



**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇELİK MALZEMELERDE KİMYASAL BİLEŞİMİN KAPLAMAYA VE
KOROZYONA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Saliha DOĞDU
0000-0002-8964-2792**

**Prof. Dr. Nurettin YAVUZ
(Danışman)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

HAZİRAN – 2021



**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇELİK MALZEMELERDE KİMYASAL BİLEŞİMİN KAPLAMAYA VE
KOROZYONA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Saliha DOĞDU
0000-0002-8964-2792**

**Prof. Dr. Nurettin YAVUZ
(Danışman)
0000-0002-8670-2438**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

BURSA – 2021

TEZ ONAYI

Saliha DOĞDU tarafından hazırlanan “Çelik Malzemelerde Kimyasal Bileşimin Kaplamaya Ve Korozyona Etkisinin İncelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Nurettin YAVUZ

Başkan : Prof. Dr. Nurettin YAVUZ İmza
0000-0002-8670-2438
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Fatih KARPAT İmza
0000-0001-8474-7328
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Celalettin YÜCE İmza
0000-0003-1387-907X
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri
Fakültesi,
Mekatronik Mühendisliği Anabilim
Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
../../....(Tarih)

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
 - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
 - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
 - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.

.././.....

Saliha DOĞDU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇELİK MALZEMELERDE KİMYASAL BİLEŞİMİN KAPLAMAYA VE KOROZYONA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Saliha DOĞDU

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Nurettin YAVUZ

Günümüzde sanayide aktif olarak kullanılan malzemeler çeliklerdir. Çeliklerin kullanım alanının yaygın olması ve maliyeti diğer malzemelere göre daha düşük olmasının yanında paslanma özelliğinin de göz önüne alınması önem arz etmektedir. Paslanma probleminde karşılık malzemelerin kaplanabilirliği çalışmaları yapılarak, sektörde çeliklerin kaplanması ile ilgili birçok yöntem geliştirilmiştir. Sıklıkla kullanılan metal kaplama yöntemlerinden biri olan elektrogalvaniz kaplama yöntemi ile malzemeler anot ve katot uç bulunan bir çinko havuzunda kaplanabilmektedir. Uygulanan çinko kaplama yöntemi ile malzemelerin korozyon dayanımı artmaktadır. Her malzemenin kaplanabilirliğe ve korozyona karşı gösterdiği davranış aynı olmamakla birlikte, malzemenin iç yapısı kaplanabilirliği önemli derecede etkilemektedir. Kaplamanın korozyona doğrudan etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada farklı kimyasal bileşime sahip çelik malzemelerin elektrogalvaniz ile kaplanabilirliği ve kaplama sonrası malzemelerin korozyon dayanım standartlarında belirtilen sürelerde uygulanan tuz testine karşı gösterdikleri davranışların incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada kimyasal bileşimin kaplanabilirliğe ve korozyon dayanımına etkisi araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Elektrogalvaniz kaplama, korozyon, kimyasal bileşim, çelik

2021, vii + 44 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION ON COATING AND CORROSION IN STEEL MATERIALS

Saliha DOĞDU

Uludag University

Institute of Science and Technology

Department of Mechanical Engineering

Supervisor:Prof. Dr. Nurettin YAVUZ

Today, the materials actively used in the industry are steels. In addition to the widespread use of steel and its lower cost compared to other materials, it is important to consider its rusting feature. In response to the rusting problem, studies on the coatingability of materials have been carried out, and many methods have been developed for the coating of steels in the sector. With the electrogalvanized coating method, which is one of the frequently used metal coating methods, materials can be coated in a zinc pool with anode and cathode tip. The corrosion resistance of the materials increases with the zinc coating method applied. Although the behavior of each material against platability and corrosion is not the same, the internal structure of the material significantly affects platability. It is known that the coating has a direct effect on corrosion. In this study, it is aimed to examine the ability of steel materials with different chemical compositions to be electrogalvanized and the behavior of the materials after coating against the salt test applied at the times specified in the corrosion resistance standards. In this study, the effect of chemical composition on coatingability and corrosion resistance was investigated.

Key words: Electrogalvanize coating, corrosion, chemical composition, steel

2021, vii + 44 pages

TEŞEKKÜR

Ülkemizin içinde bulunduğu pandemi döneminde tüm insanlarımızın gösterdiği özveriye, öğrencilerimizin eğitimlerinden yaptığı fedakarlık ile almış olup uzaktan eğitim döneminde tamamlanmış tüm araştırma ve çalışmalarda öncelikle kendi danışman hocam sayın Prof. Dr. Nurettin YAVUZ olmak üzere desteğini hiç esirgemeyen akademisyen hocalarımıza kendim ve tüm öğrenci arkadaşlarım adına teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda deneylerimin tamamlanması ve test cihazlarının kullanımı konusunda beni destekleyen şu an aktif olarak kalite sistem yöneticisi pozisyonunda çalıştığım SİLBER KİMYA YÜZEY İŞLEM SAN. TİC. LTD. ŞTİ. firmasına da paylaştığım bilgi ve tecrübeleri ışığında sağlamış oldukları imkanlar için teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca hep benim yanımda olan, en büyük destekçim, okul arkadaşım, meslektaşım, eşim MUHAMMED DOĞDU'ya sabrı ve inancı için teşekkür ederim. Ve son olarak dağ gibi arkamda duran, beni her daim destekleyen, başarıya yönlendiren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	i
ŞEKİL DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGE DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
3.1. Çelikler Hakkında Genel Bilgi.....	6
3.1.1. Çelik Nedir?.....	6
3.1.2. Çeliğin Temel Özellikleri.....	6
3.1.3. Çelik Bileşiminde Bulunan Elementlerin Etkileri.....	6
3.1.4. Çeliğin Mikroyapısı.....	9
3.1.5. Çeliğin Isıl İşlemleri.....	11
3.1.6. Çeliklerin Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması.....	13
3.2. Metallerde Kaplama Prosesi Ve Etkileri.....	15
3.2.1. Metalik Kaplama Yöntemleri.....	15
3.2.2. Çinko Kaplama Aşamaları.....	19
3.2.3. Korozyon Davranışı.....	22
4. BULGULAR.....	25
4.1. Numunelerin Kaplanması.....	26
4.2. Malzemelerin Kalınlık Ölçümü.....	29
4.2.1. 1 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü.....	30
4.2.2. 2 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü.....	31
4.2.3. 3 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü.....	32
4.2.4. 4 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü.....	33
4.2.5. 5 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü.....	34
4.2.6. 6 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü.....	35

4.3. Numunelerin Tuz Testi Sonuçları.....	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	41
KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	44

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Alaşım elementlerinin çeliğe etkisi.....	8
Şekil 3.2. Demir karbon diyagramı.....	10
Şekil 3.3. Çelik malzemelerde iç yapı.....	11
Şekil 3.4.Çinko kaplama aşamaları.....	19
Şekil 3.5.Çinko kaplanmış malzemenin şematik görünümü.....	23
Şekil 3.6. Tuz testi cihazı.....	24
Şekil 4.1. Numunelerin kaplandığı askı kaplama hattı.....	27
Şekil 4.2. Yüzey temizleme işlemleri.....	27
Şekil 4.3. Alkali çinko kaplama banyosu.....	28
Şekil 4.4. Pasivasyon banyosu.....	28
Şekil 4.5. Kaplanan malzemelerin kurutulduğu fırın.....	29
Şekil 4.6. Fischer marka X-ray cihazı.....	30
Şekil 4.7. 1 nolu numunedeki ölçüm noktaları.....	30
Şekil 4.8. 1 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları.....	31
Şekil 4.9. 2 nolu numunedeki ölçüm noktaları.....	31
Şekil 4.10.2 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları.....	32
Şekil 4.11. 3 nolu numunedeki ölçüm noktaları.....	32
Şekil 4.12. 3 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları.....	33
Şekil 4.13. 4 nolu numunedeki ölçüm noktaları.....	33
Şekil 4.14. 4 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları.....	34
Şekil 4.15. 5 nolu numune ölçüm noktaları.....	34
Şekil 4.16. 5 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları.....	35
Şekil 4.17. 6 nolu numune ölçüm noktaları.....	35
Şekil 4.18. 6 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları.....	36
Şekil 4.19. Numunelerin tuz testi yerleşimi.....	36
Şekil 4.20. 6 nolu numunede beyaz pas başlangıcı görünümü.....	37
Şekil 4.21. 192 saat sonunda numunelerin tuz testi görünümü.....	37
Şekil 4.22. 4 nolu numunede beyaz pas başlangıcı görünümü.....	38
Şekil 4.23. 240 saat sonunda numunelerin tuz testi görünümü.....	38
Şekil 4.24. 5 nolu numunede beyaz pas başlangıcı görünümü.....	38
Şekil 4.25. 360 saat sonunda numunelerin tuz testi görünümü.....	39
Şekil 4.26. 384 saat sonunda numunelerin tuz testi görünümü.....	39
Şekil 4.27. 480 saat sonra test bitiminde numunelerin paslanma durumu.....	40

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. 1 nolu numune AISI 1050 malzemenin kimyasal bileşimi.....	25
Çizelge 4.2. 2 nolu numune AISI O2 malzemenin kimyasal bileşimi.....	25
Çizelge 4.3. 3 nolu numune AISI 4140 malzemenin kimyasal bileşimi.....	25
Çizelge 4.4. 4 nolu numune AISI D2 malzemenin kimyasal bileşimi.....	26
Çizelge 4.5. 5 nolu numune AISI 1020 malzemenin kimyasal bileşimi.....	26
Çizelge 4.6. 6 nolu numune AISI 4340 malzemenin kimyasal bileşimi.....	26

1.GİRİŞ

Metallerin günümüzde kullanımının yaygınlaşması sonrası çeliklerde paslanma problemi ile de karşı karşıya kalınmıştır. Bir çok sektörde kullanılan çelik malzemelerin farklı yöntemler ile paslanmaya karşı dayanımını arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmış olup, malzemelerin kaplanabilirliği incelenmiştir. Sanayide yaygın olarak kullanılan çinko kaplama yöntemi ile çelik malzemeler yüzeyi çinko ya da alaşımli çinko kaplanarak hem korozyona karşı koruma sağlanmış hem de görsel bir efekt kazanmış olmaktadır. Kaplama prosesinde farklı yöntemler mevcut olup sanayide en sık kullanılan yöntemler elektrogalvaniz kaplamadır. Kaplama prosesi kimyasal bir etkileşim olmasından dolayı, malzeme iç yapısı ve kimyasal bileşimi proses esnasındaki davranışı etkilemektedir. Her malzeme kaplamaya karşı aynı tepkiyi göstermemektedir. Kaplamanın ana malzemesi olan çinko elementi ile malzeme kimyasal bileşimindeki elementlerin tepkimeye girme süresi ve isteği kaplamayı etkilemektedir. Kaplama işlemi korozyona karşı dayanımı arttırma amaçlı yapıldığından, kaplama işlemindeki davranış değişikliği korozyona karşı olan dayanımları da etkilemektedir. Korozyona karşı olan dayanımları belirlemek adına kullanılan yöntemlerden biri de hızlandırılmış korozyon testi olarak tanımlanan tuz testi cihazlarında korozyon testleri gerçekleştirilmektedir. Günümüzde halen kaplamaya karşı malzemelerin gösterdiği kaplama ve korozyon davranışı konusunda yorumlar mevcut olup, çalışmalar sürmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Frazier (1964), yaptığı çalışmada galvaniz kaplamada karşılaşılan problemleri incelemiştir. Malzemelerdeki silisyum miktarı karşılaştırılarak yaptığı çalışmada silisyum oranı düşük olan malzemenin kaplaması daha iyi sonuç verdiği ve daha düşük sıcaklıkta kaplama süresinin kısaldığı sonucunu ortaya koymuştur.

Habraken (1979), yaptığı çalışmada malzemelerin içerdiği silisyum oranının kaplamaya etkisini incelemek için aynı kaplama parametrelerinde silisyum oranları farklı olan malzemeleri eşit sıcaklık ve eşit sürede kaplamıştır. Deney sonucunda silisyum oranının %0,05 - 0,1 olan malzemelerin kaplama kalınlığının daha fazla olduğu sonucunu ortaya koymuştur.

Vaamonde ve Gonzalez (1991), yaptıkları çalışmada çelik malzemelerin içerdiği silisyum oranına göre kaplama kalınlıklarını incelemiştir. Silisyum oranının %0,03 - 0,11 olan malzemelerin kaplama kalınlıklarının yüksek olduğunu görmüşlerdir. Yapılan deneylerde kaplama banyosunun sıcaklığına bağlı olarak grafikler elde etmişler ve kaplama kalınlığının kaplama süresi ile doğru orantılı olduğunu görmüşlerdir.

Foet ve ark. (1993), yaptıkları çalışmada; sıcak daldırma galvaniz kaplamada malzemede oluşan dış yapıyı inceleyerek Fe-Zn diyagramı ile karşılaştırmışlardır. Fakat çelik malzemelere eklenen silisyum elementi ile daha önceki yapılan çalışmalara istinaden kaplamada farklılıklar oluştuğunu göz önüne alarak kaplama kalınlığının değiştiğini, görünümün kötüleştiğini ve korozyon dayanımının düştüğünü öne sürmüşlerdir. Çalışma sonucuna malzemenin içerdiği silisyum oranının kaplama kalınlığını etkilediğini, silisyum oranının artması ile birlikte δ_1 faz kalınlığının azaldığı sonucu ortaya koymuşlardır.

Elkoca (1996), yaptığı çalışmada silisyum içeren çeliklerin kaplama kalınlığı ve kaplama öncesi uygulanan yüzey temizleme işlemlerinin kaplama üzerine etkisini incelemiştir. Ele aldığı numuneleri asitle temizleme, yüzey parlaklığını artırma ve zımparalama işlemine tabi tutarak kaplamaya almıştır. Uygulanan temizleme

işlemlerinin kaplama sonrası oluşan iç yapı ve oluşan fazları etkilediğini ortaya koymuştur. Silisyum oranının ve uygulanan temizleme işlemlerinin de kaplama kalınlığını etkilediğini vurgulamıştır.

Vourlias ve diğerleri (2004), yaptıkları çalışmada galvaniz kaplamada alaşım elementlerinin kaplamaya etkisini incelemiştir. Kaplama banyosunda bulunan alaşım elementi ilavelerinin ve yoğunluklarının kaplamada oluşan Fe-Zn fazlarında farklılık olabileceği üzerine çalışmışlardır. Kaplamada oluşan fazları, Xray cihazı ve elektron mikroskobu kullanarak incelemiştir. Yaptıkları deneyde kullanılan numuneleri tuz testi kabiniinde teste tabi tutmuşlardır. Kaplama banyosuna ilave edilen Al, Sn, Pb, Cu, Cd, Ni elementlerin kaplama davranışını ve kaplama görünümünü etkilediği sonucunu ortaya koymuşlardır.

Yaluk (2009), yaptığı çalışmada farklı alaşım elementi içeren çelik malzemelerin galvaniz kaplamalarını karşılaştırmıştır. İçerdikleri alaşım elementlerin ve kaplama öncesi uygulanan yüzey temizleme işlemlerinin kaplamaya etkisini incelemiştir. Kaplamayı etkileyebilecek kaplama banyosuna alaşım ilavesi, kaplama banyo sıcaklığı ve kaplama sonrası soğuma hızı değişiklikleri göz önüne alınarak farklı çalışmalar yapmıştır. Kaplama öncesi malzeme yüzeyini asite daldırma, zımparalama, kumlama ve parlatma işlemlerine tabi tutarak karşılaştırmıştır. Kaplama banyosuna alaşım elementi katkısının kaplamayı etkilediğini, uygulanan yüzey temizleme proseslerinin kaplama görünüm ve kalitesini arttırdığını, silisyum oranı artışı ile kaplama kalınlığının arttığını ve malzemenin içerdiği farklı alaşım elementlerinin de kaplamayı etkilediği sonucunu ortaya koymuştur. Silisyum oranını yükseldikçe yüzey parlatma işleminin kaplama kalınlığı üzerine olan etkisini kaybettiğini öne sürmüştür.

Akgün (2010), yaptığı çalışmada farklı tür çelik malzemelerin sıcak daldırma galvaniz kaplama yöntemi ile farklı kaplama süresi ve kaplama sıcaklığı altında oluşan kaplama kalınlıklarını incelemiştir. Kaplama sonrası malzemelerin sertliklerini ölçmüştür. S235, 1020, 1040 ve 1045 çelik malzemelerden elde ettiği çap malzemeleri 440 °C, 445 °C, 450 °C sıcaklıklarda 2, 4, 6, 8 saniye süre ile kaplayarak kaplama davranışlarını incelemiştir. Yapılan sertlik ölçüm sonuçlarına göre sertliğin üst yüzeyden alt yüzeye

doğru arttığını ortaya koymuştur. Malzemenin içerdiği alaşım elemanlarında kükürt ve fosfor elementinin kaplamayı etkilediğini, silisyum oranı arttıa kaplama kalınlığının arttığı sonucu ortaya koymuştur.

Ispartalı (2017), yaptığı çalışmada sanayide yaygın olarak kullanılan AISI 4140 eliğine 3 farklı yöntem ile galvaniz kaplama yapmıştır. Elektrogalvaniz, inko lamelli galvaniz ve sıcak daldırma galvaniz ile kaplanan numuneleri mekanik ve metalurjik olarak kıyaslamıştır. Çekme deneyi, mikrosertlik deneyi ve optik mikroskop incelemesi yapmıştır. Çekme deneyinde en iyi sonucu veren 1195 Mpa değer i ile elektrogalvaniz kaplanan numune, mikrosertlik deneyinde en iyi sonucu veren 365 HV değer i ile çinko lamelli galvaniz kaplanan numune ve kaplama kalınlığı en iyi sonuç veren 140 mikron ile sıcak daldırma galvaniz kaplanan numune olduğu sonucuna varmıştır.

Maşlak (2019), yaptığı çalışmada farklı kaplama kalınlığına sahip SAE 1212 ve SAE 1080 eliğinin elektrokimyasal yöntemler ile korozyon davranışlarını incelemiştir. Çinko kaplama yapılan malzemelere kaplama parametrelerinin korozyon etkisini inceleyerek, pasivasyon işleminin etkisini araştırmıştır. Korozyon direncini nötr ve asidik ortamda yapılan kaplamalar üzerinde karşılaştırarak deney sonuçlarını elde etmiştir. Yapılan analizler sonucunda polarizasyon eğrilerini kıyaslamıştır. Kaplama kalınlığı arttıa korozyon direncinin arttığı, pasivasyon işleminin korozyon direncini arttırdığı, asidik ortamda yüzeyin bozularak korozyonu önleyemediği ve nötral ortamda daha iyi korozyon nleme etkisinin bulunduğu sonuçlarını ortaya koymuştur.

Gülmez (2019), yaptığı çalışmada aynı proseste kaplanan ve aynı kaplama kalınlığına sahip olan numune plakaların korozyon dayanımlarında uygulanan tuz testi şartlarının değişiminin korozyon davranışı ve süresine etkisini incelemiştir. Tuz testi standartlarında belirtilen sıcaklık: $35\pm 2^{\circ}\text{C}$, pH : 6,4 – 7,2 ve % tuz oranı: 5 değerleri arttırılarak numune parçaların beyaz pas ve kırmızı pas görülme sürelerini hesaplayarak kıyaslamıştır. Sonuç olarak sıcaklık ve tuz oranının artması ve ph değerinin azalmasının korozyon hızını arttırdığı bulgusunu ortaya koymuştur.

Kardeş (2020), yaptığı çalışmada sıcak daldırma galvaniz yönteminde malzemenin kaplama kalitesine etki eden parametreleri incelemiştir. Askılama yönteminde malzemenin asıldığı konumun ve banyoya giriş çıkış açısının incelenmesi sonucu en iyi kaplama kalınlığı elde edilen açının 90° ile dikey konum olduğunu görmüştür. Malzemenin kaplama banyosunda kalma süresinin kaplama kalınlığını doğru orantılı olarak etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Malzemenin banyoya giriş ve çıkış hızı incelendiğinde, en iyi kaplama kalınlığı elde edilen yöntemin banyoya hızlı girip banyodan yavaş yavaş çıkan numune olduğunu görmüştür. Kaplama öncesinde yüzey temizliğinin önemine dikkat çekmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çelikler Hakkında Genel Bilgi

3.1.1. Çelik Nedir?

Farklı oranlarda demir (Fe) ve karbon (C) elementinin birleşmesiye oluşan malzeme çeşididir. Çeliğin içine farklı alaşım elementlerinin farklı oranlarda dahil edilmesiyle çeliğe istenilen farklı özellikler kazandırılabilir. Çelik içinde mangan (Mn), fosfor (P), kükürt (S) ve silisyum (Si) en yaygın kullanılan elementlerdir.

3.1.2. Çeliğin Temel Özellikleri

Çelikler ısıtım işlem sonrası istenilen dayanımları sağlayabilir.

Sıcak ve soğuk şekillendirmeye uygundur.

İşlenebilirliği ve kullanılabilirliği uygundur.

3.1.3. Çelik Bileşiminde Bulunan Elementlerin Etkileri

Karbon (C), çeliğin sertlik ve dayanım özelliğini arttıran en temel elementtir. Karbon oranı %0,80 oranına kadar çekme ve akma mukavemetini arttırırken, oranın daha fazla artması ile birlikte malzemenin sünekliği, kaynak kabiliyeti ve dövülebilme özelliği olumsuz etkilenmektedir.

Mangan (Mn), çeliğin sertleşmesine katkıda bulunarak dayanımını arttırmada rol oynar. Sünekliği azaltırken; dövme ve kaynak edilebilirliği artırır. Karbon oranı ile doğru orantılı olarak olumlu etkisi artar.

Silisyum (Si), çeliklerde kullanımının temel amacı oksijen gidermek olup, ferritin içinde çözünebilmesiyle sertlik ve dayanımı artırır. Si oranı yüksek çeliklerin manyetik özelliği iyi olduğundan elektrik alanında kullanılır ve korozyon dayanımları yüksektir. Yüzey özelliğine olumsuz etkisinden dolayı farklı alaşım elementleri ile birlikte kullanılır.

Kükürt (S), çelikte katkısı süneklik ve darbe dayanımını azaltır, kırılma özelliği sağlar. Çeliklerde bulunması en az tercih edilen elementtir. Yalnızca otomat çeliklerinde işlenebilirliği arttırmak için katkı elementi olarak kullanılması tercih edilir.

Fosfor (P), çeliğin sertliğini artırır ve sünekliğini düşürür. Korozyon direnci yüksek olmasına rağmen kükürt gibi katkısı en az istenen elementlerden biridir.

Krom (Cr), çeliklerde korozyon dayanımını, aşınma direncini ve sertleşebilirliği artırması yönüyle çeliklerde en fazla kullanılan katkı elementidir.

Nikel (Ni), çelikte yaygın olarak kullanılan tokluk ve dayanımı arttıran alaşım elementidir. Tane irileşmesini engeller. Paslanmaz çeliklerde, oksitlenme direncini artırması yönü ile kullanılır.

Molibden (Mo), nikel ve krom elementi ile birlikte daha etkin olup düşük alaşımli çeliklerde kullanılır. Molibden, dayanımı arttırırken temper gevrekliğini azaltması yönü ile takım çeliklerinde kullanılır.

Vanadyum (V), çeliğin sertleşmesine katkıda bulunur, nikel elementi benzeri tane irileşmesini engeller. Sıcaklığa karşı dayanımı önemli ölçüde artırır, takım çeliklerinde ve ısı çeliklerinde kullanılır.

Wolfram (W), diğer alaşım elementleri gibi çeliğin dayanımını arttırmada katkıda bulunur. Yüksek ısıya dayanımı arttırması özelliği ile takım çeliklerinde ve ıslah çeliklerinde kullanılır.

Kobalt (Co), sıcaklık yükseldiğinde tane irileşmesini engelleyici özelliği ile hız çelikleri ve sıcak iş çeliklerinde kullanılır.

Alüminyum (Al), yaşlanmaya karşı dayanımı artırır. Oksijeni düşük seviyelere indirme özelliğine sahiptir.

Çeliklere ilave edilen elementler malzeme özelliklerini değiştirir. Alaşım elementlerinin çelik özelliklerine olan etkisi Şekil 3.1' de gösterilmiştir.

ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÇELİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ															
ALAŞIM	SERTLİK	DAYANIM	AKMA NOKTASI	UZAMA	KESİT DARALMASI	DARBE DİRENCİ	ELASTİKİYE T.	YÜKSEK SICAKLIĞA DAYANIM	SÖĞÜTME HIZI	KARBÜR OLUŞUMU	AŞINMA DİRENCİ	DÖVÜLEBİLİRLİK	İŞLENEBİLİRLİK	OKSİTLENME E.	KOROZYON DİRENCİ
Si	↑	↑	↑	↓	-	↓	↑↑↑	↑	↓	↓	↓↓↓	↓	↓	↓	-
Mn*	↑	↑	↑	-	-	-	↑	-	↓	-	↓↓↓	↑	↓	-	-
Mn**	↓↓↓	↑	↓	↑↑↑	-	-	-	-	↓↓↓	-	-	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	-
Cr	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓↓↓	↑↑↑	↑	↓	-	↓↓↓	↑↑↑
Ni	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	↓↓↓	-	↓↓↓	↓	↓	↓	↑↑↑
Ni**	↓↓↓	↑	↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	-	↑↑↑	↓↓↓	-	-	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↑↑↑
Al	-	-	-	-	↓	↓	-	-	-	-	-	↓↓↓	-	↓↓↓	-
W	↑	↑	↑	↓	↓	-	-	↑↑↑	↓↓↓	↑↑↑	↑↑↑	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	-
V	↑	↑	↑	-	-	↑	↑	↑↑↑	↓↓↓	↑↑↑	↑↑↑	↑	-	↓	↑
Co	↑	↑	↑	↓	↓	↓	-	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↓	-	↓	-
Mo	↑	↑	↑	↓	↓	↓	-	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↓	-	↑↑↑	-
S	-	-	-	↓	↓	↓	-	-	-	-	-	↓↓↓	↑↑↑	-	↓
P	↑	↑	↑	↓	↓	↓↓↓	-	-	-	-	-	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↑↑↑

* Perlitik çeliklerde
** Östenitik çeliklerde

↑ Arttırır ↓ Azaltır - Değişirmez - Önemli yada bilinmiyor

Şekil 3.1. Alaşım elementlerinin çeliğe etkisi

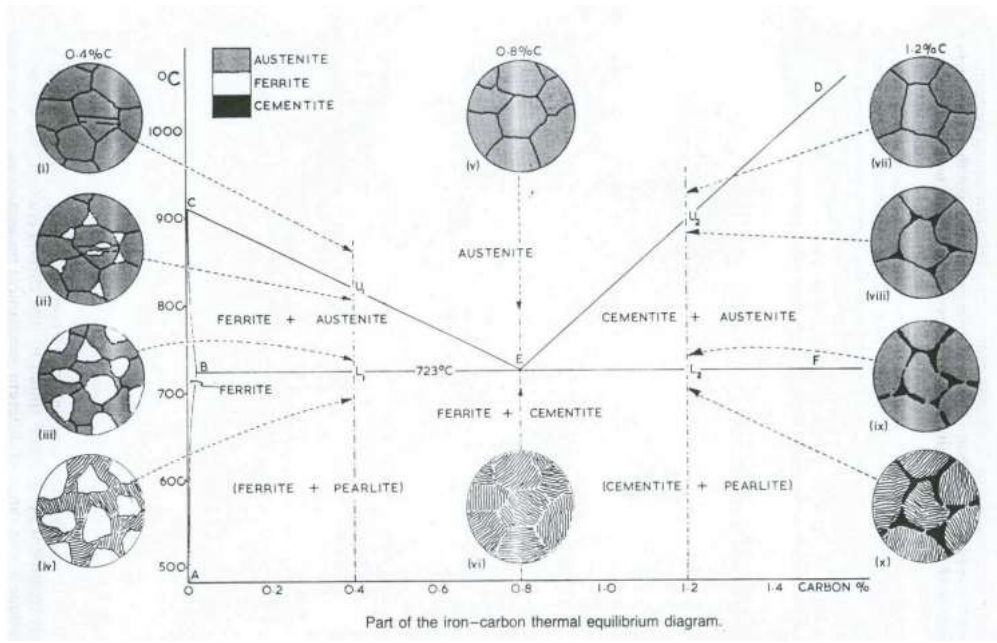
3.1.4. Çeliğin Mikroyapısı

Çelikler maksimum %2,06 C içeren demir karbon alaşımlarıdır. Demir karbon denge diyagramında %2,06 C oranına kadar grafik çelikleri temsil ederken, %2,06 ile %6 arasında C içeren malzemeler dökme demir grafiğini temsil eder.

Malzemenin içerdiği karbon oranı ve sıcaklıklara göre malzemenin mikroyapısında değişiklik görülür. Malzeme iç yapısındaki kristal dönüşümleri ile ferrit, sementit, östenit, ledebürit ve perlit yapılar oluşur.

Birinci bölgede soğuma ile birlikte likidüs eğrisinin altına doğru kristal oluşmaya başlar. Yüzey merkezli kübik yapılar merkezinde karbon atomu bulunur ve alfa katı eriyiği veya östenit olarak adlandırılırlar. Östenit yapılarında sıcaklık azaldıkça karbon çözündürme hızı da azalır. Soğumanın meydana gelmesi ile sıcaklığın 723 °C ye düşmesi ve karbon oranının % 0,85 olduğu durumda iç yapı perlite dönüşmüş olur. Östenitteki karbon oranı % 0 – 0,85 aralığında iken, demir karbon diyagramındaki GS eğrisinde aşağı inildikçe, ferrit kristalleri ötektoit orandan daha fazladır ve önce ferrit (alfa) kristalleri çöker. Çökmeyen östenit yapı ise, 723 °C de perlitik yapıya dönüşür.

723 °C nin altında ferrit ve perlit yapılar birlikte bulunur. Östenitteki karbon oranı % 0,85-2 aralığında olduğu durumda ise, 723 °C nin altında karbonun fazlası sementit olarak çöker. Yapıdaki kalan kristaller perlitik yapıya dönüşür. Bu durumda oda sıcaklığında sementit ve perlitten oluşan yapı, sert ve gevrek özellikte olur.



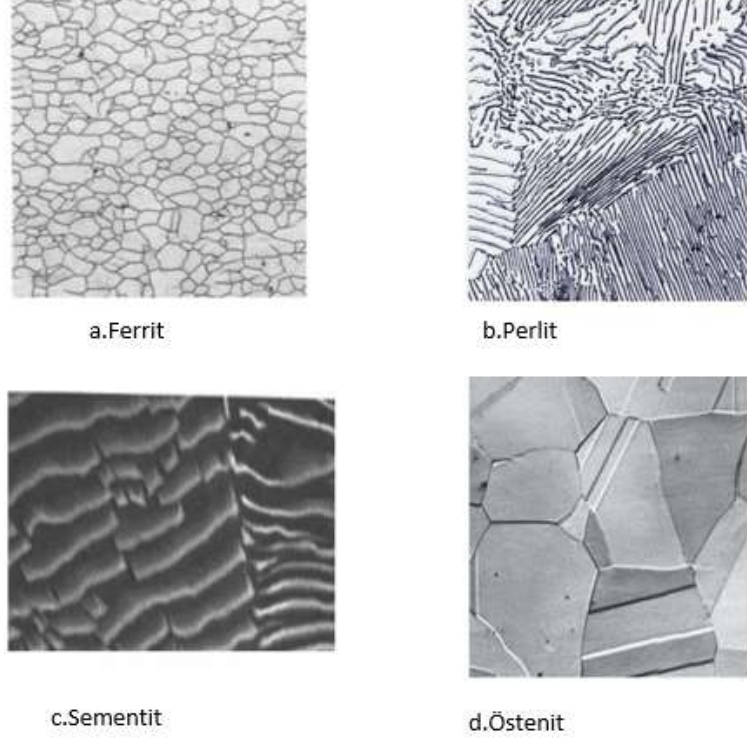
Şekil 3.2. Demir karbon diyagramı

Ferrite, α katı eriyiği de denilebilir. Hacim merkezli kübik yapıda olan α , demir içerisinde az miktarda karbon içerir. Sıcaklığın 912 °C'den daha düşük olduğu demirin kararlı halidir. Sertliği Rockwell 90 olup, en yumuşak çelik formudur .

Perlit ötektoid bir karışım yapıya sahip olup % 0.80 C içerir. 727 °C'de soğumanın çok yavaş olmasıyla ortaya çıkar. İçinde tabaka halinde ferrit ve sementit karışımından oluşur. Ferrit beyaz düz arka plan olarak gözükürken, sementit koyu renk ve tabaka halinde görülür. Sertliği Rockwell B 95-100'dür.

Sementit, çok sert ve kırılgan bir yapıya sahiptir. Fe_3C bileşiği halinde % 6.67 C içerir. Demir karbon diyagramındaki en sert malzeme olup, çekme dayanımı düşük ve basma dayanımı yüksektir.

Östenit, yüzey merkezli bir arayer katı eriyidir. 1130 °C’de içerdği çözünmüş C oranı % 2 civarındadır. Oda sıcaklığında kararlı değildir ve kolay şekillendirilebilirler.



Şekil 3.3. Çelik malzemelerde iç yapı

3.1.5. Çeliğin Isıl İşlemleri

Malzemenin iç yapısını değiştirmek, istenilen özellikleri elde etmek için malzemeye uygulanan ısıtma ve soğutma işlemleridir. Isıl işlemler 3 ana başlıkta sınıflandırılır.

Tavlama, Sertleştirme, Islah etme.

Tavlama işlemleri:

Çeliğin sertliğini azaltmak, sünekliğini arttırmak ve iç gerilimleri yok etmek için uygulanan ısıtma işlemine tavlama adı verilir. 6 çeşit tavlama çeşidi mevcuttur.

Normalleştirme tavlamaşı: Malzemede daha küçük eř boyutlu tanecikler elde ederek mekanik özelliklerin iyileşmesi amacıyla malzemenin ısıtılıp soğumaya bırakma işlemidir.

Yumuşatma tavlamaşı: eliklere şekil verebilme yeteneği kazandırmak amacıyla uzun süreli ısıtma ve sonra fırında soğumaya bırakma işlemidir. Isıl işlem sonrası malzeme şekilsiz haldeki sementit yapıya dönüşür.

Kaba tane tavlamaşı: Malzemenin daha iyi talaş kaldırma özelliğine kavuşması amacıyla yüksek sıcaklıkta belirli bir süre bekletilip fırında çok yavaş soğumaya bırakma işlemidir.

Difüzyon (Homojenleştirme) tavlamaşı: Katılaşma esnasında tanelerin içinde oluşan farklı kimyasal bileşimleri gidermek için 1100-1300 °C'ye ısıtılıp soğutulma işlemidir.

Gerilim giderme tavlamaşı: Malzemeye uygulanan kaynak, döküm, haddeleme gibi işlemler sonucu çeşitli bölgelerde farklı soğutma hızları, farklı şekil değiştirme miktarları ile meydana gelen i gerilmelerin giderilmesi amacıyla 550-600 °C'ye ısıtılıp çok yavaş şekilde soğuma işlemidir.

Yeniden kristalleşme tavlamaşı: Çeliklerin deformasyona uğramış tanelerinin, yeniden çekirdeklenmesi ve büyümesi için uygulanan ısıl işlemdir. Malzemede oluşan plastik deformasyonu gidermek için tercih edilir.

Sertleştirme işlemi:

Martenzitik yapı elde etmek için çeliğin östenit sıcaklığından oda sıcaklığına çok hızlı bir şekilde soğutulması işlemidir. Böylece sert ve gevrek martensit yapı oluşur. Malzemenin mümkün olan en yüksek sertlik derecesi ve aşınma mukavemetine sahip olması amaçlanır. Bu operasyon sonucunda süneklik azalmış olur. Jominy deneyi ile çeliklerin sertleşme kabiliyeti belirlenir.

Islah işlemi:

Malzemenin istenilen mekanik özelliklerin kazandırılması amacıyla östenit faza kadar ısıtılıp östenik yapı elde edilir. Su verme işlemi uygulanarak malzeme soğutulur ve östenit yapı martensit yapıya dönüşür. Malzeme maksimum sertliğe ulaşmış olur. İkinci aşama menevişleme aşamasıdır. Malzemenin tekrar ısıtılarak kırılabilirliği azalır ve gerilmeler giderilir. Malzeme böylece istenilen mukavemet ve sertlik değerine getirilmiş olur.

3.1.6. Çeliklerin Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması

Yapı Çelikleri:

DIN normu gösteriminde önünde St kısaltması bulunan çelikler bu sınıfta yer almaktadır. Yapı çelikleri çekme ve akma dayanımları göz önüne alınarak, genellikle levha, sac, profil olarak çelik konstrüksiyonlarda, köprü ve bina yapımlarında, taşıt ve makine imalatında kullanılmaktadır. St37, St44, St52 inşaat ve sanayi sektöründe yaygın olarak kullanılan yapı çelikleridir.

İmalat Çelikleri:

İslah çeliği: İçinde yeterli karbon oranı ile ıslah işlem uygulanarak sertleştirilip istenilen mekanik özelliklerin elde edilebilirliğinden, yük altında yorulmaya maruz kalan makine parçalarının imalatında kullanılmaktadır.

Sementasyon çeliği: İçinde %0,10 - 0,20 arasında C içeren, sementasyon işlemi ile yüzeyine karbon emdirilip sertleştirilerek aşınmaya karşı dayanımı yüksek olan bu çelikler ağır yükler taşıyan makine parça imalatında kullanılmaktadır.

Yay çeliği: Yaylarda beklenen esneklik ve yüke karşı dayanımı sağlayan çeliklerdir. Yüksek karbon oranı içermekte olup elastik özellikleri sayesinde yay imalatında kullanılmaktadır.

Otomat çeliği: Çeliklerde talaşlı işlenebilir özelliği en yüksek olan ve maliyeti düşük olan çelik türüdür. İçerisine kükürt ve fosfor elementleri işlenebilir özelliği arttırmak için eklenmektedir. İçerisine eklenen kurşun elementi yağlama kabiliyetini arttırarak çeliğin ömrünü uzatmaktadır. Otomat çelikleri otomotiv ve makine sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

Paslanmaz çelik: İçerisinde bulunan Cr, Si, Al gibi alaşım elementleri oluşan koruyucu tabaka sayesinde, hava ile temas ederek paslanmaya maruz kalan yerlerde kullanılan çeliklerdir.

Takım Çelikleri:

Yüksek mukavemet, yüksek dayanım, yüksek tokluk, yüksek süneklik, yüksek işlenebilirlik özelliklerine sahip olan yüksek C oranı içeren çelik türüdür. İslah

eliklerinden ayıran en 3nemli 3zellik malzemenin dayanım değerindeki sapmanın daha az olmasıdır.

Sıcak takım eliği: Y3ksek sıcaklıklarda sertlik ve diğer mekanik 3zelliklerini kaybetmeyen çeliklerdir. Beyaz eğya sekt3r3nde, sıcak kalıplama makinelerinde kullanılmaktadır.

Soğuk takım eliği: D3ę3k sıcaklıklarda ve dayanım gerektiren yerlerde kullanılan çeliklerdir. Makas, zımba gibi aletlerde kullanılmaktadır.

3.2. Metallerde Kaplama Prosesi Ve Etkileri

3.2.1. Metalik Kaplama Y3ntemleri

Metal malzemelerin ekonomik 3mr3n3 uzatmak için y3zeylerinin korunması gerekmektedir. 3nk3 y3zeyde tek bir noktada bağlayan korozyon zamanla metalin i kısımlarına doğru ilerlemektedir ve paslanma gerekleğmektedir. Metallerin korozyon dayanımını arttırmak amacı ve dekoratif g3r3n3m elde etmek amacıyla çeşitli y3zey koruma y3ntemleri geliştirilmektedir. Metallerde y3zey koruma y3ntemi olarak yaygın olarak kullanılan 3 çeşit galvaniz y3ntemi bulunmaktadır. Sıcak daldırma, p3sk3rtme ve elektrolitik kaplama y3ntemi olarak bilinmektedir.

Sıcak Daldırma Y3ntemi İle Kaplama:

elik malzemelere uygulanan galvanizleme işlemi olarak tanımlanan çinko kaplamanın ucuz olması sebebi ile en sık kullanılan kaplama y3ntemidir.

Kaplama yapılacak banyonun içinde yüksek sıcaklıkta erimiş çinko elementi bulunmaktadır. Kaplama işlemi çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. İlk aşamada malzeme yağ alma ve asit banyosuna daldırılarak yüzeyi temizlenmektedir. Kaplanacak malzeme yüzeyi temizlendikten sonra flaks banyosu içine daldırılmaktadır. Bu aşamada malzemenin çinko ile daha hızlı etkileşime girmesi için ön yüzey kaplama işlemi yapılmaktadır. Flakslama aşamasından sonra malzeme kurutulur ve galvaniz banyosuna daldırılmaktadır. Çelik malzeme, banyoda erimiş çinko ile reaksiyona girerek yüzeyde kaplama oluşturmaktadır. Kaplaması tamamlanan malzemeler suya daldırılarak soğutulur ve müşteri isteği doğrultusunda istenilen pasivasyon işlemi uygulanmaktadır. Malzeme yüzeyinde en ufak noktaya, kenar köşe gibi tüm detaylara çinko ulaşarak, malzemede bütünsel bir koruma gerçekleşir. Tek daldırma ile malzeme kaplanabilmektedir. Elde edilen kaplama kalınlıkları yüksektir.

Bu yöntemde kaplanan ürün çeşitliliği, çinkonun eritildiği banyonun ebatlarına bağlı olarak değişmektedir. Her türlü ürün kaplanabildiğinden, ürün portföyü oldukça geniştir. Özellikle çelik yapılarda kullanılan konstrüksiyonlarda elde edilen uzun dayanım ömrü sayesinde son yıllarda ülkemizde de bu yöntem tercih edilmektedir. Enerji sektörü başta olmak üzere, inşaat, tarım, gibi pek çok sektörde sıcak daldırma galvanizleme kullanılmaktadır. Başlıca çelik konstrüksiyonları, çatı tavan elemanları, ensütriyel ızgaralar, yangın merdivenleri, aydınlatma direkleri, trafo binaları, tarım makinaları, otomobil aksamları, demiryolu hatları, korkuluk, iskele gibi birçok yapının kaplamasında bu yöntem kullanılmaktadır.

Püskürtme Yöntemi İle Kaplama:

Kaplama elementinin sıcak ve toz halde çelik malzemenin yüzeyine püskürtmesiyle oluşan kaplama çeşididir. Bu yöntemde malzeme üzerinde yapışma söz konusu olup, malzeme yüzeyinde herhangi bir alaşım oluşturmaz. Bu yöntemde malzemedeki yüzey temizliği grid veya bilye kumlama yöntemi ile yapılmaktadır. Metalin ana gövdesinde küçük gözenekler ile temiz bir yüzey oluşmaktadır. Çinko elementi elektrik ark yöntemi

ile eritilerek sıvı hale getirildikten sonra püskürtme tabancasına doldurulmaktadır. Çelik malzemenin gözenekli yüzeyine, kompresör kullanılarak yüksek basınçlı hava ile partiküller püskürtülmektedir. Böylece metal malzemedeki boşluklar doldurulmaktadır. Bu yöntem sıcak daldırma galvaniz yöntemi ile kaplamaya uygun olmayan tüm parçalara uygulanabilmektedir. Genişlik ve uzunluk sınırlaması olmadan her türlü geometriye sahip parçaların kaplaması yapılabilmektedir. Ana malzeme yüksek sıcaklığa maruz kalmadığından, ana malzemede herhangi bir deforme meydana gelmemektedir. Bu yöntemde sadece kaplama malzemesi sıcaklığa maruz kalmaktadır. Ayrıca kaplama tesisinin kurulumu diğer yöntemlerdeki gibi karmaşık değildir, kolaylıkla kurulum yapılarak taşınabilmektedir.

Elektrolitik Yöntemi İle Kaplama:

Malzeme yüzeyini elektrokimyasal yöntemler ile kaplayarak, korozyona karşı koruyan kaplama yöntemidir. Bu yöntemde malzeme yüzeyine çeşitli kaplamalar yapılabilmektedir. Çinko, nikel ve krom kaplamalar ile malzeme yüzeyini korozyona korumaktadır. Bakır ve parlak nikel kaplamalar malzemeyi korozyona karşı korumasının yanı sıra dekoratif görünüm kazanmayı amaçlamaktadır. Yapılan kaplama ile malzeme etkileşime girmekte olup, malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmektedir.

Genellikle katot ve anot olmak üzere 2 elektrot kullanılarak yapılan kaplama, küçük parçalar için daha elverişli ve ekonomiktir. Kaplama elementinin içinde bulunduğu bir çözelti oluşturulmaktadır. Bu çözelti anot uç ve kaplanacak malzeme katot uç olarak bağlanmaktadır. Uygulanan elektrik akımı sayesinde çözeltideki metal kaplama iyonları malzeme yüzeyi ile tepkimeye girerek kaplamayı oluşturmaktadır. Kaplama kalınlığı 5-25 mikron aralığındadır.

Elektrolitik kaplama yönteminde, kaplanacak metalin iyonik haldeki sulu çözeltisinde elektroliz yapılmaktadır. Çözeltide yüksek akım yoğunluğu elde etmek amacıyla, kaplama metalinin tuzunun çözeltisini kullanmaktır. Metal tuzu ve elektrolitin diğer bileşenlerini içeren kaplama elverişliliği yüksek olduğu bilinmektedir. Ph değeri çözeltilerde önem kazanmaktadır. Elektrolit çözeltide kaplanan metal dışındaki iyonların oluşturduğu safsızlıklar, kaplamada çukur ve deliklerin oluşumuna neden olmaktadır. Safsızlığın kaplama üzerindeki etkisinden dolayı, kaplama banyolarında filtrasyon yapılması gerekmektedir. Filtre edilmeyen çözeltilerde, süspansiyon halde kalan katı tanecikler kaplamada sorunlar çıkarmaktadır.

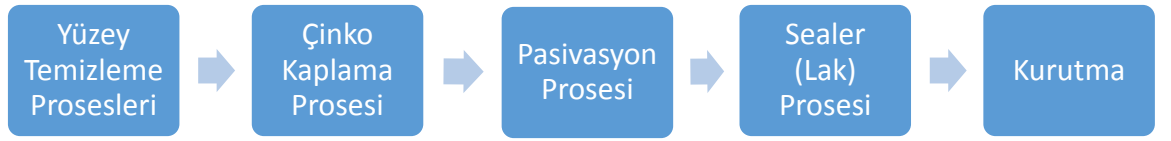
Akım yoğunluğu, anot ve katot tepkimesinin en düşük değere sahip olduğu andaki yoğunluktur. Tepkimenin gerçekleşebilmesi için uygulanan gerilim değerinin, anot ve katot değerleri arasındaki farktan büyük olması gerekmektedir. Akım ile uygulanan gerilim arasındaki bağlantı doğrusal değildir. Akım yoğunluğu arttıkça kaplama hızı da artmaktadır.

Kaplama prosesinde katot uç olarak kaplanacak metal malzeme bağlanmaktadır. Öncelikle metalin yüzeyinin iyice temizlenmesi gerekmektedir. Yağ ve pislikten arındırılan malzeme su ile komple yıkanmaktadır. Sodyum hidroksit, sodyum karbonat gibi alkali çözeltiye daldırılarak temizleme işlemi tamamlanmaktadır.

Kaplama prosesinde anot uç olarak çözünmüş kaplama metali bağlanmaktadır. Çözünmüş metal iyonu yoğunluğu sabit tutulmaktadır. Çözünmenin düzensiz olması durumunda, anot yüzeyde kırılmalar ve ayrılmalar meydana gelmektedir. Metal tanecikler banyonun filtrasyonu esnasında ayrılmaktadır. Metal iyonu yoğunluğunu sabit tutmak amacıyla başka bir kaynaktan besleme uygulanmaktadır.

3.2.2. Çinko Kaplama Aşamaları

Malzemenin kaplama kalitesini birçok faktör etkilemektedir. Malzeme yüzeyinin temizliği, kaplama banyosunun parametreleri, kaplama süresi, kullanılan kaplama kimyasalı, malzeme boyutu, akım yoğunluğu ve çevre şartları kaplama prosesini etkileyen faktörlerdendir. Çinko kaplama yapılırken malzeme belirli adımlardan geçmektedir.



Şekil 3.4.Çinko kaplama aşamaları

Yüzey Temizleme Prosesleri:

Kaplama işleminde en önemli adımlardan biri yüzey temizliğidir. Malzeme yüzey temizliğinin yeterince yapılamaması kaplama işlemini olumsuz etkilemektedir. Yüzeydeki istenmeyen kirliliğin ve kalıntının temizlenmesi ile kaplamada yüzeye tutunma artmaktadır. Yüzey temizleme işlemi birkaç adımdan oluşmaktadır.

Yağ alma işlemi: Malzeme yüzeyinde yer alan imalat yağları, koruyucu yağlar ve yağ atıklarını temizlemek için uygulanan işlemdir.

Asit ile temizleme işlemi: Yağ alma işleminde temizlenemeyen, yüzeydeki pas ve oksit tabakaların temizlenmesi için uygulanan işlemdir. Yüzeyde çok fazla pas ve atık varsa asit temizlemeye yetmez ve mekanik bir işlem gerektirir.

Elektrikli yağ alma işlemi: Malzemede bulunan mikro yapıdaki boşlukları temizlemek için uygulanan temizleme aşamasıdır. Banyodaki su elektroliz olarak hidrojen gazı çıkarır ve böylece malzeme yüzeyindeki yağ temizlenmektedir.

Durulama işlemi: Uygulanan temizleme işlemlerinden sonra malzemenin aşınmasını engellemek için durulama banyosuna daldırılmaktadır. Böylece banyolar arasındaki kimyasal taşınım minimize edilmektedir. Durulama banyolarının temizliği bu açıdan önem taşımaktadır.

Çinko Kaplama Prosesi

Kaplama işlemi: Çinko kaplama, sanayide en çok tercih edilen kaplama çeşididir. Malzemenin mekanik özelliklerini değiştirmeden malzemeyi korozyona karşı koruyan bir kaplama çeşidi olduğu bilinmektedir. Düşük maliyet ve parlak görüntüsü tercih edilme sebepleri arasında yer almaktadır. Kaplama kalitesini etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Banyonun çalışma parametreleri, sıcaklığı, kaplama süresi gibi faktörler kaplama dağılımını ve görüntüsünü aynı zamanda kaplama kalınlığını etkilemektedir. Kaplama kalınlığı banyoya verilen akım değeri ve kaplama süresi ile doğrudan orantılıdır. Çelik malzeme katodik, çinko elementi anodik davranmaktadır. Kaplama işlemi asidik ve bazik olmak üzere iki farklı yöntemle yapılmaktadır. Bazik yöntemde siyanürlü ve siyanürsüz kaplama olarak iki farklı şekilde uygulanmaktadır.

Asidik çinko kaplama banyoları; kimyasal tuzların daha ucuz olması, yüksek akım verimliliği ve iletkenliği sağlaması özelliği ve sağladığı hidrojen gevrekliği ile yaygın olarak tercih edilmektedir. Karmaşık geometriye sahip parçaların homojen kaplanmaması, temizleme işlemlerin çok özenli yapılma zorunluluğu, elektrolit ekipmanların korozyona karşı dirençli olması gereklilikleri bu yöntemin dezavantajıdır. Banyonun sürekli filtrasyon yapılması ve çalışma esnasında meydana gelen sıcaklık

artışını düşürmek amacıyla soğutucu kullanılmaktadır. Asit banyosunun avantajı, kaplama hızının yüksek olması ve düşük maliyetli olmasıdır.

Bazik çinko kaplama banyoları, siyanürlü ve siyanürsüz olmak üzere 2 farklı şekilde uygulanmaktadır. Siyanürlü alkali çinko kaplama banyoları, asidik kaplama banyolarına göre daha düzgün, parlak ve homojen yüzey elde edilmesi avantajı ile tercih edilmektedir. Dezavantajları ise akım veriminin düşük olması ve yüzeydeki pürüzlülüğü giderme kabiliyetinin zayıf olduğu bilinmektedir. Siyanürlü çinko kaplama banyoları karmaşık şekilli parçalarda kaplama dağıtım gücünün iyi olması ile avantaj sağlamaktadır. İletkenliği düşük olmakla birlikte, siyanür arıtma maliyeti yüksektir. Siyanürsüz çinko kaplama banyoları çevre dostu olarak bilinen en kullanışlı banyo çeşididir. Tüm akım yoğunluklarında iyi bir dağıtım gücü ve parlak bir yüzey eldesi sağlamaktadır. Yüksek korozyon dayanımı sağlamakta olup, hammadde maliyeti düşüktür. Çalışma koşullarının esnek olmasının yanı sıra kaplama tesis ve ekipman maliyeti yüksek değildir. Siyanürsüz çinko banyolarına, çinko, kostik, şartlandırıcı ve organik ilaveler yapılmaktadır. Banyodaki çinko metalinin yoğunluğu 10-14 g/l olarak çalışılmaktadır. Kostik yoğunluğunun 120-145 g/l olması önerilmektedir. Elektrik iletkenliği iyi olup, düşük akım yoğunluğunda parlak bir yüzey elde edilen kaplama yöntemidir.

Pasivasyon işlemi: Çinko kaplanmış malzemenin yüzeyi yumuşaktır. Yüzeyi pasif hale getirmek ve beyaz pas oluşumunu azaltmak amacıyla pasivasyon işlemi uygulanmaktadır. Aynı zamanda malzeme görünümünü de iyileştirmeye katkı sağlamaktadır. İçerdiği formülasyonların farklılığı ile çinko kaplamada 3 çeşit pasivasyon rengi bulunmaktadır. Beyaz pasivasyon, sarı pasivasyon ve siyah pasivasyon olmak üzere farklı tipleri mevcuttur. Farklı pasivasyon türlerinin korozyona karşı etkileri de farklı olduğu bilinmektedir.

Lak işlemi: Pasivasyon işlemi sonrası ekstra koruyuculuk sağlayan işlemdir. Bu işlem isteğe bağlı uygulanan bir koruma tabakasıdır.

Kurutma Prosesi

Kaplama prosesi tamamlanan malzemeler 80 - 120 °C'de kurutma fırınında kuruyana dek bekletilmektedir. Malzemenin yeterince kurumaması çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Bu nedenle son işlem olan kurutma prosesi önem kazanmaktadır.

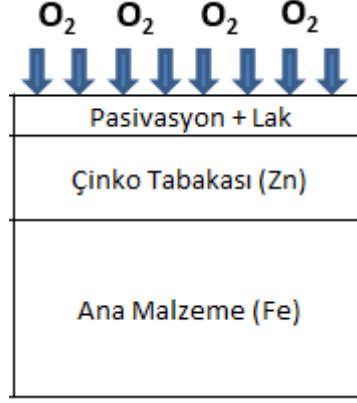
3.2.3. Korozyon Davranışı

Korozyon Nedir?

Korozyon, metal malzemelerin havadaki oksijen ile tepkimeye girerek malzeme özelliklerinin etkilendiği ve pas oluşuma neden olan durum olarak bilinmektedir. Korozyona uğramaması için malzemelere uygulanan birçok işlem bulunmaktadır. Kaplama prosesi ile de malzeme korozyona karşı korunmuş olmaktadır.

Çeliklerde Korozyon Oluşumu:

Çelik malzemelerin yüzeyi oksijen ile temas ettiğinde korozif etki göstermeye başlamaktadır. Malzemeye uygulanan kaplama işlemi malzeme yüzeyinde koruyucu bir çinko tabakası oluşturmaktadır. Koruyuculuğu arttırmak için çinko kaplı katmanın üzerine pasivasyon ve lak işlemi uygulanmaktadır. İlk önce oksijen pasive edilmiş yüzey ile karşılaşarak pas oluşturmamaktadır. Zamanla oksijen çinko tabakasına ulaşmaktadır. Çinko tabakasına ulaşan oksijen Zn elementi ile ZnO_2 oluşturarak beyaz pas oluşturmaktadır. Çinko tabakasını aşan oksijen demir esaslı ana malzeme ile karşılaştığında FeO_2 tabakası oluşturarak kırmızı pas oluşturmaktadır. Şekil 3.5 üzerinden de anlaşılacağı gibi malzemenin kırmızı pas oluşumunu engellemek için uygulanan kaplama kalınlığı da önem kazanmaktadır. Kaplama kalınlığı arttıkça kırmızı pas dayanımı artmaktadır.



Şekil 3.5. Çinko kaplanmış malzemenin şematik görünümü

Korozyon Testi:

Parçaların doğal yöntemler ile korozyon dayanımını ölçmek yıllar alabildiğinden, mühendisler tarafından özel olarak tasarlanan hızlandırılmış korozyon testleri uygulanmaktadır. Tuz püskürtme testi 1898 yılında Charles Benjamin Dudley öncülüğünde tasarlanan korozyon test cihazı olup günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tuz testi ASTM B117 standardına göre gerçekleştirilmektedir.

Tuz püskürtme cihazı, parça yüzeyine etkileyecebilecek parametre değerlerini sabit tutarak yüzeye tuz püskürtme olarak kapalı bir kabin içerisinde gerçekleştirilmektedir. %5 NaCl tuzu ile hazırlanmış saf suyun bulunduğu kabin 35 °C ve doyma kabin sıcaklığı 45 °C'de tutulmaktadır. Çözelti pH değeri 6,5 - 7,2 arasındadır. Verilen hava basıncı 10 - 20 psi olup, sis yoğunluğu 1,5 ml/h' dir.

İlgili parametre değerlerini sağlayan test kabinine parçalar belirli bir aı ile konumlandırılmaktadır. 24 saatte bir parçadaki pas durumu gözlenmektedir. Açılı yüzeye tuz püskürtüldüğünden değerlendirme yapılırken bu yüzeyin dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 3.6. Tuz testi cihazı

4. BULGULAR

Bu çalışmada 6 farklı malzemeden kesilmiş çap şeklindeki numune malzemeler kullanılmıştır. AISI standardına göre 1050 imalat çeliği, O2 soğuk takım çeliği, 4140 ıslah çeliği, D2 takım çeliği, 1020 karbon çeliği ve 4340 ıslah çeliği malzemelerinden elde edilen numunelere sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 numaraları verilmiştir.

Çizelge 4.1. 1 nolu numune AISI 1050 malzemenin kimyasal bileşimi

MALZEME		AISI 1050		
Malzemenin kimyasal bileşimi				
% C	%Si	%Mn	%P	%S
0,42-0,60	0,15-0,35	0,50-0,80	0,045	0,045

Çizelge 4.2. 2 nolu numune AISI O2 malzemenin kimyasal bileşimi

MALZEME		AISI O2		
Malzemenin kimyasal bileşimi				
% C	%Si	%Mn	%P	%S
0,85-0,95	0,10-0,40	1,90-2,10	0,03	0,03
%Cr	%V			
0,20-0,50	0,05-0,15			

Çizelge 4.3. 3 nolu numune AISI 4140 malzemenin kimyasal bileşimi

MALZEME		AISI 4140		
Malzemenin kimyasal bileşimi				
% C	%Si	%Mn	%P	%S
0,38-0,45	0,15-0,40	0,50-0,80	0,035	0,035
%Cr	%Mo			
0,90-1,2	0,15-0,30			

Çizelge 4.4. 4 nolu numune AISI D2 malzemenin kimyasal bileşimi

MALZEME		AISİ D2		
Malzemenin kimyasal bileşimi				
% C	%Si	%Mn	%P	%S
1,45-1,60	0,10-0,60	0,20-0,60	0,03	0,03
%Cr	%Mo	%V		
11,0-13,0	0,60-0,80	0,90-1,10		

Çizelge 4.5. 5 nolu numune AISI 1020 malzemenin kimyasal bileşimi

MALZEME		AISİ 1020		
Malzemenin kimyasal bileşimi				
% C	%Si	%Mn	%P	%S
0,15-0,24	0,10-0,30	0,30-0,60	< 0,040	< 0,050
%Cr	%Mo	%V		
11,0-13,0	0,60-0,80	0,90-1,10		

Çizelge 4.6. 6 nolu numune AISI 4340 malzemenin kimyasal bileşimi

MALZEME		AISİ 4340		
Malzemenin kimyasal bileşimi				
% C	%Si	%Mn	%P	%S
0,30-0,38	0,15-0,40	0,40-0,70	0,035	0,035
%Cr	%Mo	%Ni		
1,40-1,70	0,15-0,30	1,40-1,70		

4.1. Numunelerin Kaplanması

Numuneler elektrog galvaniz yöntemi ile askıya asılarak çinko kaplanmıştır. Mevcut firmada bulunan askı üretim hattı yarı otomasyona sahip olup, çinko ve çinko nikel kaplama işlemi yapmaktadır. Askı hattında 5 adet alkali çinko kaplama banyosu ve 3

adet alkali çinko nikel kaplama banyosu bulunmaktadır. Askı hattında yapılan çalışmada çinko kaplama üzerine beyaz pasivasyon işlemi uygulanmıştır.



Şekil 4.1. Numunelerin kaplandığı askı kaplama hattı

Numune parçalar askıya asıldıktan sonra üretim hattına alınmıştır. İlk aşama olarak yüzey temizleme işlemleri sırasıyla sıcak yağ alma, asidik yağ alma ve elektrikli yağ alma işlemleri uygulanmıştır. Sıcak yağ alma işleminde Hakupur 10-2 kimyasalı kullanılmakta olup, %4,2 konsantrasyonunda ve 55 °C sıcaklıkta proses uygulanmıştır.



Şekil 4.2. Yüzey temizleme işlemleri

Yüzey temizliği sağlanmış numuneler çinko kaplanmak üzere kaplama banyosunda 90 dakika süre ile tutulmuştur. Kaplama banyosunda kimyasal olarak Galvano mondo-Invicta400 kimyasalı kullanılmıştır. Banyo değerleri Zn 8,7 g/lt, NaOH 120 g/lt ve 25 °C sıcaklıkta iken kaplama prosesi uygulanmıştır.



Şekil 4.3. Alkali çinko kaplama banyosu

Kaplama için belirlenen kaplama süresi tamamlandığında, malzemenin kaplamasına renk veren ve korozyona karşı dayanımı arttıran pasivasyon işlemi uygulanmıştır. Sanayide ağırlıklı olarak kullanılan beyaz pasivasyon tercih edilmiştir. Freeblue 3502 kimyasalı kullanılmakta olup, 2,2 Ph değerinde proses uygulanmıştır.



Şekil 4.4. Pasivasyon banyosu

Kaplama işlemi tamamlanan malzemeler kurutulmak üzere banyolardan çıkarılmıştır. 100°C’de 10 dk süre ile kurutma fırınında bekleyerek kurutma işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 4.5. Kaplanan malzemelerin kurutulduğu fırın

4.2. Malzemelerin Kalınlık Ölçümleri

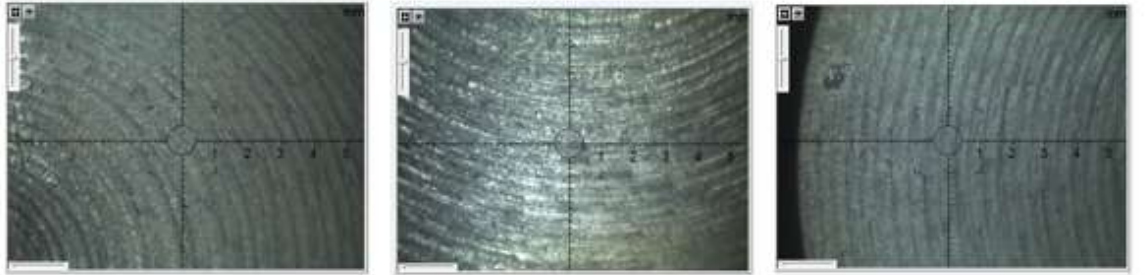
Kaplanan numunelerin kaplama kalınlıklarını ölçmek için Fischer marka X-ray cihazı kullanılmıştır. Bu yöntem ile malzemelerde nokta atışı ölçüm yapılabilmekte olup, hata oranı oldukça düşüktür. Yapılan ölçüm sonuçları ile malzemeler belirlenen kaplama süresinde kaplama kalınlığı 8-12 μ aralığında ölçülmüştür.



Şekil 4.6. Fischer marka X-ray cihazı

4.2.1. 1 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü

1 nolu numuneye ait yapılan ölçümler ve ölçüm yapılan noktaların Xray görüntüleri aşağıda mevcuttur. Xray cihazı ile yapılan ölçümlerde sırasıyla ölçülen kalınlıklar 9.69, 8.17 ve 9.06 mikron gelmektedir.



Şekil 4.7. 1 nolu numunedeki ölçüm noktaları

Canli



Ortalama	8.97 μm
Standard deviation	0.765 μm
C.O.V. (%)	8.53
Range	1.52 μm
Number of readings	3
Min. reading	8.17 μm
Max. reading	9.69 μm
Measuring time	5 sec

n=	1	Zn	1	=	9.69 μm
n=	2	Zn	1	=	8.17 μm
n=	3	Zn	1	=	9.06 μm

Şekil 4.8. 1 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları

4.2.2. 2 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü

2 nolu numuneye ait yapılan ölçümler ve ölçüm yapılan noktaların Xray görüntüleri aşağıda mevcuttur. Xray cihazı ile yapılan ölçümlerde sırasıyla ölçülen kalınlıklar 10.4, 10.1 ve 10.7 mikron gelmektedir.



Şekil 4.9. 2 nolu numunedeki ölçüm noktaları

Canli



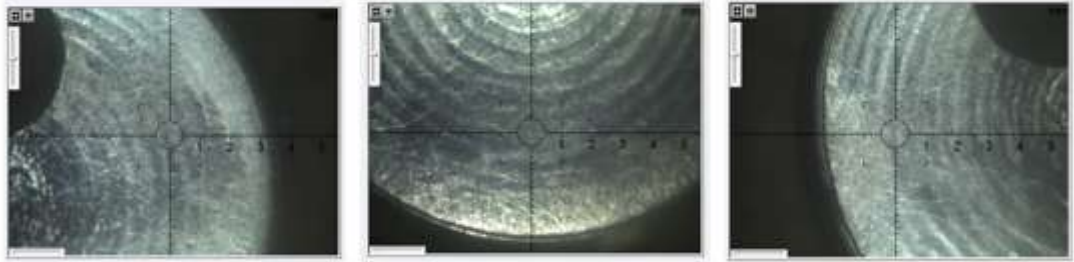
Ortalama	10.4 μm
Standard deviation	0.289 μm
C.O.V. (%)	2.78
Range	0.58 μm
Number of readings	3
Min. reading	10.1 μm
Max. reading	10.7 μm
Measuring time	5 sec

n=	1	Zn	1 =	10.4 μm
n=	2	Zn	1 =	10.1 μm
n=	3	Zn	1 =	10.7 μm

Şekil 4.10. 2 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları

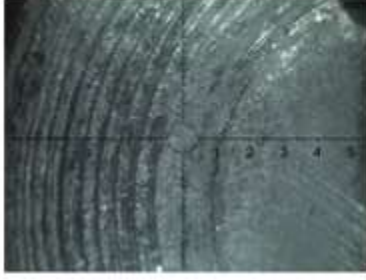
4.2.3. 3 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü

3 nolu numuneye ait yapılan ölçümler ve ölçüm yapılan noktaların Xray görüntüleri aşağıda mevcuttur. Xray cihazı ile yapılan ölçümlerde sırasıyla ölçülen kalınlıklar 8.85, 7.92ve 8.81 mikron gelmektedir.



Şekil 4.11. 3 nolu numunedeki ölçüm noktaları

Canli



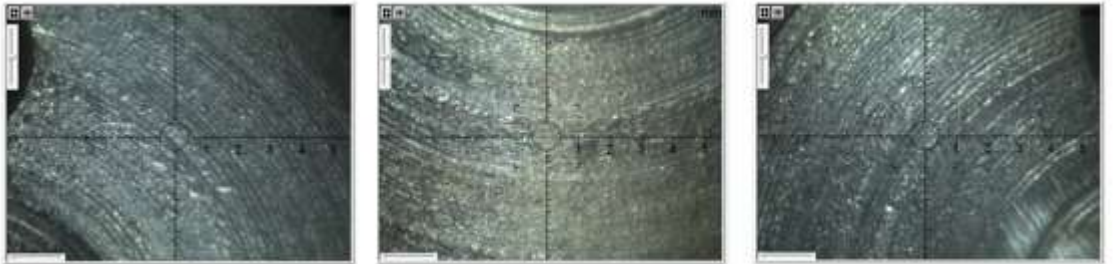
Ortalama	8.53 μm
Standard deviation	0.531 μm
C.O.V. (%)	6.22
Range	0.94 μm
Number of readings	3
Min. reading	7.92 μm
Max. reading	8.85 μm
Measuring time	5 sec

n=	1	Zn 1 =	8.85 μm
n=	2	Zn 1 =	7.92 μm
n=	3	Zn 1 =	8.81 μm

Şekil 4.12. 3 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları

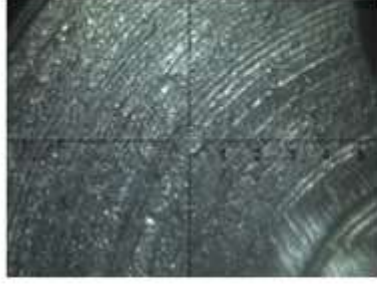
4.2.4. 4 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü

4 nolu numuneye ait yapılan ölçümler ve ölçüm yapılan noktaların Xray görüntüleri aşağıda mevcuttur. Xray cihazı ile yapılan ölçümlerde sırasıyla ölçülen kalınlıklar 9.65, 9.46 ve 9.79 mikron gelmektedir.



Şekil 4.13. 4 nolu numunedeki ölçüm noktaları

Canli



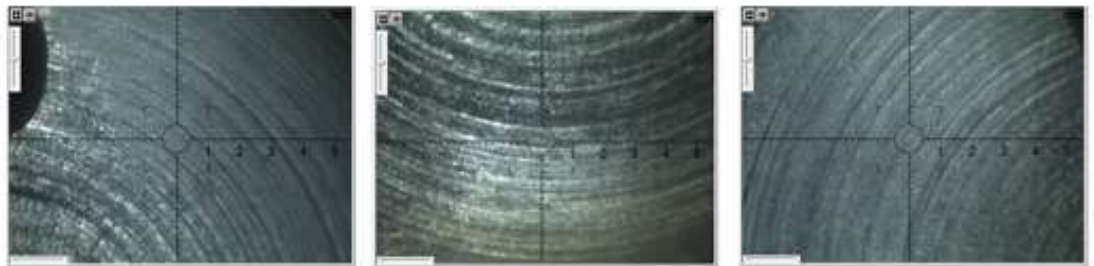
Ortalama	9.63 μm
Standard deviation	0.166 μm
C.O.V. (%)	1.72
Range	0.33 μm
Number of readings	3
Min. reading	9.46 μm
Max. reading	9.79 μm
Measuring time	5 sec

n=	1	Zn 1 =	9.65 μm
n=	2	Zn 1 =	9.46 μm
n=	3	Zn 1 =	9.79 μm

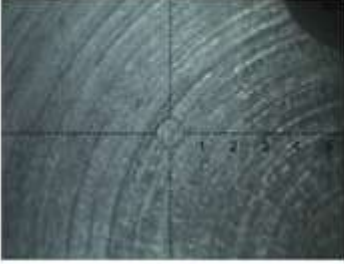
Şekil 4.14. 4 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları

4.2.5. 5 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü

5 nolu numuneye ait yapılan ölçümler ve ölçüm yapılan noktaların Xray görüntüleri aşağıda mevcuttur. Xray cihazı ile yapılan ölçümlerde sırasıyla ölçülen kalınlıklar 9.15, 8.49 ve 9.42 mikron gelmektedir.



Şekil 4.15. 5 nolu numune ölçüm noktaları

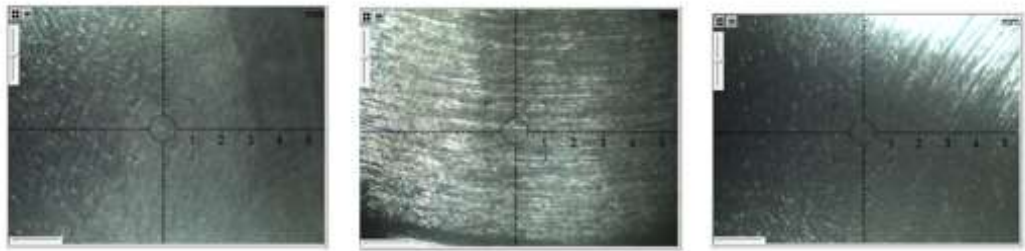
Canli 	Ortalama	9.02 μm
	Standard deviation	0.477 μm
	C.O.V. (%)	5.29
	Range	0.93 μm
	Number of readings	3
	Min. reading	8.49 μm
	Max. reading	9.42 μm
	Measuring time	5 sec

n=	1	Zn 1 =	9.15 μm
n=	2	Zn 1 =	8.49 μm
n=	3	Zn 1 =	9.42 μm

Şekil 4.16. 5 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları

4.2.6. 6 nolu numunenin kaplama kalınlığı ölçümü

6 nolu numuneye ait yapılan ölçümler ve ölçüm yapılan noktaların Xray görüntüleri aşağıda mevcuttur. Xray cihazı ile yapılan ölçümlerde sırasıyla ölçülen kalınlıklar 6.95, 6.71 ve 6.93 mikron gelmektedir.



Şekil 4.17. 6 nolu numune ölçüm noktaları

Canlı



Ortalama	6.86 μm
Standard deviation	0.129 μm
C.O.V. (%)	1.88
Range	0.23 μm
Number of readings	3
Min. reading	6.71 μm
Max. reading	6.95 μm
Measuring time	5 sec

n=	1	Zn 1 =	6.95 μm
n=	2	Zn 1 =	6.71 μm
n=	3	Zn 1 =	6.93 μm

Şekil 4.18. 6 nolu numune kalınlık ölçüm sonuçları

4.3. Numuneleri Tuz Testi Sonuçları

Çinko beyaz kaplanan numune malzemelerin korozyon dayanımını belirlemek için, numuneler tuz testi kabiniinde teste tabii tutulmuştur. Otomotiv sanayinde belirlenen kaplama şartnamelerine göre çinko beyaz kaplanan malzemelerde istenilen tuz testi dayanımı 480 saat olarak belirlenmiştir. İstenilen genel müşteri şartnamelerine göre numuneler 480 saat tuz testinde bekletilmiştir. 24 saat periyotlar ile tuz testi kontrolleri sağlanmıştır.



Şekil 4.19. Numunelerin tuz testi yerleşimi

Yapılan kontroller sonucunda beyaz pas başlangıcı en erken AISI 4340 malzemeden işlenmiş 6 nolu numunede görülmüştür. 6 nolu malzemede 192 saat sonunda beyaz pas başlangıcı görülmüştür. Diğer numunelerde 192 saat sonunda paslanma görülmemiştir.



Şekil 4.20. 6 nolu numunede beyaz pas başlangıcı görünümü



Şekil 4.21. 192 saat sonunda numunelerin tuz testi görünümü

24 saat periyotlar ile yapılan kontroller sonucunda 4 nolu numunede beyaz pas başlangıcı 240 saat sonunda görülmüştür. 5 ve 6 nolu numunelerde beyaz pas mevcut iken, 240 saat sonunda diğer numunelerde paslanma görülmemiştir.



Şekil 4.22. 4 nolu numunede beyaz pas başlangıcı görünümü



Şekil 4.23. 240 saat sonunda numunelerin tuz testi görünümü

5 nolu numunede beyaz pas başlangıcı 288 saat sonunda görülmüştür. 288 saat sonunda 1, 2 ve 3 nolu numunelerde paslanma hala görülmemiştir.



Şekil 4.24. 5 nolu numunede beyaz pas başlangıcı görünümü

Belirlenen test süresi boyunca parçalardaki paslanma süreci incelenmiştir. Parçaların 360 ve 384 saat sonraki görüntüsü şekildeki gibidir. Beyaz pas olan 4, 5 ve 6 nolu numunelerde pas ilerleyişi devam etmektedir. 360 saat sonunda 1 nolu numune de paslanma başlamıştır. Diğer numunelerde beyaz pas görülmemiştir.



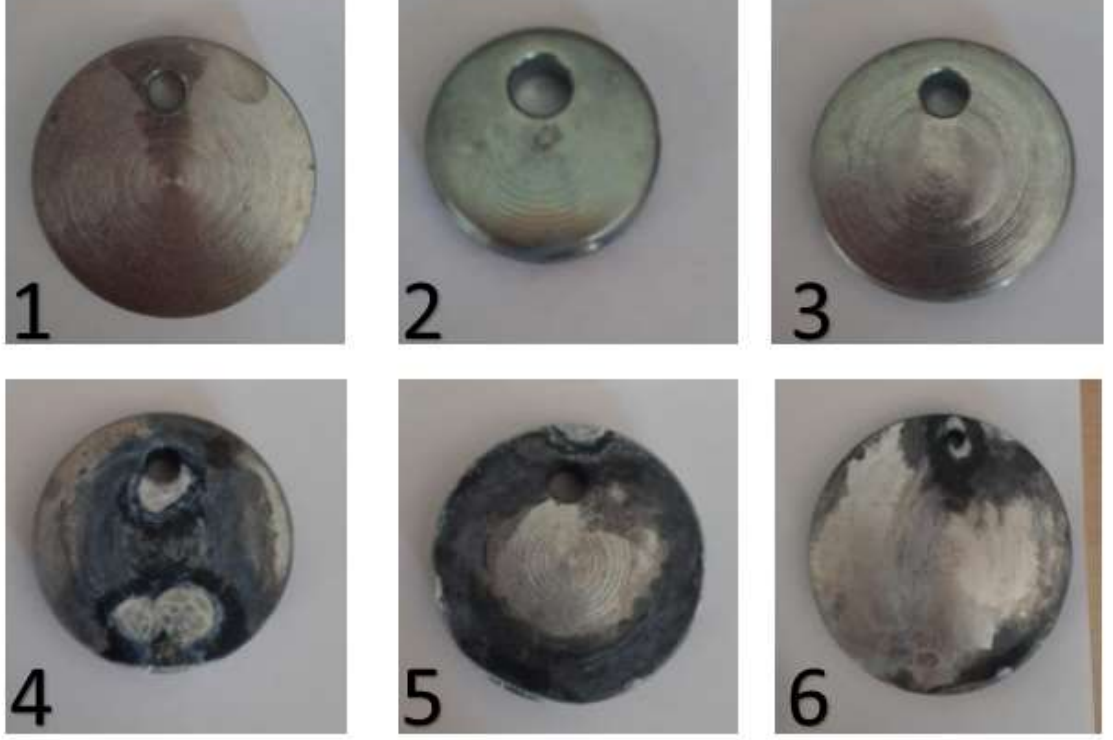
Şekil 4.25. 360 saat sonunda numunelerin tuz testi görünümü



Şekil 4.26. 384 saat sonunda numunelerin tuz testi görünümü

Tuz testi 480 saat sonunda tamamlanmış olup, numuneler testten çıkarılmıştır. Testten çıkan numunelerdeki pas oranları tek tek incelenerek gerekli görseller alınmıştır. Test sonucunda 2 ve 3 nolu numunelerde pas görülmemiştir. En erken paslanan 6 nolu numune olurken, daha sonra 5 nolu numune ve 4 nolu numunede, en son 1 nolu

numunede paslanma görülmüştür. Sırasıyla numunelerin test sonrası fotoğrafları Şekil 4.26' da gösterilmiştir.



Şekil 4.27. 480 saat sonra test bitiminde numunelerin paslanma durumu

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

- Yapılan kaplama çalışması sonucunda aynı üretim parametrelerine sahip numuneler arasında kaplama kalınlığı en fazla olan numune AISI O2 malzemedен üretilmiş 2 nolu numunedir. Kplama kalınlığı 3 ölçüm noktasından alınan ortalama değere göre 10,4 μ olarak ölçülmüştür.
- Yapılan kaplama çalışması sonucunda aynı üretim parametrelerine sahip numuneler arasında kaplama kalınlığı en düşük olan numune AISI 4340 malzemedен üretilmiş 6 nolu numunedir. Kplama kalınlığı 3 ölçüm noktasından alınan ortalama değere göre 6,86 μ olarak ölçülmüştür.
- Yapılan tuz testi çalışması sonucunda aynı anda tuz testine atılan numuneler arasında pas başlangıcı en erken olan numune 192 saat sonunda AISI 4340 malzemedен üretilmiş 6 nolu numunedir.
- Yapılan tuz testi çalışmasında 240 saat sonunda AISI D2 malzemedен üretilmiş 4 nolu numunede pas başlangıcı gözlenmiştir. 280 saat sonunda AISI 1020 malzemedен üretilmiş 5 nolu numunede pas başlangıcı gözlenmiştir. 360 saat sonunda AISI 1050 malzemedен üretilmiş 1 nolu numunede pas başlangıcı gözlenmiştir.
- Yapılan tuz testi çalışmasında 480 saat sonunda test bitiminde AISI O2 malzemedен üretilmiş 2 nolu numune ve AISI 4140 malzemedен üretilmiş 3 nolu numunede paslanma gözlenmemiştir.
- Malzemelerin içerdiği kimyasal bileşime ve deney sonucu yapılan gözlemlere göre malzemede bulunan vanadyum elementi kaplama prosesini olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Vanadyum alaşımı bulunan malzemelerin aynı

üretim parametrelerinde daha kalın bir kaplama kalınlığına sahip olduğu görülmüştür.

- Malzemelerin içerdiği kimyasal bileşime ve deney sonucu yapılan gözlemlere göre malzemede bulunan nikel elementi kaplama prosesini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Nikel alaşımı içeren çelik malzemelerin çinko kaplamasında nikel elementinin çinko çekme özelliğinin zayıf olmasından kaynaklı, düşük kaplama kalınlığı ve düşük korozyon dayanımına sahip olduğu gözlemlenmiştir.
- Malzemelerin içerdiği kimyasal bileşime ve deney sonucu yapılan gözlemlere göre malzemede bulunan krom elementinin korozyona karşı olumsuz etkide bulunduğu gözlemlenmiştir. Görünüm olarak kaplama prosesine olumlu cevap vermiş gibi gözükse de istenilen dayanımlarda problem yaşanma ihtimali bulunmaktadır.
- Malzemelerin içerdiği kimyasal bileşime ve deney sonucu yapılan gözlemlere göre malzemede bulunan molibden elementi kaplama prosesini olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Bu olumlu etkiye karşılık molibden alaşımı korozyona karşı da dayanımı arttırdığı düşünülebilir.
- Fosfor ve kükürt elementinin kaplamayı etkilediği daha önceki yapılan çalışmalarda incelenmiştir. Malzemelerin içerdiği kimyasal bileşime ve deney sonucu yapılan gözlemlere göre malzemede bulunan kükürt ve fosfor korozyon dayanımını olumlu etkilediği gözlemlenmiştir.
- Malzemelerin içerdiği kimyasal bileşime ve deney sonucu yapılan gözlemlere göre malzemede bulunan mangan elementi kaplama prosesini olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Kaplama kalınlığı en yüksek olan numunede mangan oranı en fazladır. Yüksek oranda mangan alaşımı içeren çelik malzemelerin korozyona karşı dayanımının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Akgün, Ş. Ö.2010. Çelik Kimyasal Kompozisyonunun Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama Kalınlığına Etkilerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Çetinkaya, E. 2006. Çinko-Nikel Alaşım Kaplamalarının Karakteristiklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Elkoca, O. 1996. Silisyum İçerikli Çeliklerde Mekanik Yüzey İşlemlerinin Sıcak Daldırma Kaplama Davranışına Etkisi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi*, 1996/2.

Frazier, S. K.1964.Progress, Problems and Potential in Hot Dip Galvanizing. *7th International Galvanizing Conference*, 437-444.

Foct, J., Perrot, P., Reumont, G. 1993. Interpretation of The role of Silicon on the Galvanizing Reaction Based on Kinetics, Morphology and Thermodynamics. *Scripta Metallurgica et Materialia*, 28, 10, 1195-1200.

Gülçelik, A.G. 2019. Elektrolitik Çinko Kaplamalı Plakalarda Hızlandırılmış Korozyon Testi Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Ve İmalat Anabilim Dalı, İstanbul.

Habraken, L. 1979. Contribution To A Scientific Explanation Of The Metallurgical Phenomena Occuring In The Iron-Zinc Reaction, *12th Int. Galv. Conf.*, 121-129.

Ispartalı, H. 2020. AISI 4140 Çeliğinin Sıcak Daldırma Galvaniz, Çinko Lamelli ve elektro Galvaniz Kaplama Uygulaması Sonrasında Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

İçin, K., 2019. Çeliklerin Sınıflandırılması. 2019, <https://avesis.ktu.edu.tr/> / Çeliklerin sınıflandırılması.pdf

Kardeş, F.B. 2020. Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplama Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Pilot Bir Firmada İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.

Pektaş, İ. 2018. Galvanizcinin El Kitabı, Adana, Türkiye, 61.

Yaluk, D. 2009.Çelik Sistemlerin Yüzey Özelliklerinin Sıcak Daldırma Galvaniz Kaplamalara Etkisi. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Saliha DOĞDU
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa / 02.06.1996
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Anadolu Erkek Lisesi (2014)
Lisans : İstanbul Üniversitesi, Makine Mühendisliği (2018)
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Konstrüksiyon Ve İmalat Anabilim Dalı (2021)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Asparat Ar-Ge Üretim Teknolojileri / 2019-2020
Silber Kimya Yüzey İşlem Sanayileri / 2020-

İletişim (e-posta) : saliha_1047@hotmail.com

Yayınları* :