montajlanmalıdır.
- » Dişli malzemeler via, somun, civata gibi galvanizlemeden sonra kaplamadan dolayı oluşacak kalınlık göz önünde bulundurulacak şekilde toleranslı imal edilmelidir.

7.9. Destek ve Bükümlü Yapılar

- » Kirişlerin üzerinde bulunan kaynaklı parçaların kenarları budanmalı ya da delikli olmalıdır.
- » Bükümlü malzemelerde, sıvı akışını engellemeyecek ve malzeme içerisinde sıvı madde kalmayacak şekilde tasarım yapılmalıdır.

7.10. Yüzey ve Asma Noktaları

- » Hadde bozuğu gibi yüzey kusurları olan malzemeler, galvanizleme öncesinde fiziksel olarak kumlama veya taşlama gibi yöntemlerle temizlenmelidir.
- » Malzemelerin sala asılabilmesi için üzerlerinde delik veya rondela gibi asma noktaları bulunmalıdır.
- » Kaldırma noktaları, uygun geometride ve sağlamlıkta, köşelerden uygun mesafede olacak şekilde dizayn edilmelidir. Bu sayede iz bırakabilecek olan zincir ve tel gibi malzemelerin kullanımı engellenmiş olacaktır.
- » Dizayn sırasında asma yerleri için uygun delikler oluşturulmalıdır. Asma noktalarının sayısı malzeme uzunluğuna ve ocak ebatlarına bağlı olarak değişim gösterebilir. Ocak derinliğine bağlı olarak tek uçta veya her iki uçta asma noktaları bulunabilir(16).

8. GALVANİZ SORUNLARININ SEBEPLERİ ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

8.1. Kül Birikintileri:

Tanım: Galvaniz kaplama üzerinde görülen, çinko oksit içeren ametal ve gri renkteki birikintilerdir.

Sebepler: Kaplama üzerindeki çinko oksit birikintileri, malzeme ocağa daldırılırken veya ocaktan çıkarılırken yüzeye yapışabilir.

Yapılacak İşlemler: Normalde kaplama kül birikintisinin altında bozulmamıştır. Kül kaldırılmalı ve kaplama kalınlığının şartname gereklerine uygunluğu doğrulanmalıdır.

8.2. Kaplanmamış Bölgeler

Tanım: EN ISO 1461 standartları hariç tutulmasına rağmen, küçük çatlaklardan dolayı oluşan yaklaşık 5 mm² çıplak bölgeler, çinkonun kimyasal özelliğinden dolayı yeterince korunur ve bu bölgelerin kaplama servis süresine çok az etkisi olur. Gerekli olduğunda, belirtilmiş olan onarım metodlarından birini kullanarak, bu tür bölgeler onarılabilir. Büyük çapta kaplanmamış bölgeler ret sebebidir (7,14).

Sebepler:

- » Aşırı kurutma : Eğer flaks kaplama ve galvaniz kaplama süreçleri arasındaki zaman çok uzatılırsa ya da kurutma sıcaklığı çok yüksek ise, flaks tarafından sağlanan bariyer koruma kaybolabilir. Bu, sıcak daldırma galvanizden sonra kaplama devamsızlığı şeklinde görünür
- » Alüminyum fazlalığı : Banyonun alüminyum içeriği yüksek olduğunda, koyu bölgeler meydana gelir. Flaks konsantrasyonunun doğru olması ve banyo alüminyum konsantrasyonunun %0.007 nin altında olması sağlanırsa, hiçbir sıkıntı yaşanmaz.
- » Diğer sebepler : Flaks birikintileri, boya, malzeme yüzeyindeki leke ve kirleticiler, mekanik hasarlar, temas izleri, ağır pas, kaynak sıçrantıları.

Yapılacak İşlemler: Banyoda alüminyum konsantrasyonunun %0.007 nin altında olmasına dikkat edilmeli, kurutma sıcaklığı ve süresine, malzeme yüzeyinde boya, kir, yağ, pas kaynak sıçrantıları, vb. yüzey hataları giderilmelidir.

8.3. Çelik Kontrolü

Tanım: Galvaniz kaplama işleminden önce çelik malzemenin kontrolü oldukça önemlidir.

Sebe: Sıcak daldırma galvaniz öncesi malzeme kontrolünün yetersizliği uygunsuzluğa sebep olabilir.

Yapılacak İşlemler: Haddelene ve üretim esnasında oluşabilecek şekil bozuklukları kontrol edilmelidir. Uygun havalandırma ve drenaj delikleri olup olmadığı kontrol edilmelidir. Kaynak curufları ve çapakları temizlenmelidir. Uygunsuz birleşmiş malzemeler, geçicitanımlama işaretleri, hareketli parçalardaki boşluklar ve proses gereği oluşabilecek şekil bozuklukları kontrol edilmelidir.

8.4. Bindirme Yüzeyler

Tanım: Kaynak bölgeleri ve hava delikleri çevresinde kaynak kusmasına benzer leke ve kaplama hataları

Sebe: Yüzey temizleme kimyasallarının kaynaklı bindirme yüzeyler boyunca nüfuz etmesi ve galvaniz kaplama işlemi sırasında bu kimyasalların ortaya çıkarak prosesi etkilemesi ve kaplanmamış bölgelerin oluşmasına sebep olması

Yapılacak İşlemler: Kaynaklı bindirme yüzeyleri kurutmak için, çinkoya daldırmadan önce malzeme mümkün mertebede ısıtılmalıdır.

8.5. Tıkalı Delikler

Tanım: Galvaniz kaplama sonucu tıkanan delikler

Sebe: Erimiş çinko yüksek yüzey gerilimşne sahiptir ve çapı 8 mm nin altındaki deliklerden kolayca akmaz..

Yapılacak İşlemler: Deliklerin mümkün olduğunca büyük çaplı olması ve tıkanıklığa neden olacak kaynak, çapak vb. pürüzlerin giderilmesi sağlanmalıdır.

8.6. Ocak Ebatlarına Uygun Olmayan Tasarım

Sebep: Bazen daha uzun zaman alan çift daldırma işlemi gerekebilir. Ürün ocak boyutunu geçtiğinde ürünün parçalarına rötüş yapmak gerekebilir.

Yapılacak İşlemler: Eğer ürün tasarımları ocak ebatlarına göre sınırlandırılırsa, rötüş ve tamirat ihtiyacı ortadan kalkar ve kaplama kalitesi yükselir.

8.7. Deformasyon

Tanım: Deformasyon, sıcak daldırmayla galvanizleme işlemi sırasında meydana gelebilen, istenmeyen şekil bozukluğudur.

Sebep: Sıcak daldırmayla galvanizleme işlemi sıvı çinkoda 450°C de gerçekleştirilir. Bu sıcaklık, işlenen demir için gerilim giderme sıcaklığının en düşük noktasıdır. Bu yüzden üretim esnasında oluşan mevcut haddeleme ve kaynak gerilimlerinin giderilmesi olasıdır. Bu, durum, malzeme boyutlarında değişme ve şekil bozukluğuna sebep olabilir.

Yapılacak İşlemler: Simetrik tasarım sağlanmalı, yakın ölçülerde kalınlıklar kullanılmalı, desteksiz ince et kalınlığı olanlar güçlendirilmeli, doğru minimum kıvrım yarıçaplı önceden şekillendirilmiş parçalar kullanılmalı; dengeli veya dalgalı zikzaklı kaynak tekniği kullanılmalı, kanal, silindir ve iskelet köşebentleri gibi ince et kalınlığı olan bölümlerde geçici destek kullanılmalıdır. Galvanizden sonra su vermeden kaçınılmalıdır. Parçalar galvanizlemeden sonra doğrultulabilir.

8.8. Drenaj (Boşaltma) Kalıntıları

Tanım: Sıcak daldırmayla galvanizlemeden sonra, çimko kalıntıları ve kabartılar parçanın kenarı boyunca sık sık görülür.

Sebep: Bu kalıntıların olduğu kenarlar çinko havuzunu en son terkeden kenarlardır. Bu özellikle karmaşık şekilli ürünlerde olur.

Yapılacak İşlemler: Drenaj kalıntıları sıvı iken kolayca giderilebilir, fakat karmaşık şekilli ürünlerde donmuş kalıntılar temizlenmelidir.

8.9. Mat Gri Ve Benekli Kaplama Görüntüsü

Tanım: Mat gri ve benekli kaplama yuvarlak koyu gri desenler, bölgesel mat yamalar şeklinde görülebilir veya parçanın bütün yüzeyi boyunca yayılabilir.

Sebe: Bu görüntü çelikte yüksek reaktiviteye yol açan fosfor ve silisyumun neden olduğu yoğun demir-çinko alaşımı faz büyümesinin bulunmasındandır.

Yapılacak İşlemler: Estetik olarak yüzeyde saf çinkonun bulunduğu kaplamalar kadar göze hoş gelmese de, mat gri kaplamalar, aşınmaya karşı benzer veya daha iyi korunum sağlar.

8.10. Kül Birikmesi

Tanım: Çeliğin daldırılmasından önce sıvı çinkonun yüzeyinde temizlenmeyen kül, daldırma sırasında çeliğin yüzeyinde toplanabilir. Bu, toplanan küllerin altında kaplanmamış bölgelere neden olur.

Sebe: Daldırmadan önce külün sıvı çinkonun yüzeyinden yetersiz temizliği

Yapılacak İşlemler: Kül temizlenirken küçük kaplanmamış yüzeyler EN ISO 1461'in gereklerine uygun olmalıdır. Geniş kaplanmamış bölgeler ret sebebidir ve malzemenin sıyrılıp tekrar galvanizlenmesi gerekir.

8.11. Kaplama Dökülmesi Ve / Veya Kalkması

Tanım: Çelik yüzeye çinkonun yapışmaması. Kalın, pürüzlü kaplama

Sebe: %0.03 ten fazla fosfor içeren çelik kullanımı, kaplama kalkmasına ya da dökülmesine sebep olur.

Yapılacak İşlemler: %0.03 ten az fosfor içeren çelik kullanılmalıdır.

8.12. Bağlantı Elemanları Kaplama Kalınlığı

Tanım: Sıcak daldırma galvanizli yapıların montajında kullanılan bağlantı elemanlarının kaplama kalınlıklarının düşüklüğü

Sebe: Çinko kaplama nasıl uygulanırsa uygulansın, kaplamanın ömrü belirli bir ortamda kaplamanın kalınlığıyla doğru orantılıdır. Genellikle kaplama kalınlığı yetersiz olan elektrolizle kaplanmış bağlama ekipmanları dış ortamlarda yanlış kullanılmaktadır.

Yapılacak İşlemler: Gerektiği yerde sıcak daldırmayla galvanizlenmiş bağlantı elemanları ISO 1461'e göre açıkça belirtilmelidir. Alternatif olarak, bağlantı elemanları çinkoca zengin bir boya ile veya epoksi ile tekrar kaplanmalıdır.

8.13. Mekanik Hasar

Tanım: Yükleme boşaltma ve taşımalarda, özellikle kırılğan olan aşırı derecede kalın kaplamalarda hasar oluşması.

Sebe: Zincir, tel halat kullanımı, parçaların sürüklenmesi ve sert bir yüzey üzerine düşürülmesi mekanik hasara sebep olabilir. Bu, özellikle kalın kırılğan kaplamalarla ilgilidir.

Yapılacak İşlemler: Parça nakledilmeden önce taşıma esnasında meydana gelecek hasara dikkat çekecek uyarıcı etiketler takılmalıdır. Bez halat kullanımı tavsiye edilmektedir.

8.14. Oksit Çizgileri

Tanım: Sıcak daldırma galvanizlemenin üzerinde parlak alüminyum oksit tabakası çizgileri

Sebe: Bazı parçaların şeklinden ve/veya drenaj durumlarından dolayı, kaldırma vinci, parçalar sıvı çinkodan çıkarılırken durdurulup tekrar hareket ettirilmiştir.

Yapılacak İşlemler: Aşınma (korozyon) direncine bir etkisi yoktur. Tüm yüzey zamanla aynı rengi alır.

8.15. Dros Kabarcıkları

Tanım: Sıcak daldırma galvanizleme sırasında malzeme yüzeyinde oluşan kabarcıklar genellikle dros kalıntıları gibi yüzey kusurlarından dolayı oluşur.

Sebe: Dros kabarcıkları, malzemenin ocak dibinde bulunan dros tabakasını kaldırması veya dros tabakası ile teması sonucu oluşur. Görünüşleri normal galvanizli yüzey üzerinde küçük, sert yığınlar halindedir. Kabarcıklar, yüzey temizleme esnasında

absorbe edilen ve galvaniz sıcaklığında difüzyon eden hidrojen sebebiyle de oluşabilir.

Yapılacak İşlemler: Galvanizleme esnasında ocak dibindeki dros tabakasıyla temastan kaçınılmalıdır. Daldırma derinliği ve dros yüksekliği sürekli kontrol edilmelidir. Dros kabarcıkları ve kaplamanın homojen ve normal görüntüsü üzerinde küçük kabartılar şeklinde belirdiğinden aşınma direnci üzerinde etkisi yoktur.

8.16. Reaktif ve Reaktif Olmayan Çeliklerin Birbirine Kaynaması

Tanım: Birbirine kaynaklanan reaktif ve reaktif olmayan çelikler, kaplama kalınlıklarında farklılıklara yol açar.

Sebebi: Kaplama kalınlıklarındaki bu fark, aynı sürede ocakta tutulan reaktif çeliklerin reaktif olmayan çeliklerden, silisyum ve fosfordan dolayı daha fazla kaplama almasındandır.

Yapılacak İşlemler: Bir parçanın üretimi için aynı cins çelikler seçilmelidir.

8.17. Çelik Hadde Bozuklukları

Tanım: Bu bozukluklar genelde hadde sırasında uzatılmış yüzey süreksizlikleri olarak sınıflandırılır.

Sebebi: Hadde sırasında oluşan yüzey kusurları, kıvrımlar, oyuklar ve metal olmayan safsızlıklar sonucudur. Bu tür hatalar yüzey temizleme sırasında fark edilebilir fakat genellikle galvanizleme işleminden sonra görünür hale gelir.

Yapılacak İşlemler: Ana malzemedeki yüzey kusurları taşlama ile giderilebilir ve sıcak daldırma ile galvanizleme işleminden sonra, etkilenmiş alanlara rötüş yapılabilir. Ufa yüzey kusurları kaplama ömrünü etkilemez.

8.18. Çelik Yüzeyinden Kaynaklanan Pürüzlü Kaplama

Sebebi: Pürüzlü yüzeylerin galvanizlenmesi mümkündür. Yine de kaplama, malzemenin yüzey özelliklerini yansıtacaktır. Pürüzlü yüzeylere neden olan diğer etkenler ise düzgün olmayan soğuk işleme, aşırı yüzey temizliği, sıcak daldırma ile galvanizleme sıcaklığı ve/veya sıvı çinko ocağında fazla daldırma zamanı olarak sıralanabilir.

Yapılacak İşlemler: Pürüzlü yüzeyler kalın kaplama alır ve bu kullanım ömrünü uzatır.

8.19. Pürüzlü Yüzey Ve / Veya Çeliğin Kimyasal Kompozisyonu Nedeniyle Oluşan Fazla Pürüzlü Kaplamalar “Ağaç Kabuğu (Tree Bark) Etkisi”

Sebepler: Pürüzlü, ağır kaplamalar sıcak daldırma galvaniz ile kaplanacak malzemelerin pürüzlü yüzeyi ile ilgilidir. Kaplama yüzeyinin pürüzlülüğü ve bazı durumlarda AĞAÇ KABUĞU etkisi çelik yüzeyinin değişken kimyasal yapısı nedeniyle de olabilir.

Yapılacak İşlemler: Daha kalın kaplama aşınmaya karşı daha uzun koruma sağlar. Fakat kalın kaplama pul pul dökülebilir veya kalkabilir.

8.20. Kaynak Kusması Sonucu Oluşan Lekeler

Sebepler: Asit veya flux banyosundaki tuzlar, kaynaklı bölgelerdeki gözeneklere veya yüzeylerin birbirine temas ettiği yerlere nüfuz eder ve sıcak daldırma ile galvanizleme ve suda soğutmadan sonra bu yerlerden sızarak (ağlama) lekeli bölgelerin oluşmasına sebep olur.

Yapılacak İşlemler: Lekeler tel fırçalar ile kolayca giderilebilir. Malzeme aşındırıcı bir ortamda kullanılacaksa, çatlaklar ve gözenekler temizleme işleminden sonra örtücü malzeme ile kapatılmalı ve sızdırmazlık sağlanmalıdır.

8.21. Et Kalınlığı Yüksek Olan Çelik Borularda İç Yüzeydeki Çinko Yığılıları

Sebepler: Boru üretiminde kullanılan kalın malzeme ve kalın flanşlar sıvı çinkoya daldırıldığında ısı alıcı olarak davranır. Bu daldırma zamanını arttıran bir etkidir. Bazı durumlarda iç yüzeylerdeki sıvı çinkonun süzülmesi beklenmeden boru ocaktan alındığında oluşur.

Yapılacak İşlemler: Galvaniz esnasında uzun daldırma süresi nedeniyle iç yüzeyde biriken sıvı çinkonun tamamen süzülmesi beklenmelidir.

8.22. Temas İzleri

Tanım: Galvanizleme esnasında çinkonun malzemenin tüm yüzeyi ile temas etmesi sağlanmalıdır. Aksi durumda, kaplanmamış veya hasarlı bölgeler oluşabilir.

Sebeb: Galvanizleme esnasında ocağa giren malzemelerin birbiriyle teması olmamalıdır. Asma telleri iz oluşmasını önlemek için malzemeye çok sıkı bağlanmamalıdır. Malzemenin askı üzerinde uzun süre bırakıldığı durumlarda kaplanmamış alanlar veya temas izleri oluşabilir.

Yapılacak İşlemler: Malzeme ile askı ekipmanları arasındaki temas asgari düzeyde olmalıdır. Küçük malzemelere santirfuj uygulanabilir.

8.23. Tipik Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama

Tanım: Yüzey gümüş gri renginde ve genelde değişik boyutlarda desenli (spangle) çiçek görünümlü çinko kristal yapısına sahiptir.

Sebeb: Yüzey görünümü çeliğin kimyasal kompozisyonuna göre değişebilir. Soğuma hızının yüzey parlaklığı ve yüzey görünümüne doğrudan etkisi vardır. Daha hızlı soğutma genellikle kaplamanın daha parlak ve daha küçük boyutlu kristal yapıda olmasını sağlar.

Yapılacak İşlemler: Erimiş çinkoya az miktarda alüminyum (Al) eklenmesi kaplamayı parlaklaştırır.

8.24. Düzgün Olmayan Akıtma

Tanım: Düzgün olmayan akıtma, yığı halinde çinko birikintilere sebep olur.

Sebeb: Bu durum bütün yüzeyde veya izole edilmiş bölgelerde olabilir. Düzgün olmayan akıtma parça sonlarında damlalar, deliklere yakın yerlerde uzantıları da kapsar. Sebebi, ocaktan malzeme çıkışının çok hızlı olması veya düşük galvanizleme sıcaklığıdır.

Yapılacak İşlemler: Göze hoş gelmemesine rağmen, bu durum kaplama performansını etkilemez. Birleştirme yüzeylerini engelleyen kabarıklık ve yığınlar kabul edilemez.

8.25. Çelik Yüzeyindeki Kirlilikler Ve Sıkışmış Hava Nedeniyle Kaplanamayan Alanlar

Sebep: Yağlı boya gibi kalıntılar, gres, yağ veya çelik üzerindeki etiketler veya yanlış yerleştirilmiş hava boşaltma delikleri, galvaniz kaplama üzerinde lokal galvanizlenmemiş bölgelere sebep olabilirler.

Yapılacak işlemler: Sıcak daldırma ile galvanizleme işleminden önce bütün boya ve gres temizlenmeli, geçici tanımlama için uygun işaretleme kalemeleri kullanılmalı, uygun ölçülerdeki hava boşaltma delikleri doğru yerleştirilmelidir.

8.26. Tortu ve Kumdan Dolayı Galvanizlenmemiş Yüzeyler

Sebep: Dökme demirin üzerindeki kum ve çeliğin üzerindeki tortu genellikle şekil verme ve haddeleme işlemlerinden dolayıcıdır. Galvanizli yüzeydeki bölgesel kaplanmamış alanlar kalıplama ve haddeleme esnasında oluşan kum ve tortunun asit daldırma ve mekanik temizleme ile giderilememesi sonucu oluşur.

Yapılacak işlemler: Galvanizlenmemiş bilgiler doğrusal desen olarak köşebentlerde, kanallarda ve diğer haddelenmiş ürünlerde meydana gelebilir. Bunlar dökme demir ürünlerinde de görülebilir.

8.27. Kaynak Çevresinde Galvanizlenmemiş Alanlar

Sebep: Kaynak çevresindeki lokal galvanizlenmemiş alanlar kaynak cürufu, kaynak gözenekleri veya kaynak oyuğu sebebiyle olabilir. Oksit tortuları ve kaynak kalıntıları asitle temizlemeye dayanıklıdır ve galvanizlenmeden önce giderilmelidir.

Yapılacak işlemler: Kaynak cüruf kalıntıları üretici firma tarafından mekanik temizleme yollarıyla giderilmelidir. Tortu uygun bir yontma yöntemi ile veya fırça ile giderilebilir. Gazaltı kaynağı sıcak daldırma galvanizleme için uygundur.

8.28. Civata Ve Somun Gibi Geleneksel Bağlama Yöntemlerinin Kullanımı, Yada Kaynak Veya Geleneksel Olmayan Bağlama Yöntemlerinin Sebep Olduğu Hasarın Onarımı

Sebep: Geleneksel delme ve civatalama sıcak daldırma ile galvanizlemeden sonra tercih edilir. Kaynak veya farklı bir bağlama yöntemi kullanılacaksa, galvaniz kaplamaya verilen hasar onaylanmış standartlar dahilinde olan bir metodla tamir edilmelidir.

Yapılacak İşlemler: Kaplama tamiratı çinko metal sprey, çinkoca zengin boya veya epoxy gibi standartlardaki gereklilikleri sağlayan malzemelerle yapılabilir.

8.29. Kaynak Sıçraması

Tanım: Kaynak işlemi sırasında malzeme yüzeyinde eriyik veya katı halde oluşan kaynak metaldir.

Sebep: Kaynak sıçraması, uygunsuz kaynak parametreleri kullanıldığında veya malzeme kirli olduğunda kaynak havuzunda olan patlamalar sebebiyle oluşur.

Yapılacak İşlemler: Zayıf olarak yapışan kaynak sıçramaları sıcak daldırma ile galvanizlemeden önce temizlenmelidir. Fakat sıkı sıkıya yapışan kaynak sıçramaları, standartlarda kabul edilmemesine rağmen kaplaanın aşınma direncini etkilemez.

8.30. Nemli Stok Lekeleri ya da Beyaz Pas

Tanım: Genellikle beyaz pas olarak bilinen stokta oluşan lekeler, yeni galvanizlenmiş malzemeler üzerinde görülen beyaz büyük hacimli birikintilerdir.

Sebep: Stokta oluşan lekeler (çinko hydroxide) ortamda bulunan nem sebebiyle yeni galvanizlenmiş yüzeylerde oluşur. Yeni galvanizlenmiş kaplamalar, kaplama yüzeyinde çinko karbonat tabakası oluşana kadar çevresiyle reaksiyon halindedir.

Yapılacak İşlemler: Estetik nedenler dışında, lekelerin kapladığı alandaki kalınlığı standartlarda istenen değerde veya fazlaysa, bu lekeler ret nedeni değildir.

8.31. Çinko Sıçraması

Tanım: Çinkonun sıçraması ve zayıf yapışma nedeniyle pul pul dökülmesi sıcak daldırma ile galvanizleme sırasında malzeme yüzeyinde kalan nem sonucudur.

Sebep: Çift daldırma yapılan galvanizleme sırasında yüzeydeki nem, sıvı çinko ile temas ettiğinde galvanizlenmiş yüzeylerde zayıf olarak yapışmış çinko sıçramaları görülebilir.

Yapılacak İşlemler: Zayıf yapışmış çinko sıçramaları mekanik işlemlerle kolayca giderilebilir.

9. EN ÇOK KULLANILAN ULUSLARARASI GALVANİZ STANDARTLARI

1. TS EN ISO 1461 Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles.
2. A 123/A 123M-02. Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products.
3. A143/A 143M-03. Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement.
4. A 153-05 153M-03. Specification for Zinc Coating on Iron and Steel Hardware.
5. A 385-05. Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip).
6. A 780-01. Practice for Repair of Damaged and Uncoated Area of Hot-Dip Galvanized Coatings.
7. ASTM A780 / A780M - 09(2015) Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings.
8. ASTM B695. Standard Specification for Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel.
9. ASTM B117. Standard Practice for Operating Salt Spray.
10. ASTM A 239. Standard Practice for Locating the Thinnest Spot in a Zinc (Galvanized) Coating on Iron or Steel Articles.

10. KAYNAKÇA

- 1- Heinz Bablik, Hot Dip Galvanizing , E. & F.N. Spon, 1950.
- 2- M. J. Hornsby, Hot-dip Galvanizing: A Guide to Process Selection and Galvanizing Practice. Intermediate Technology Publications, 1995.
- 3- A. R. Marder, “The metallurgy of zinc-coated steel,” Progress in Materials Science, vol. 45, p. 19-195, 2000.
- 4- G. Vourlias, N. Pistofidis, G. Stergioudis, and D. Tsipas, “The effect of alloying elements on the crystallization behaviour and on the properties of galvanized coatings,” Crystal Research and Technology, vol. 39, Issue 1, p. 23, 2004.
- 5- P. Pokorny, J. Kolisko, L. Balik, and P. Novak, “Effect of chemical composition of steel on the structure of hot – Dip galvanized coating,” Metalurgija, vol. 55, no. 1, p. 115, 2016.
- 6 - Seymour K. Coburn, Cost-effectiveness of Hot-dip Galvanizing for Exposed Steel. Transportation Research Board, National Research Council,1984.
- 7- TS EN ISO 1461 Hot Dip Galvanizing.
- 8- ASTM A 123/A 123M-02. Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products.
- 9- ASTM A 153-05 153M-03. Specification for Zinc Coating on Iron and Steel Hardware.
- 10- Dr. Peter Maaß Dr. Peter Peißker, “Handbook of Hot Dip Galvanization”, 2011, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany.
- 11- E. Pavlidou et al., “Modification of the growth-direction of the zinc coatings associated with element additions to the galvanizing bath” Materials Letters, vol. 59, p. 1619, 2005.
- 12- ASTM B695. Standard Specification for Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel.
- 13- ASTM B117. Standard Practice for Operating Salt Spray.
- 14- ASTM A 239. Standard Practice for Locating the Thinnest Spot in a Zinc (Galvanized) Coating on Iron or Steel Articles.
- 15- Dietrich Horstmann, Faults in Hot Dip Galvanizing. Elsevier Science & Technology, 1983.
- 16- Hot Dip Galvanized Information Sheets
- 17- Dietrich Horstmann, Faults in Hot Dip Galvanizing. Elsevier Science & Technology, 1983.



Dr. İlhami PEKTAŞ

ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü mezunudur. Aynı bölümde Yüksek Lisans ve Gazi Makine Bölümünde Doktora yapmıştır. Erkunt Döküm ve Makine Fabrikaları, Tübitak, Mitas T.A.Ş, Ereğli Demir Çelik , Çelbor Çelik Boru Fabrikalarında uzun yıllar yöneticilik yapmıştır. Halen Ostim Teknoloji Araştırma ve Geliştirme Merkezi ve Anadolu Raylı Ulaşım Sistemleri Kümelenmesi (ARUS) Koordinatörü olarak çalışmaktadır.