KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HIZLI BAĞLANTI ELEMANLARININ KOROZYON DAYANIMININ İNCELENMESİ VE ANALİZİ

FATİH YAZICI

KOCAELİ 2025

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HIZLI BAĞLANTI ELEMANLARININ KOROZYON DAYANIMININ İNCELENMESİ VE ANALİZİ

FATİH YAZICI

Doç. Dr. Murat MAKARACI
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Doç. Dr. Ersin Asım GÜVEN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Doç. Dr. Cihan KABOĞLU
Jüri Üyesi, Bursa Teknik Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 28.01.2025

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmasında,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☐ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☒ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Tamsan Bağlantı Elemanları A.Ş. tarafından maddi/altyapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Fatih YAZICI

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.
Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.
Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan ***"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.
☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Fatih YAZICI

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Hızlı bağlantı elemanları, farklı türde malzemelerin bir araya getirildiği, pratik kullanım avantajları sunan önemli bir ara bağlantı bileşenidir. Ancak bu kaplinlerde korozyon, malzeme ömrünü ve güvenilirliğini olumsuz etkileyen ciddi bir sorundur. Özellikle agresif ortamlarda kullanılan hızlı bağlantı elemanları, kimyasal saldırılara maruz kalabilir, bu da paslanma, aşınma ve deformasyon gibi problemlere yol açabilir. Meydana gelen bu sonuçlar bağlantı elemanının mekanik özelliklerine olumsuz yönde etki edebilir. Bu tez çalışmasında hızlı bağlantı elemanlarında kullanılan farklı türde malzemelerin korozyon dayanımı incelenmiş ve meydana gelen bu korozyonun sonucunda malzemenin sertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır.

Tez çalışmam boyunca değerli bilgi ve rehberliğiyle bana yol gösteren kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Murat MAKARACI'ya; deney düzenekleri ve ekipman temini konusundaki destekleri için Tamsan Bağlantı Elemanları A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Erhan SAN'a; tecrübelerini paylaşarak katkıda bulunan Sayın Hakan BÜYÜKGÖZ, Sayın Pınar GÖKLÜBERK, Sayın Muhammet Ali KARADAĞ, Sayın Derya YAKIŞIRBOY, Sayın Büşra KURTULUŞ, Sayın Berkay COŞKUNTUNA ve Sayın Mahmut EŞKİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatımın her anında yanımda duran, sevgisiyle, şefkatiyle ve sabrıyla bana yol gösteren sevgili annem Zehra YAZICI'ya, eğitimim başta olmak üzere her türlü konuda bana sonsuz destek veren babam Yusuf YAZICI'ya, hayatım boyunca zor zamanlarımda desteğini esirgemeyen abim Yakup YAZICI'ya, neşesi ve tatlı enerjisiyle yüzümü her zaman güldüren kardeşim Nida Nur YAZICI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak – 2025 Fatih YAZICI

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER DİZİNİ v
TABLOLAR DİZİNİ viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ix
ÖZET x
ABSTRACT xi
1. GİRİŞ 1
2. GENEL BİLGİLER 2
2.1. Hızlı Bağlantı Elemanları 2
2.1.1. Bağlantı Kurulum Tipine Göre Hızı Bağlantı Elemanları 5
2.1.2. Akış Tipine Göre Hızlı Bağlantı Elemanları 6
2.1.3. Kilitleme Sistemlerine Göre Hızlı Bağlantı Elemanları 7
2.2. Korozyon 14
2.2.1. Galvanik Korozyon 16
2.2.2. Çukur Korozyonu 18
2.2.3. Taneler Arası Korozyon 20
2.2.4. Gerilim Korozyonu 21
2.2.5. Uniform Korozyon 22
2.2.6. Çatlak Korozyonu 23
2.3. Hızlı Bağlantı Elemanlarında Kullanılan Malzeme Türleri 23
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 27
3.1. Hızlı Bağlantı Elemanları İlgili Yapılan Çalışmalar 27
3.2. Malzemelerin Korozyon Dayanımıyla İlgili Çalışmalar 28
4. MALZEME VE YÖNTEM 29
4.1. Malzeme 29
4.1.1. Pirinç Malzemeler 29
4.1.2. Otomat Çeliği 31
4.1.3. AISI 420 33
4.1.4. AISI 303 35
4.1.5. AISI 316 37
4.1.6. AL-6082, AL-7075 Alaşımları 39
4.2. Deneysel Çalışmalar 45
4.2.1. Tuz Püskürtme Testi 45
4.2.2. Rockwell Sertlik Testi 49
4.2.3. Yüzey Pürüzlülük Testi 52
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 54
5.1. Tuz Püskürtme Testi Sonuçları 54
5.2. Rockwell Sertlik Testi Sonuçları 75
5.3. Yüzey Pürüzlülük Testi Sonuçları 80
6. ÖNERİLER 86
KAYNAKLAR 88
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 92
ÖZGEÇMİŞ 93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu 2
Şekil 2.2. Sızdırmazlık Elemanları (O-ring, Conta vb.) 3
Şekil 2.3. Hızlı Bağlantı Elemanı Soketinin Kesit Görünüşü 3
Şekil 2.4. Hızlı Bağlantı Elemanı Ucunun Kesit Görünüşü 4
Şekil 2.5. Bilyeli Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu 9
Şekil 2.6. Bilye Yuvasında Kalıcı Deformasyona Uğramış Uç 9
Şekil 2.7. Pimli Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu 10
Şekil 2.8. Düğmeli Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu 11
Şekil 2.9. Dişli Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu 12
Şekil 2.10. Bayonet Tipi Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu 13
Şekil 2.11. Galvanik Tablosu 17
Şekil 2.12. Çukur Korozyonu Çeşitleri 19
Şekil 2.13. Gerilim Korozyonu 21
Şekil 2.14. Çinkosuzlaşma Eğilimi Gösteren Pirinç Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi 25
Şekil 2.15. Korozyona Uğramış Karbon Çelik Grubu Hızlı Bağlantı Elemanı Alt Ürünü 25
Şekil 2.16. Korozyona Uğramış Hızlı Bağlantı Elemanı Alt Ürünü 26
Şekil 4.1. CW602N Deney Numunesi 30
Şekil 4.2. CW614N Deney Numunesi 31
Şekil 4.3. 11SMnPb30 Deney Numunesi 32
Şekil 4.4. AISI 420 Deney Numunesi 34
Şekil 4.5. AISI 303 Deney Numunesi 36
Şekil 4.6. AISI 316 Deney Numunesi 39
Şekil 4.7. AL-6082 Deney Numunesi 41
Şekil 4.8. AL-7075 Deney Numunesi 44
Şekil 4.9. CW1007 Tuz Püskürtme Testi Kabini 45
Şekil 4.10. Tuz Püskürtme Test Cihazının Kabinin İçi 46
Şekil 4.11. Ağırlık Ölçümlerinin Yapıldığı Hassas Terazi 48
Şekil 4.12. Yüzey Kalitesinin İncelendiği Mikroskop 48
Şekil 4.13. Sertlik Ölçüm Test Cihazı 49
Şekil 4.14. Korozyona Uğramış Numunenin Sertlik Ölçümü 50
Şekil 4.15. Johnson Mastarı Kullanılmış Numunenin Sertlik Ölçümü 51
Şekil 4.16. Sertlik Testi Sonucu Yüzeyinde Deformasyon Oluşmuş Numune 52
Şekil 4.17. Portatif Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı 53
Şekil 4.18. Johnson Mastarı ve Mıknatıs Kullanılmış Numunenin Pürüzlülük Ölçümü 53
Şekil 5.1. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numune Görüntüsü 54
Şekil 5.2. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Kaplamalı Yüzeyinin Mikroskop Görüntüsü 55
Şekil 5.3. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Kaplamasız Yüzeyinin Mikroskop Görüntüsü 55
Şekil 5.4. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Görüntüsü 56

Şekil 5.5. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Kaplamalı Yüzeyinin Mikroskop Görüntüsü 56
Şekil 5.6. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Kaplamasız Yüzeyinin Mikroskop Görüntüsü 57
Şekil 5.7. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW614N Malzemeli Numune Görüntüsü 57
Şekil 5.8. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW614N Numunenin Mikroskop Görüntüsü 58
Şekil 5.9. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW614N Malzemeli Numune Görüntüsü 58
Şekil 5.10. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW614N Numunenin Mikroskop Görüntüsü 59
Şekil 5.11. Pirinç Grubu Malzemelerin Korozyon Hızı 60
Şekil 5.12. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW602N Malzemeli Numune Görüntüsü 60
Şekil 5.13. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW602N Malzemeli Numunenin Mikroskop Görüntüsü 60
Şekil 5.14. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW602N Malzemeli Numune Görüntüsü 61
Şekil 5.15. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW602N Numunenin Mikroskop Görüntüsü 61
Şekil 5.16. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-7075 Alaşımlı Numune Görüntüsü 62
Şekil 5.17. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-7075 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 62
Şekil 5.18. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-7075 Alaşımlı Numune Görüntüsü 63
Şekil 5.19. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-7075 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 63
Şekil 5.20. Alüminyum Alaşımı Malzemelerin Korozyon Hızı 64
Şekil 5.21. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-6082 Alaşımlı Numune Görüntüsü 64
Şekil 5.22. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-6082 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 65
Şekil 5.23. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-6082 Alaşımlı Numune Görüntüsü 65
Şekil 5.24. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-6082 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 66
Şekil 5.25. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 420 Malzemeli Numune Görüntüsü 66
Şekil 5.26. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 420 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 67
Şekil 5.27. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 420 Malzemeli Numune Görüntüsü 67
Şekil 5.28. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 420 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 67
Şekil 5.29. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 303 Malzemeli Numune Görüntüsü 68

Şekil 5.30. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 303 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 68
Şekil 5.31. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 303 Malzemeli Numune Görüntüsü 69
Şekil 5.32. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 303 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 69
Şekil 5.33. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 316 Malzemeli Numune Görüntüsü 70
Şekil 5.34. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 316 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 70
Şekil 5.35. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 316 Malzemeli Numune Görüntüsü 70
Şekil 5.36. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 316 Numunenin Mikroskop Görüntüsü 71
Şekil 5.37. Paslanmaz Çelik Grubu Malzemelerin Korozyon Hızı 71
Şekil 5.38. Tuz Testi Süresine Göre Birim Yüzey Alana Düşen Kütle Kayıpları 73
Şekil 5.39. Tuz Testi Süresine Göre Birim Yüzey Alana Düşen Hacim Kaybı 74
Şekil 5.40. 11SMnPb30 Malzemeli Numunelerin Test Süresine Göre Sertlik Değişimleri 77
Şekil 5.41. Pirinç Grubu Numunelerin Test Süresine Göre Sertlik Değişimleri 78
Şekil 5.42. Alüminyum Alaşımı Numunelerin Test Süresine Göre Sertlik Değişimleri 78
Şekil 5.43. Paslanmaz Çelik Grubu Numunelerin Test Süresine Göre Sertlik Değişimleri 79
Şekil 5.44. Sertlik Testi Ölçüm Grafiği 80
Şekil 5.45. 11SMnPb30 Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçümleri 82
Şekil 5.46. Pirinç Grubu Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçümleri 83
Şekil 5.47. Alüminyum Alaşım Grubu Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçümleri 84
Şekil 5.48. Paslanmaz Çelik Grubu Yüzey Pürüzlülük Değerleri 84
Şekil 5.49. Tüm Malzemelerin Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçümleri 85

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Bağlantı Elemanı Soketinin Alt Ürünleri 3
Tablo 2.2. Hızlı Bağlantı Elemanı Ucunun Alt Ürünleri 4
Tablo 4.1. CW602N ve CW614N Kimyasal Bileşim Tablosu 30
Tablo 4.2. 11SMnPb30 Kimyasal Bileşim Tablosu 32
Tablo 4.3. AISI 420 Kimyasal Bileşim Tablosu 33
Tablo 4.4. AISI 303 Kimyasal Bileşim Tablosu 35
Tablo 4.5. AISI 316 Kimyasal Bileşim Tablosu 37
Tablo 4.6. AL-6082 Kimyasal Bileşim Tablosu 40
Tablo 4.7. AL-7075 Kimyasal Bileşim Tablosu 43
Tablo 4.8. Tuz Testi Cihazı Çalışma Koşulları 47
Tablo 5.1 Pirinç Grubu Malzemelerin Korozyon Hızı 59
Tablo 5.2 Alüminyum Alaşımı Malzemelerin Korozyon Hızı 64
Tablo 5.3. Paslanmaz Çelik Grubu Malzemelerin Korozyon Hızı 71
Tablo 5.4. Tuz Testi Öncesi ve Sonrası Ağırlık Ölçümleri 72
Tablo 5.5. Tuz Testi Süresine Göre Birim Yüzey Alana Düşen Kütle Kayıpları 72
Tablo 5.6. Tuz Testi Süresine Göre Birim Yüzey Alana Düşen Hacim Kaybı 74
Tablo 5.7. Sertlik Testi Ölçüm Sonuçları 76
Tablo 5.8. Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçüm Sonuçları 81

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

h_1	: Ön yük ile meydana gelen deformasyon derinliği
h_2	: Ana yük ile meydana gelen deformasyon derinliği
A	: Yüzey alanı (cm^2)
V	: Hacim (cm^3)
Δm	: Kütle Kaybı (mg)

Kısaltmalar

DIN	: Deutsches Institut für Normung (Almanya Standartları Enstitüsü)
HRB	: Hardness of Rockwell B (Rockwell B Sertliği)
HRC	: Hardness of Rockwell C (Rockwell C Sertliği)
ISO	: International Standardization Organization (Uluslararası Standartizasyon Teşkilatı

HIZLI BAĞLANTI ELEMANLARININ KOROZYON DAYANIMININ İNCELENMESİ VE ANALİZİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında, hızlı bağlantı elemanlarının korozyon dayanımı incelenmiş ve farklı malzemelerin performansı değerlendirilmiştir. Özellikle endüstriyel uygulamalarda sıkça kullanılan bu elemanların korozyon direnci, tuz püskürtme testi (ISO 9227) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışmada, 11SMnPb30, AISI 303, AISI 316, AISI 420, CW614N, CW602N, AL-7075 ve AL-6082 gibi farklı malzemeler incelenmiş ve korozyon sonrası sertlik ile yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür. Hızlı bağlantı elemanları, endüstriyel sistemlerde sıvı veya gaz transferini hızlandıran ve basınç altında güvenli bağlantılar sağlayan kritik bileşenlerdir. Bu elemanların uzun vadeli performansı ve güvenilirliği, özellikle korozyona dayanımı açısından büyük önem taşır. Tuz püskürtme testi, çevresel koşullar altında malzemelerin korozyon direncini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve bu tezde bu yöntem kullanılarak farklı malzemelerin performansı kıyaslanmıştır. Tuz püskürtme testi sonuçları AISI 316 ve AL-6082 gibi yüksek korozyon dayanımına sahip malzemelerin, özellikle tuzlu su ve kimyasal çevre koşullarında üstün koruma sağladığını göstermiştir. Pirinç grubundan CW602N malzemenin CW614N malzemeye, paslanmaz grubunda AISI 303 malzemenin AISI 420 malzemeye göre daha iyi dayanım gösterdiği gözlemlenmiştir. Hızlı bağlantı elemanlarının bu tür farklı malzemelerle üretilmesi, çeşitli uygulama alanlarına göre malzeme seçimini daha da önemli hale getirmiştir. Ayrıca, sertlik ve yüzey pürüzlülüğü değerleri, malzemelerin korozyon sonrası mekanik özelliklerini de değerlendirmeye olanak tanımıştır. Bu bağlamda, korozyon dayanımının yanı sıra mekanik performansın da sürdürülebilirliği üzerine önemli sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hızlı Bağlantı Elemanları, Korozyon, Sertlik, Tuz Püskürtme Testi, Yüzey Pürüzlülüğü.

CORROSION ANALYSIS OF QUICK COUPLING AND EXAMINATION OF CORROSION EFFECTS

ABSTRACT

This thesis investigates the corrosion resistance of quick coupling elements and evaluates the performance of different materials. These elements, which are widely used in industrial applications for enhancing the transfer of fluids or gases and ensuring safe pressurized connections, were tested using salt spray (ISO 9227) to compare their corrosion resistance. Materials such as 11SMnPb30, AISI 303, AISI 316, AISI 420, CW614N, CW602N, AL-7075, and AL-6082 were examined, and post-corrosion hardness and surface roughness values were measured. Quick coupling elements are critical components in industrial systems, and their long-term performance and reliability are highly dependent on corrosion resistance. Salt spray testing is a common method used to evaluate the corrosion resistance of materials under environmental conditions, and in this thesis, this method was employed to compare the performance of different materials. The results from salt spray testing showed that materials like AISI 316 and AL-6082 offer superior protection, especially in environments with saline or chemical exposure. It was observed that CW602N from the brass group exhibited better performance than CW614N, and AISI 303 from the stainless steel group showed higher corrosion resistance compared to AISI 420. The use of such varied materials in quick coupling elements emphasizes the importance of material selection tailored to specific applications. Additionally, hardness and surface roughness measurements provided insight into the mechanical properties of the materials after corrosion. This highlights not only the corrosion resistance but also the sustainability of mechanical performance. The thesis outlines the key factors that should be considered for optimizing quick coupling elements in terms of corrosion resistance and durability.

Keywords: Quick Couplings, Corrosion, Hardness, Salt Spray Test, Surface Roughness.

1. GİRİŞ

Hızlı bağlantı elemanları, çeşitli endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılan, akışkan transferini kolaylaştıran ve sistemlerin bakım süreçlerini hızlandıran yenilikçi bir bağlantı elemanıdır. Özellikle hidrolik, pnömatik, kimya, petrol ve gaz gibi endüstrilerde yoğun olarak kullanılan bu elemanlar, sistemlerin hızlı ve güvenli bir şekilde bağlanmasını ve ayrılmasını mümkün kılar. Hızlı bağlantı elemanları, akışkan sızıntısını önlerken, basınçlı sistemlerde güvenilir bir şekilde çalışarak operasyonel verimliliği artırır. Deniz suyu, yüksek nem, kimyasal buharlar ve geniş sıcaklık aralıkları gibi çevresel faktörler, bu elemanların malzeme dayanımı ve uzun ömürlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hızlı bağlantı elemanlarının oluşturacağı bağlantılarının en önemli performans kriterlerinden birisi de korozyona karşı göstereceği dayanımdır. Korozyon, metal yüzeylerin oksidasyon ve diğer kimyasal reaksiyonlar sonucu bozulmasına neden olur. Bu bozulma, bağlantının sızdırmazlık özelliğini yitirmesine, mekanik dayanımının azalmasına ve nihayetinde bağlantı noktalarının arızalanmasına yol açabilir. Korozyon dayanımı, hızlı bağlantı elemanlarının üretiminde kullanılan malzeme seçimi ve yüzey işlem teknikleri ile doğrudan ilişkilidir.

Bu tez çalışmasının içeriğinde yer alan konu başlıkları aşağıda özetlenerek açıklanmıştır.

2.Bölümün içeriğinde hidrolik hızlı bağlantı elemanları ve korozyon ile ilgili genel bilgilendirme yapılmıştır.

3.Bölümün içeriğinde hızlı bağlantı elemanları ve korozyon ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

4.Bölümün içeriğinde gerçekleştirilecek testler ve bu testlerin uygulanacağı hızlı bağlantı elemanlarının malzemeleri hakkında ayrıntılı bilgiler sunulmuştur.

5.Bölümün içeriğinde uygulanan testlerin sonuçları verilip, bu sonuçlara göre tespitler yapılmıştır.

6.Bölümün içeriğinde yapılan test sonuçlarına göre hızlı bağlantı elemanları malzemeleri için öneriler ve çıkarımlar verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hızlı Bağlantı Elemanları

Hızlı bağlantı elemanları, pnömatik ve hidrolik gibi çeşitli sektörlerde sistemlerin birbiriyle hızlı, kesintisiz ve güvenli bir şekilde bağlanmasını sağlamak için uzun süredir kullanılmaktadır. Bu bağlantı elemanları soket ve uç olmak üzere iki farklı parçadan oluşmaktadır. Soket ve ucun birbiriyle kilitlenmesi ve ayrılması sırasında herhangi bir takım, alet vb. gerektirmemektedir (Karadağ & Kibar, 2023). Şekil 2.1.'de hızlı bağlantı elemanı ve ucuna bir örnek verilmiştir (URL-1).



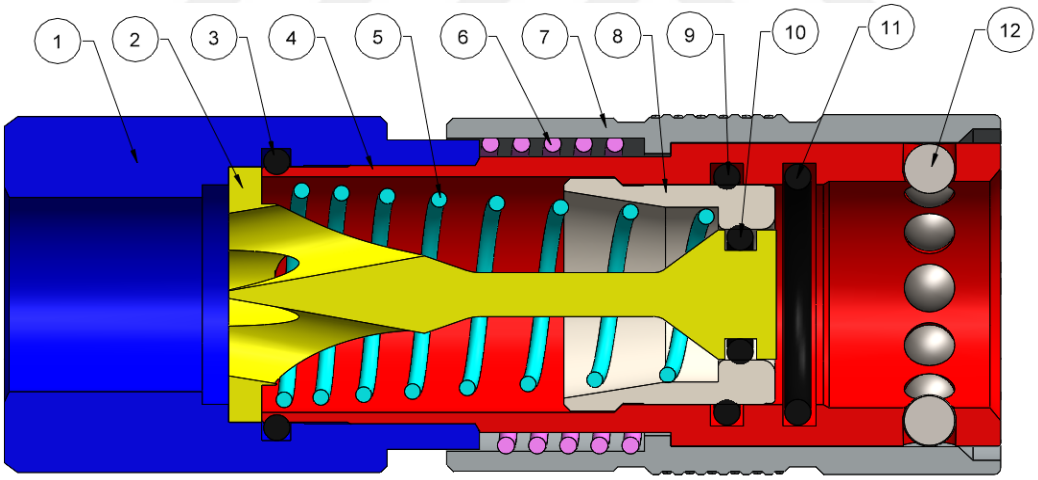
Şekil 2.1 Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu

Mekanik parçaların yanı sıra conta, o-ring vb. sızdırmazlık ürünleri de hızlı bağlantı elemanlarında sızdırmazlığı sağlamak için oldukça önemlidir. Bağlantı sırasında veya ayrık durumdayken oluşabilecek sızıntılar akışkan ve performans kayıplarına neden olur. Aynı zamanda bağlantı esnasında oluşabilecek sızıntılar soket ve ucun bağlantı güvenliğini de olumsuz yönde etkiler. Şekil 2.2.'de sızdırmazlık ürünleri gösterilmiştir (URL-2).



Şekil 2.2. Sızdırmazlık Elemanları (O-ring, Conta vb.)

Soket, kapak, ön gövde, arka gövde, valf, sızdırmazlık elemanları ve çeşitli makine elemanlarından oluşmaktadır. Tüm bu temel parçaların birbiriyle kompakt bir şekilde çalışması için diş bağlantısı, yay ve segman gibi makine elemanları gerekmektedir. İç parça, uç ile kilitlemeyi gerçekleştirmek için tasarlanırken arka parça ise arasında bağlantı yapılması istenen makinelerden biriyle bağlantı sağlamak üzere tasarlanır. Kapak parçası ise kilitlenmeyi çözmek ve emniyet sağlamak gibi farklı amaçlar için kullanılabilir. Şekil 2.3.'de bir gövde parçası tüm bileşenleriyle birlikte gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Hızlı Bağlantı Elemanı Soketinin Kesit Görünüşü

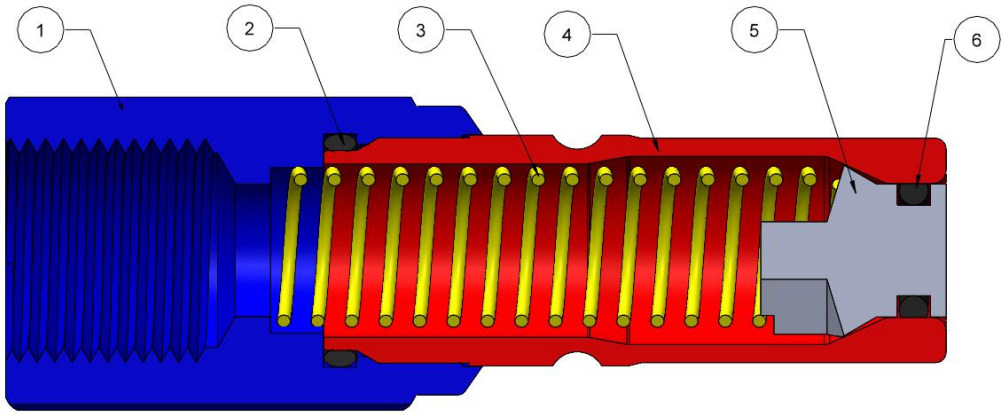
Tablo 2.1. Bağlantı Elemanı Soketinin Alt Ürünleri

1	Dişi Arka Gövde
2	Valf
3	O-ring
4	Ön Gövde
5	Valf- Yüksük Bağlantı Yayı

Tablo 2.1. (Devam) Bağlantı Elemanı Soketinin Alt Ürünleri

6	Kapak – Arka Parça Bağlantı Yayı
7	Kapak
8	Yüksük
9	O-ring
10	O-ring
11	O-ring
12	Bilye

Uç ise ön gövde, arka gövde, valf, yay, sızdırmazlık elemanları ve makine elemanlarından oluşmaktadır. Ön gövde ve arka gövde birbirleriyle diş bağlantısı yaparak sabitlenmiştir. Deliklere ise valf ile sızdırmazlık elemanları yay kuvvetinden faydalanılarak konumlandırılmıştır. Ön gövdenin dış hatları soketle kilitlenmenin gerçekleşmesi için misket yuvaları içermektedir. Arka gövde ise herhangi bir makine ile diş veya hortum bağlantısı yapılabilmesi için farklı tasarımlarda üretilebilir. Şekil 2.4'de bir uç tüm bileşenleriyle birlikte gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Hızlı Bağlantı Elemanı Ucunun Kesit Görünüşü

Tablo 2.2. Hızlı Bağlantı Elemanı Ucunun Alt Ürünleri

1	Dişi Arka Gövde
2	O-ring
3	Valf – Arka Parça Bağlantı Yayı
4	Ön Gövde
5	Valf
6	O-ring

Soket ve uç doğru şekilde bağlantı kurduğunda, bu parçalar iç basınçları kontrol altına almak ve bağlantıyı ayırma eğiliminde olan gerilme kuvvetlerine direnmek için bağlantıyı etkili bir şekilde kilitler. Soket ve uç, bir kilitleme mekanizmasının devre dışı bırakılması ve parçaların ayrılmasıyla alet kullanmadan kolayca ayrılabilir.

Hızlı bağlantı elemanları, kullanım yeri, akış tipi, bağlantı kurulum tipi ve kilitlemeyi sağlayan makine elemanlarına göre çeşitli kategorilere ayrılır.

2.1.1. Bağlantı Kurulum Tipine Göre Hızı Bağlantı Elemanları

Hidrolik hızlı bağlantı kaplinleri, hidrolik aletler ve sistemler, mobil ekipman, tarım makineleri, otomotiv sistemleri, kimyasal ve gıda prosesleri, inşaat ekipmanları, ormancılık, madencilik, petrol ve savunma sanayi gibi endüstrilerde, standarttan özel olana kadar çok sayıda uygulama alanında kullanılmaktadır. Bu nedenle son kullanıcılar, farklı kullanım, akış çapı, ortam koşulu ve bağlantı tipine uygun çeşitli özelliklere sahip hızlı bağlantı kaplinleri talep etmektedir. Ayrıca oldukça geniş basınç aralığına sahip olan hidrolik hızlı bağlantı kaplinlerinin, akışkana ve kaplin yarılarını ayırmaya çalışan her türlü kuvvete karşı da iyi mukavemet göstermesi istenmektedir. Her biri kendi amacına uygun tasarlanmış birçok farklı hızlı bağlantı kaplini tipi mevcuttur. Piyasada en yaygın olanlar şunlardır:

- “Push to Connect” Tipi Hızlı Bağlantı Elemanları
- “Twist to Connect” Tipi Hızlı Bağlantı Elemanları
- “Pull to Connect” Tipi Hızlı Bağlantı Elemanları

2.1.1.1. “Push to Connect” Tipi Hızlı Bağlantı Elemanları

“Push to Connect” tipi hızlı bağlantı elemanları, çeşitli uygulamalarda akışkan hatlarını hızlı ve kolay bir şekilde bağlamak veya ayırmak için kullanılan bağlantı elemanlarıdır. Bağlantının kurulması için uç parçasının sokete doğru basitçe eş eksenli bir şekilde itilmesi yeterlidir. Gövde parçasının içindeki misketler, uç parçasındaki yuvaya oturduktan sonra gövde parçasındaki kapak misket yuvasını kapatarak kilitlenmeyi gerçekleştirir. Kilitlenmeyi çözmek için kapak parçası geriye doğru çekilerek misketlerin yuvasından hareketi serbest bırakılır ve uç parçası çekilerek çıkarılır.

2.1.1.2. “Twist to Connect” Tipi Hızlı Bağlantı Elemanları

“Twist to Connect” tipi hızlı bağlantı elemanları da “Push to Connect” tipi hızlı bağlantı elemanları gibi kolayca ve hızlı bir şekilde bağlantı imkânı sunar. Bu tip hızlı bağlantı elemanlarının diğer hızlı bağlantı elemanlarından farkı ise bağlantının gerçekleştirilmesi ve çözülmesi için ekstra bir emniyete sahip olmasıdır.

Bu emniyet gövde parçasındaki iç parça veya arka parçaya misket, pim veya cıvata koyularak kapağın geri gelmesini engellemektir. Fakat aynı zamanda da istendiği zaman bağlantının sağlanabilmesi için gövde parçasındaki kapağın bir kısmının kırpılarak (yaklaşık olarak misket veya kullanılacak emniyet elemanının geçebileceği kadar) emniyet elemanına takılmasının önüne geçilir.

Bağlantıyı gerçekleştirirken kapağın kırpıldığı kısmın gövde üzerine yerleştirilen emniyet elemanıyla aynı hizaya getirilir ve uç parçası gövdeye doğru itilerek bağlantı sağlanır. Bağlantı sağlandıktan sonra kapak eski pozisyonuna döner. İstenmeyen çözülmelerin önüne geçmek için kapak tekrardan kendi ekseni etrafında döndürülerek kırpılan kısım emniyet elemanıyla aynı hizadan çıkarılır.

2.1.1.3. “Pull to Connect” Tipi Hızlı Bağlantı Elemanları

“Pull to Connect” tipi hızlı bağlantı elemanlarının “Push to Connect” tipi hızlı bağlantı elemanlarına göre farkı bağlantı sağlanması sırasında uç parçasının gövde parçasına geçerken gövde parçasındaki kapağın geri çekilerek misketlerin yukarıya doğru hareket edebilmesi sağlanır. Böylelikle uç parçası gövdeye geçerken misketlere takılmaz. Bağlantıyı çözme işlemi işe “Push to Connect” tipi hızlı bağlantı elemanlarıyla aynıdır. Kapak parçasının geri çekilmesi kilitlenmenin çözülmesi için yeterlidir.

2.1.2. Akış Tipine Göre Hızlı Bağlantı Elemanları

Hızlı bağlantı kaplinleri, akışı otomatik olarak kesmek veya akışın geçişini sağlamak için valf mekanizmasına sahiptirler. Her kaplin yarısında çift kapatmalı, tek kapatmalı veya serbest geçişli (valfsiz) olmak üzere üç valf grubundan birisi kullanılabilmektedir.

2.1.2.1. Çift Taraflı Kesme Valfli Hızlı Bağlantı Elemanları

Bu tür hızlı bağlantı elemanları hem gövde parçasında hem de uç parçasında kesme valfi bulundurur. Kullanılan bu valfler bağlantı kurulurken veya bağlantı çözülürken akış kanallarının eş zamanlı veya sırayla açılıp kapanmasını sağlar. Hem uç parçasında hem gövde parçasında kesme valfinin bulunmasının ana hedefi bağlantı sırasında akışkan kaybını en aza indirip, içeriye farklı türde akışkanların girmesini engellemektir. Çift taraflı kesme valfli hızlı bağlantı elemanı tercih edilmeden önce kullanılacağı basınç değeri, akışkan türü ve sistemin özel gereksinimleri göz önünde bulundurulmalıdır.

2.1.2.2. Tek Taraflı Kesme Valfli Hızlı Bağlantı Elemanları

Tek taraflı kesme valfi içeren hızlı bağlantı elemanları soket parçasında kesme valfi olan hızlı bağlantı elemanlarıdır. Böylelikle soket tarafında akışkan kaybını minimuma indirilirken uç tarafındaki serbest geçiş akışkan kaybına neden olur. Bağlantı sırasında akışkan geçişi valfli olan parça tarafından kontrol edilir. Bu çeşit tek taraflı kesme valfi bulunduran hızlı bağlantı elemanları bağlantıların kesilmesinin gerekli olduğu fakat sadece tek bir tarafta tam kapatmanın yeterli görüldüğü çeşitli endüstrilerde ve uygulamalarda kullanılır.

2.1.2.3. Serbest Geçişli Hızlı Bağlantı Elemanları

Serbest geçişli hızlı bağlantı elemanları bağlantı kurulurken ve çözülürken herhangi bir akışı kontrol edecek valf bulundurmayan sistemlerdir. Bu tarz hızlı bağlantı elemanları hidrolik veya pnömatik sistemlerde bağlantıların daha kolay sağlanmasını ve kesilmesine imkân sunar. Bu durumun yanı sıra akış sistemi durdurulup, bağlantı çözüldüğünde soket veya uç içerisinde kalan akışkanın sızmasını ve çevreyi kirletmesini engelleyemez. Böylelikle hem iş güvenliği hem de temizlik konusunda dezavantaja sahiptir. Genellikle endüstriyel makineler, otomotiv sistemleri gibi bağlantının sık sık kesilmesi gerektiği durumlarda kullanılır.

2.1.3. Kilitleme Sistemlerine Göre Hızlı Bağlantı Elemanları

Hızlı bağlantı elemanları, bilyeli, pimli, düğmeli, bayonet ve diş bağlantılı olmak üzere kilitleme sistemlerine göre 5 farklı türe ayrılır. Her bir kilitleme sisteminin daha avantajlı veya uygun olduğu durumlar vardır. Bu kilitleme sistemlerinin seçiminde basınç,

kullanım kolaylığı, maliyet ve ergonomik olması gibi durumlar belirleyici rol oynar. Piyasada en çok bulunan hızlı bağlantı elemanı kilitleme tipleri şunladır:

- Bilyeli hızlı bağlantı elemanları
- Pimli hızlı bağlantı elemanları
- Düğmeli hızlı bağlantı elemanları
- Diş bağlantılı hızlı bağlantı elemanları
- Bayonet hızlı bağlantı elemanları

2.1.3.1.Bilyeli Hızlı Bağlantı Elemanları

Bilyeli hızlı bağlantı elemanları, soketin içerisinde uç ile kilitlemeyi sağlamak için bilyeler içerir. Soketin içerisindeki kilitlenmeyi sağlayan bilyelerin sayısı, çapı, malzemesi ve yüzey işlemleri sistemin kullanılacağı faktörlere göre belirlenir. Sistemin içerisindeki basınç ile bilye sayısı doğru orantılıdır. Basınç arttıkça bilye sayısında artış görülür. Aynı zamanda bilye çapı ve basınç arasındaki ilişki de doğru orantılıdır. Sistem çalışma basıncı arttıkça bilye çapı da artar.

Bilye malzemesi ve yüzey işlemleri, bilye çapı ve sayısına kıyasla sadece basınçtan etkilenmez. Basıncın yanı sıra korozyon direnci, yüzey pürüzlülüğü gibi özelliklerde malzeme ve yüzey işlemlerini belirlemekte önemli faktörlerdir. Sistemin içerisindeki akışkana göre korozyon direnci yüksek AISI 316 vb. malzemeler kullanmak kullanılan hızlı bağlantı elemanının ömrünü arttırırken diğer bir taraftan maliyeti de arttırmaktadır.

Sokette kullanılacak olan bilyenin yüzey pürüzlülüğü bilyeli hızlı bağlantı elemanlarının kilitlenme güvenliği için oldukça önemlidir. Bilyeler basınç altında soket kapağı ve uç parçasının misket yuvasında kalıcı izler bırakır. Soket ve uç parçasındaki bu kalıcı deformasyona Brinell etkisi denir (Khosro Fallahnezhad, Desai, & Paul A. Meehan, 2019). Yüzey pürüzlülüğü daha düşük bir bilye kullanmak brinell etkini azaltır, böylelikle daha güvenli bir kilitlenme gerçekleştirilmiş olur. Şekil 2.5.'de bilyeli hızlı bağlantı elemanı gösterilmiştir (URL-3).



Şekil 2.5. Bilyeli Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu

Brinell etkisini arttıran ana sorunlardan bir tanesi de titreşimdir. Titreşimler, misketlerin uç ile kapak arasında milimetrik hareketlerine yol açar ve bu durumda metaller arasında temas oluşturur ve bu temas sonucu kalıcı deformasyon meydana gelir (Brinji, Fallahnezhad, & Meehan, 2021). Bu deformasyon sonrası uç parçasındaki misket yuvası ve soketteki kapağın iç kısmı hasar gördüğünden misketin hareket edebileceği daha geniş alanlar meydana gelir. Bu alanın artması sonucu misketler ucu yeterince sıkı tutamaz ve basınç altında istenmeyen bağlantı kesilmeleri meydana gelebilir. Şekil 2.6.'da brinell etkisi sonucu uç parçasında oluşan deformasyon gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Bilye Yuvasında Kalıcı Deformasyona Uğramış Uç

2.1.3.2. Pimli Hızlı Bağlantı Elemanı

Pimli hızlı bağlantı elemanları, soketin içerisinde uç ile kilitlemeyi sağlamak için çeşitli sayıda pim içerir. Uç ile soketin kilitlenmesini sağlayacak olan bu pimlerin sayısı, malzemesi, yüzey işlemleri akışkan hattının özelliklerine göre belirlenir. Sistemin nominal çapı bağlantı elemanında kullanılacak olan pimin sayısını etkileyen ana faktörlerden bir tanesidir. Daha düşük bir nominal çap, kullanılacak olan pimli bağlantı elemanının daha düşük çaplarda olması gerektireceğinden dolayı kullanılacak olan pim sayısını da düşürecektir. Şekil 2.7.'de pimli hızlı bağlantı elemanı gösterilmiştir (URL-4).



Şekil 2.7. Pimli Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu

Pimli bağlantı elemanlarında kullanılacak olan pim sayısını etkileyen diğer bir faktör ise basınçtır. Basınç arttıkça kilitlenme emniyetini sağlamak için pim sayısı arttırılmak istenir fakat kilitlemeyi sağlayacak olan pimlerin yuvaya yatay bir şekilde yerleştirilmesinden dolayı yüksek basınçlarda pimlerde kırılmalar meydana gelebilir. Bu ihtimalden dolayı pimli bağlantı elemanlarını daha çok pnömatik sistemler gibi düşük basınçlı sistemlerde kullanılır.

Soketin içerisinde kilitlenmeyi sağlayacak olan pimler soketteki yuvasına yatay bir şekilde yerleştirilir. Yatay bir şekilde yerleştirildiği için sokette kullanılacak pim sayısı, bilyeli hızlı bağlantı elemanlarında kullanılan bilyelere kıyasla daha azdır. Bu durumda pimli bağlantı elemanlarının kullanılacağı sistem çalışma basıncı değerlerinin bilyeli bağlantı elemanlarına göre daha düşük kalmasına yol açar.

2.1.3.3. Düğmeli Hızlı Bağlantı Elemanları

Düğmeli hızlı bağlantı elemanları, bilyeli ve pimli hızlı bağlantı elemanlarına göre farklı bir kilitleme mekanizmasına sahiptir. Pimli ve bilyeli hızlı bağlantı elemanlarında kilitlemeyi sağlayacak olan makine elemanı (pim, bilye) kapak ve uç gövdesinin arasında sıkışarak kilitlenmeyi sağlarken düğmeli hızlı bağlantı elemanlarında ise düğme parçası akış yönüne göre dik yönde yay kuvveti sayesinde harekette bulunarak kilitlenme ve ayırma sürecini yönetir. Şekil 2.8.'de düğmeli hızlı bağlantı elemanı gösterilmiştir (URL-5).



Şekil 2.8. Düğmeli Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu

Düğmeli hızlı bağlantı elemanlarının kilitleme mekanizması sebebiyle diğer hızlı bağlantı elemanlarına kıyasla daha düşük çalışma basıncına sahip sistemlerde kullanılabilir. Hem kilitleme mekanizmasının farklı olması hem de çalışma basıncı değerinin bilyeli hızlı bağlantı elemanlarından daha düşük olması sayesinde bilyeli hızlı bağlantı elemanlarında görülen brinell etkisi gibi sorunlar meydana gelmemektedir.

Düğmeli hızlı bağlantı elemanlarının diğer hızlı bağlantı elemanlarına göre bir diğer avantajlı durumu ise kilitleme ve ayırma işlemlerinin gerçekleştirilmesinin daha ergonomik olmasıdır. Bağlantının kilitlenmesini sağlamak için uç parçasını sokete doğru eş eksenli bir biçimde ilerletmek yeterli olurken bağlantıyı ayırmak için ise düğmeyi akış yönüne dik olacak şekilde aşağıya doğru hareket ettirmek yeterli olacaktır.

2.1.3.4. Diş Bağlantılı Hızlı Bağlantı Elemanları

Diş bağlantılı hızlı bağlantı elemanları, güvenli bir bağlantının çok önemli olduğu hidrolik sistemler gibi yüksek basınçlı sistemlerde kullanılır. Bu hızlı bağlantılının diş yoluyla gerçekleştirilmesiyle yüksek basınç ve titreşim altında görülebilecek olan ve bağlantının güvenirliliğini azaltan kalıcı deformasyonlar (brinell etkisi) meydana gelmemektedir. Soket ve uç arasındaki bağlantıyı sağlayacak olan dişin seçimi ise sistemin çalışma basıncı, nominal çap gibi faktörlere göre belirlenir. Şekil 2.9.'da dişli hızlı bağlantı elemanı gösterilmiştir (URL-6).



Şekil 2.9. Dişli Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu

Diş bağlantılı hızlı bağlantı elemanlarının diğer hızlı bağlantı elemanlarına göre çalışma basıncı ve bağlantı güvenliği konusunda avantajları bulunurken kilitlenmenin ve ayırmanın gerçekleştirilme hızı gibi konularda ise dezavantajı bulunmaktadır. Diğer hızlı bağlantı elemanlarında kilitlenmenin gerçekleşmesi için ucu sokete doğru eş eksenli bir şekilde geçirmek yeterli olurken diş bağlantılı hızlı bağlantı elemanlarında ise uç ve soket eş eksenli konuma getirildikten sonra diş bağlantısı için erkek parça dişi parçaya doğru kendi ekseni etrafında döndürülerek ilerletilir.

2.1.3.5. Bayonet Tipi Hızlı Bağlantı Elemanları

Bayonet tipi kilitlemeye sahip hızlı bağlantı elemanları, hızlı, güvenli ve pratik bağlantı ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmış endüstriyel bağlantı elemanlarıdır. Bu sistem, iki parçanın birbirine kolayca oturtulup hafif bir dönüş hareketiyle kilitlenmesi prensibine dayanır. Bayonet kilitleme mekanizması, özellikle zaman tasarrufu ve kullanım kolaylığı

gerektiren uygulamalarda büyük avantaj sağlar. Döndürme hareketi ile kilitlenme, bağlantının sağlam bir şekilde yerine oturmasını sağlarken aynı zamanda titreşimli ve zorlayıcı çalışma koşullarında gevşeme riskini ortadan kaldırır. Bu özellikleri sayesinde, hidrolik sistemler, pnömatik hatlar, gaz taşıma sistemleri ve sıvı transfer hatlarında güvenle kullanılmaktadır. Şekil 2.10.'da bayonet hızlı bağlantı elemanı gösterilmiştir (URL-7).



Şekil 2.10. Bayonet Tipi Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi ve Ucu

Bayonet hızlı bağlantı elemanları, genellikle paslanmaz çelik, pirinç veya alüminyum gibi yüksek dayanım ve korozyon direncine sahip malzemelerden üretilir. Bu malzeme seçimi, özellikle kimyasal maddeler, aşındırıcı akışkanlar veya yüksek basınçlı sistemlerde uzun ömürlü kullanım sağlar. Sızdırmazlık özelliği son derece yüksek olan bu bağlantı elemanları, sıvı ya da gaz kaçağı riskini minimize ederek sistem güvenliğini artırır. Ayrıca, bağlantı noktalarındaki sızıntıları engelleyen bu yapı, enerji ve maliyet kayıplarını önleyerek verimliliği destekler. Bağlantı ve sökme işlemlerinin hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, bakım ve montaj süreçlerinde zaman kaybını azaltır ve iş gücünden tasarruf sağlar.

Bu tip hızlı bağlantı elemanları, geniş bir çalışma yelpazesine sahiptir. Hidrolik güç sistemleri, yangın söndürme ekipmanları, kimyasal sıvı transfer hatları, gaz hatları, soğutma sistemleri ve sanayi makineleri bu bağlantı elemanlarının yaygın olarak kullanıldığı alanlardan sadece birkaçıdır. Özellikle yüksek basınç ve sıcaklık altında

çalışan sistemlerde güvenilir bir çözüm sunarak performansı maksimum seviyeye çıkarır. Ayrıca, yanlış montajı önleyecek şekilde tasarlanmış yapısı, kullanıcı güvenliğini de ön planda tutar.

2.2. Korozyon

Korozyon, bir malzemenin çevresel faktörlerle etkileşime girmesi sonucunda temel özelliklerinin zarar görmesi olarak tanımlanır. Sanayi sektörü, korozyonun neden olduğu ekonomik, sağlık, güvenlik, çevresel ve sosyal etkilerle uzun yıllardır mücadele etmektedir. Özellikle endüstriyel metallerin korozyona uğraması, tarihin en eski ve ciddi sorunlarından biridir. Bu süreç, makine arızalarına, işletme maliyetlerinin yükselmesine, verimlilik kaybına, doğal kaynakların israfına, nihai ürün kalitesinin düşmesine ve bakım-onarım masraflarının artmasına yol açarak hem ekonomik hem de operasyonel sorunlara neden olur (Momber, 2024).

Korozyon sürecinin ana faktörü, metallerin çoğunun kendi doğal hallerine dönme eğilimidir. Oksijen ve su, metaller ile temas ettiğinde korozyonun ana iki maddesidir. Metaller kararsız olduğundan ve oksitlenme eğilimi gösterdiğinden, su ve oksijen metalik yüzeyde bulunan anodik bölgeler ve katodik bölgelerle reaksiyona girer. Bu reaksiyon korozyon sürecini, diğer bir deyişle metallerin kaybını başlatır (Momber, 2024).

Korozyonun sonuçları ve dolayısıyla maddi kayıplar o kadar yüksek fiyatlandırılmaktadır ki, bu kayıpların ABD ve İngiltere gibi ülkelerde gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) %3 ila %4'ü kadar olduğu tahmin edilmektedir (Çakır, Progress in the Understanding and Prevention of Corrosion, The Priority of Corrosion and Protetion in the Turkish Economy, 1993). Korozyonun ekonomik etkilerinin yanı sıra sosyal etkileri de vardır ve bunlar endüstrilerde çalışan veya yakın bölgelerde yaşayan insanların güvenliğini ve sağlığını etkiler. Farklı inhibitör türleri vardır ve fosfatlar, nitritler, çinko tuzları, kromatlar ve molibdatlar gibi inorganik korozyon önleyici maddeler, katı çevre ve insan güvenliği düzenlemeleri nedeniyle yumuşak çelik korozyon koruması için artık tercih edilmemekte ve yerini çevre dostu inhibitörlere bırakmaktadır (Çakır, VII. Türk Ekonomisinde Korozyon Kaybının Boyutları ve İrdelemeler, 1985).

Korozyon, mekanizmalarının farkına varılarak, gözlemlenerek ve kontrol edilerek, ayrıca koruma sistemleri, tedaviler uygulanarak ve korozyona dayanıklı malzemeler ve tasarımlar kullanılarak bastırılabilir. Bu nedenle, koruyucu kaplamaların uygulanması, katodik ve anodik korumanın gerçekleştirilmesi, uygun malzeme seçimi ve tasarımı ve inhibitörlerin kullanımı olmak üzere dört temel yöntem, korozyon sürecini en aza indirmek ve önlemek için tipik endüstriyel uygulamalar olarak sıralanabilir.

Endüstrideki korozyon araştırmacıları, mühendisler, akademisyenler ve kimyagerler, zorunlu düzenleyici limitleri, performansı ve maliyeti karşılamak için yeni gözlemler keşfetmek ve geliştirmek için etkin bir şekilde çalışmaktadır. Doğal kaynaklarımızın aşırı kullanılması öncelikle nihai çözüme, artan hammadde fiyatlarının durdurulmasına, çevre açısından güvenli malzemelerin yapılandırılmasına, deşarj akışlarında bozulmalarının hızlandırılmasına ve atık maddelerle değer yaratılmasına yol açabilir. Bunun sonucunda, özellikle tarımsal alanda yetişen doğaya dayalı yenilenebilir kaynakların kullanımına odaklanan yeşil veya çevre dostu teknolojiler geliştirilmiştir. Örneğin, korozyon önleyiciler, boyalar ve korozyona dayanıklı kaplamalar, alaşımlar, pigmentler, kompozitler formüle edilmiş çözümlerden bazılarıdır.

İnhibitörler, metalik yüzeyin maruz kaldığı ortamla veya doğrudan metalik yüzeyle reaksiyona girerek metal yüzeyleri koruyan kimyasal bileşiklerdir. Esas olarak çözelti veya dispersiyon formundadırlar. Ayrıca, bazı koruyucu kaplama formülasyonları inhibitörler içerebilir. İnhibitörler, anodik veya katodik polarizasyon davranışını değiştirerek, iyonların malzeme yüzeyine doğru difüzyonunu veya hareketini önleyerek veya metalik yüzeyin elektrik direncini artırarak korozyon süreçlerini geciktirebilir (Tomashov, 1996).

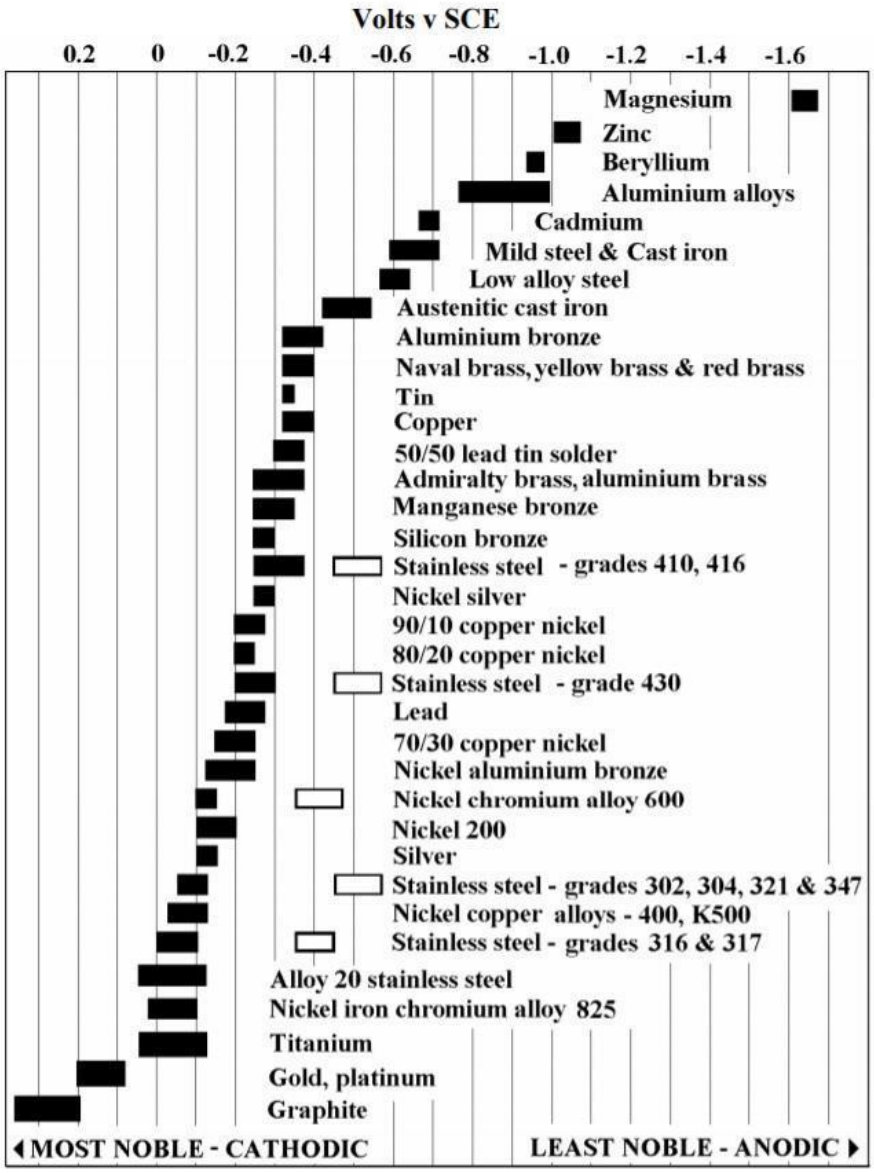
Organik bileşikler, yapılarında genellikle azot, sülfür ve / veya oksijen atomları içeren ve kendilerini metal yüzeyine adsorbe eden çoklu bağlara sahip olmaları nedeniyle endüstride korozyon inhibitörleri olarak kullanılmak üzere çoğunlukla tercih edilmektedir. Bunlar çoğunlukla bir çözelti veya dispersiyon formundadır. Ayrıca, bazı koruyucu kaplama formülasyonları inhibitörler içerebilir. İnhibitörler, anodik veya katodik polarizasyon davranışını değiştirerek, iyonların malzeme yüzeyine doğru difüzyonunu veya hareketini önleyerek veya metalik yüzeyin elektrik direncini artırarak korozyon süreçlerini geciktirebilir (Tomashov, 1996).

2.2.1. Galvanik Korozyon

Galvanik korozyon, elektrolitik korozyon veya metal çifti korozyonu olarak da bilinir ve farklı metallerin aynı elektrolit içinde elektriksel olarak bağlanması sonucu ortaya çıkar. Bu durumda, farklı metallerin elektriksel temasıyla bir galvanik hücre oluşur. Daha yüksek aktiviteye sahip veya korozyona karşı daha az dirençli olan metal, anot olarak davranır ve korozyon oranı artar. Diğer yandan, korozyona karşı daha dayanıklı olan metal katot haline gelir ve korozyonu azalır. Bu korozyon türünün temel sebebi, iki farklı malzeme arasında oluşan elektriksel potansiyel farkıdır ve bu fark, korozyonun ilerlemesini tetikleyen başlıca etkendir (Sotoodeh, Galvanic corrosion, 2022).

Galvanik korozyonun şiddeti, bir dizi faktör veya değişken tarafından belirlenir. Bunlardan ilki, metaller arasındaki bağlantı türüdür. Galvanik korozyon, kaynaklı, somun ve cıvata kullanılarak yapılmış ya da doğrudan temas halinde olan iki metal arasında görülebilir. İkinci önemli etken ise bağlantıların geometrisidir. Örneğin, iki metal arasındaki yüzey alanı oranı veya katodik alanın anodik alana oranı, korozyonun hızını ve şiddetini büyük ölçüde etkiler. Katot boyutu anoda göre büyüdükçe, anodun korozyon oranı artar. Bu nedenle, korozyonu azaltma açısından en uygun çözüm, büyük bir anodun küçük bir katot ile eşleştirilmesidir. Ayrıca, anot ve katot arasındaki mesafe de bağlantı geometrisinin bir unsuru olarak değerlendirilir; bu mesafenin daha kısa olması, galvanik korozyonun daha yoğun gerçekleşmesine yol açar. Yüzeyin şekli ve durumu da geometriyle ilişkili diğer değişkenler arasında yer alır ve korozyonun şiddetini etkileyebilir (Sotoodeh, Galvanic corrosion, 2022).

Galvanik korozyonun şiddeti, çevresel süreç parametrelerine bağlı olarak değişir. Yüksek oksijen konsantrasyonu, düşük pH seviyesi, artan sıcaklık, elektrolitin daha yüksek iletkenliği ve korozif özelliklerinin artması, galvanik korozyonun hızını önemli ölçüde artırır. Bu durumu etkileyen bir diğer faktör ise elektrot potansiyelidir. Her metalin kendine özgü bir elektriksel potansiyeli vardır ve iki metal arasındaki potansiyel fark ne kadar büyükse, galvanik korozyon o kadar hızlı ve yoğun gerçekleşir. Bu nedenle, malzeme seçimi ve çevresel koşulların dikkatle kontrol edilmesi korozyonun etkilerini en aza indirmede kritik rol oynar (Hussain, Verma, Aslam, Galvanic corrosion, 2023).



Şekil 2.11. Galvanik Tablosu

Magnezyum, çinko ve alüminyum gibi kolayca korozyona uğrayan anodik veya aktif metaller, galvanik serilerde üst sıralarda yer alır. Buna karşılık, grafit, altın ve gümüş gibi katodik veya daha az aktif metaller ise listenin alt kısmında bulunur. Alt sıralarda yer alan bu metaller, yüksek elektriksel potansiyele sahip olduklarından "soy metaller" olarak adlandırılır ve korozyona karşı daha dirençlidirler. Bu sıralama, metallerin elektrokimyasal reaktivitesine dayanır ve galvanik korozyon riskini değerlendirmek için kritik bir rehber niteliği taşır (Sotoodeh, Galvanic corrosion, 2022).

Metal çifti korozyonu için aşağıdaki üç gereklilikten herhangi biri önlenirse, metal çifti veya galvanik korozyon önlenebilir:

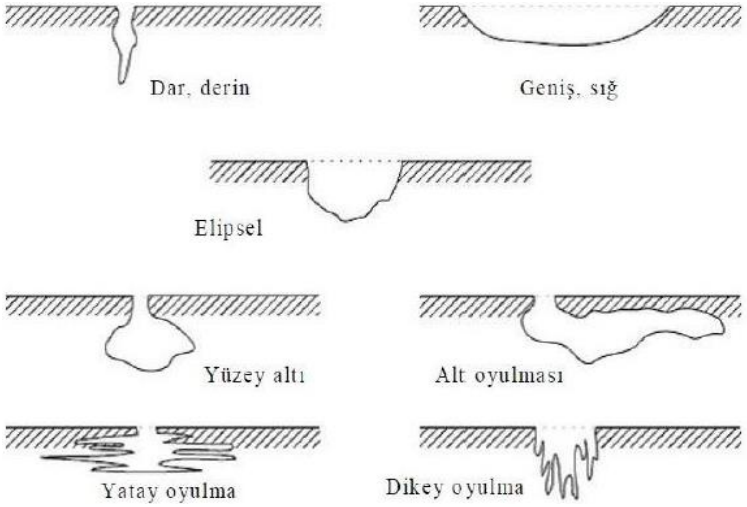
- Farklı anodik indekslere sahip elektrokimyasal olarak birbirine benzemeyen metaller
- Birbirine benzemeyen metaller elektriksel temas halinde olmalıdır.
- Metal iyonlarının anodikten katodiğe geçmesi için metallerin elektrolite maruz kalması gerekir

2.2.2. Çukur Korozyonu

Korozyonun en ciddi türlerinden biri olan çukur korozyonu, gerilme korozyonuna maruz kalan yapılarda küçük boşluklar veya oyuklar oluştuğunda meydana gelir. Bu durum, çelik, demir ve hidrolik yapılarda ciddi hasarlara neden olabilir. Ayrıca, su borularında delikler oluşmasına yol açarak sistem arızalarına sebebiyet verebilir. Yapının genel bütünlüğü bozulmasa bile, çukurlaşmanın kalan sağlam malzeme üzerindeki olumsuz etkileri, yapının beklenen dayanımını azaltabilir. Bu nedenle, çukur korozyonu malzeme güvenliği ve dayanıklılığı açısından büyük bir tehlike oluşturur (Zhu, Yan, Qiao, & Volinsky, 2013).

Çukur korozyonunda oluşan çukurlar genellikle zamanla oluşur ve bu süreç, metalin türü ve çevresel koşullara bağlı olarak değişir. Çukurlar, yerçekimi etkisiyle büyüyerek metal yüzeyini derinlemesine oyma eğilimi gösterir. Bu boşluklar genellikle iç yüzeyi parlak, yarı küresel, düzensiz veya kristal yüzeylerden oluşan şekillerde olabilir. Ayrıca, kristalografik veya tane yönlenmesi gösteren farklı geometrilerde de görülebilir. Bu şekiller, korozyonun etkisini artırarak malzemenin dayanıklılığını azaltabilir (Hussain, Verma, Aslam, Pitting corrosion, 2023).

Elektrokimyasal depasivasyon veya çukurlaşma, yalnızca belirli bir potansiyel değeri aşıldığında ortaya çıkar. Bu potansiyel, çukurlaşma potansiyeli (Ep) olarak bilinir ve çukurlaşma yalnızca bu potansiyelin üzerinde gerçekleşir. Potansiyel bu seviyenin altında olduğunda, metal, çevresel faktörlere uzun süre maruz kalsa bile herhangi bir çukurlaşma meydana gelmez (Galvele & Begum, 2016).



Şekil 2.12. Çukur Korozyonu Çeşitleri

Öte yandan, E_p'in üzerinde çukurlaşma hemen başlayacaktır. Klorür çözeltilerindeki alüminyumda olduğu gibi veya paslanmaz çeliklerde olduğu gibi kısa bir indüksiyon süresinden sonra. Bu çukurlaşma potansiyeli, ortamın bileşiminin, sıcaklığın, alaşımın bileşiminin ve benzerlerinin bir fonksiyonudur.

Çukur korozyonu riski söz konusu olduğunda, bu sorunu çözmek için birkaç farklı yaklaşım kullanılabilir. Tasarım aşamasında, çukur korozyonuna dayanıklı alaşımların tercih edilmesi etkili bir çözümdür. Eğer uygun alaşımlar kullanılmak mümkün değilse veya ekonomik nedenlerle tercih edilemiyorsa, korozif ortamın kontrol altına alınması diğer bir seçenek olabilir. Bu, çevresel koşulların optimize edilmesi veya koruyucu kaplamaların kullanılması gibi farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilir (Hussain, Verma, Aslam, Pitting corrosion, 2023).

Çukur korozyonu üç farklı şekilde önlenebilir:

- Agresif anyon konsantrasyonunun kontrolü veya inhibitörlerin kullanımı yoluyla korozif ortamda bir değişiklik yaparak.
- Elektrot potansiyelinin uygun bir şekilde kontrol edilmesiyle. Çukurlaşma potansiyelinin altında çukur yayılımı bulunmaz.
- Uygun bir malzeme seçimi ile. Bazı alaşım elementleri çukurlaşmaya karşı direnci artırır. Örneğin paslanmaz çeliklerdeki molibden için durum böyledir.

2.2.3. Taneler Arası Korozyon

Taneler arası korozyon, özellikle paslanmaz çeliklerde sık karşılaşılan bir korozyon türüdür ve bir dizi faktörden etkilenir. Alaşımın kimyasal bileşimi bu faktörler arasında önemli bir rol oynar. Krom, nikel ve molibden gibi elementlerin oranları, malzemenin korozyona karşı direncini belirler. Krom karbürlerinin tane sınırlarında birikmesi, bu bölgelerde krom seviyesinin azalmasına neden olarak korozyon riskini artırır. Isıl işlem sırasında oluşan karbür çökelmeleri de kromun tüketilmesine yol açarak taneler arası bölgeleri daha savunmasız hale getirebilir. Çevresel faktörler, özellikle ortamın pH değeri, sıcaklık ve nem oranı, korozyonun hızını ve şiddetini etkiler. Asidik veya bazik ortamlarda korozyon daha hızlı ilerler (Hussain, Verma, Aslam, Intergranular corrosion, 2023).

Ayrıca, malzemenin mikroyapısal özellikleri de korozyon direncini etkileyen önemli bir faktördür. Heterojen yapılar ve ince taneli mikroyapılar, daha fazla tane sınırına sahip olduğundan, korozyona karşı daha duyarlıdır. Paslanmaz çeliklerdeki yüzeyde bulunan pasif tabaka, malzemenin korozyona karşı doğal bir koruma sağlar. Ancak bu tabakanın zayıflaması veya zarar görmesi, korozyonun hızlanmasına neden olabilir. Tane sınırlarında biriken krom karbürler, bu bölgelerde mekanik zayıflık ve kimyasal bozulmaya yol açarak taneler arası korozyonu tetikleyebilir. Ayrıca, yüzeydeki yabancı maddeler, oksit tabakaları ve kirler de korozyonun başlamasına veya hızlanmasına neden olabilir. Bu nedenle, yüzeyin doğru bir şekilde temizlenmesi ve korunması oldukça önemlidir. Tüm bu faktörler bir araya geldiğinde, malzemenin taneler arası korozyona karşı direncini belirleyen temel unsurlardır ve doğru malzeme seçimi ile işleme tekniklerinin kritik rol oynadığını ortaya koyar. (Hussain, Verma, Aslam, Intergranular Corrosion, 2023).

Taneler arası korozyonun etkisini azaltmak için çeşitli yöntemler mevcuttur:

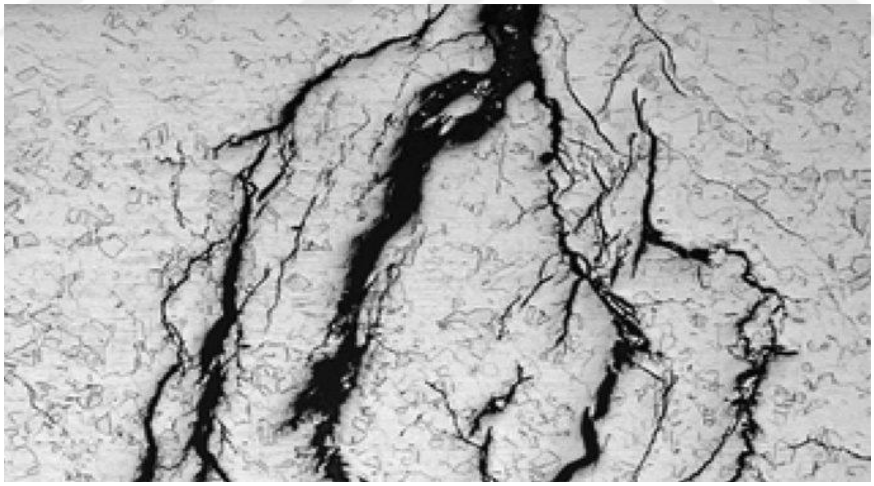
- Düşük karbon içeriğine sahip alışımlar (örneğin 304L veya 316L), karbon karbür oluşumunu ve dolayısıyla taneler arası korozyonu azaltır.
- Stabilize edilmiş malzemeler kullanmak taneler arası korozyonu azaltır. Örneğin titanyum (Ti) veya niyobyum (Nb) gibi elementler ilave edilerek stabilize edilmiş

paslanmaz çelikler kullanılabilir. Bu elementler, karbonla birleşerek krom karbür oluşumunu engeller.

- Korozyonu hızlandıran aşırı nem, asidik veya bazik ortamlar gibi çevresel koşullardan kaçınılmalıdır. Çevre koşulları kontrol edilerek korozyon riski azaltılabilir.
- Korozyonu inhibe eden kimyasal maddeler, koruyucu ortamlar oluşturmak için kullanılabilir. Bu kimyasallar, malzemenin yüzeyinde koruyucu bir film oluşturarak korozyonu önler.

2.2.4. Gerilim Korozyonu

Gerilim korozyonu, uygulanan sabit gerilmelerin ve korozif ortamların duyarlı bir malzeme üzerindeki birleşik etkisi nedeniyle meydana gelir. Korozif bir ortamda meydana gelen bu gerilmeler, malzemenin yüzeyinde ince kılcal çatlakların oluşmasına neden olur ve bu çatlaklardan korozyon malzemenin içine doğru ilerleyebilir. Gerilimli korozyon, özellikle yüksek mukavemetli alaşımlar, paslanmaz çelikler ve bazı alüminyum alaşımları gibi malzemelerde yaygındır (Uhlig, 1971).



Şekil 2.13. Gerilim Korozyonu Çatlağı

Gerilim korozyonu etkileyen faktörler arasında malzemenin kimyasal bileşimi, çevresel koşullar (örneğin, klorür iyonları, sıcaklık, pH değeri ve nem oranı), uygulanan çekme gerilmeleri, ısıl işlemler ve malzemenin mikroyapısı bulunur. Malzemenin bileşimi ve mikroyapısı, gerilimli korozyona karşı direnci belirlerken, çevresel koşullar ve gerilmeler çatlak oluşumunu teşvik eder. Özellikle, yüksek mukavemetli alaşımlar ve paslanmaz

çelikler gibi malzemeler, bu faktörlere bağlı olarak gerilimli korozyona daha duyarlı olabilir (Uhlig, 1971).

Gerilim korozyonundan korunmak için uygun malzeme seçimi, çekme gerilmelerinin azaltılması, koruyucu kaplamaların uygulanması, kimyasal inhibitörlerin kullanımı, çevresel koşulların kontrolü, uygun ısıl işlemlerle mikroyapının optimize edilmesi, katodik koruma yöntemlerinin uygulanması ve düzenli bakım ile inceleme yapılması önemlidir. Bu yöntemler, malzemeyi korozif ortamlardan izole ederek veya direncini artırarak gerilmeli korozyonun oluşumunu engeller ve malzemenin ömrünü uzatır.

2.2.5. Uniform Korozyon

Korozyonun en temel şekli olan uniform veya genel korozyon, en yaygın ve en çok hasara yol açan korozyon türüdür. Uniform veya genel korozyon, bir alaşımın tüm yüzeyinde eşit şekilde ilerleyen korozyon hasarını ifade eder. Bu tür korozyon, maruz kalan yüzeyin tamamında veya geniş bir alanda kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda meydana gelen metal kaybıyla karakterize edilir. Sürekli korozyon sonucu malzeme, kalınlığı hasarın olduğu noktaya kadar azalıncaya kadar incelir. Bu durum, malzemenin korozyon hızını birim zaman başına metal kalınlığı kaybı cinsinden tanımlamayı sağlar (Vargel, 2020).

Uniform korozyonu önlemek veya yavaşlatmak için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Metal yüzeyine koruyucu kaplamalar, boya, galvaniz veya vernik gibi malzemeler uygulanarak çevresel faktörlerle teması azaltılır. Korozyon inhibitörleri eklenerek kimyasal reaksiyonlar yavaşlatılır. Pasivasyon işlemiyle metal yüzeyine ince bir oksit tabakası oluşturularak koruyucu bir bariyer sağlanır. Katodik koruma yöntemi ile daha aktif bir metal kullanılarak veya dış bir elektriksel potansiyel uygulanarak korozyon önlenir. Bunun yanı sıra, korozyona dayanıklı malzemelerin tercih edilmesi, çevresel koşulların kontrol altına alınması, düzenli bakım ve temizlik yapılması, ortam pH seviyesinin kontrolü ve su veya kimyasal birikimini önleyecek tasarım değişiklikleri gibi yöntemler de korozyon riskini azaltmada etkilidir. Bu yöntemlerin bir arada kullanımı, uniform korozyonu etkili bir şekilde önlemeye veya yavaşlatmaya yardımcı olur (Lazzari, 2017).

2.2.6. Çatlak Korozyonu

Çatlak korozyonu, metal yüzeylerde çatlaklar, boşluklar, perdeler veya birikintilerin oluşmasıyla gerçekleşen bir lokal korozyon türüdür. Aynı zamanda aralıklı korozyon veya tortu altında korozyon olarak da adlandırılır. Bu tür korozyon genellikle göz ardı edilir, ancak erken bileşen arızalarına yol açma potansiyeli nedeniyle ciddi bir tehdit oluşturur. Korozyona karşı dirençli metaller, titanyum, paslanmaz çelik ve alüminyum gibi bu tür korozyondan sıkça etkilenir. Ayrıca, cıvatalar, dişler ve bağlantı noktaları gibi küçük boşluklar veya yarıklar bu tür atakların hedefi olabilir. Pasif bir ortamda oksijen eksikliği, çatlak korozyonunun oluşumunu hızlandırabilir (Hussain, Verma, Aslam, Crevice corrosion, 2023).

Çatlak korozyonu, özellikle kimyasal, petrokimyasal ve gıda işleme süreçlerinde metalin deniz suyuna veya klorür içeren çözeltilere maruz kalmasıyla ortaya çıkar. Bu durum, ekipman arızalarına veya sıvıların kirlenmesine yol açabilir. Ayrıca, gerilim korozyon çatlağı riskini artırabilir. Çatlak korozyonunu önlemek için korozyona dayanıklı malzemeler tercih edilmeli, metal yüzeyler koruyucu kaplamalarla kaplanmalı, gerilim birikimini azaltacak tasarım değişiklikleri yapılmalı ve çevresel faktörler (nem, tuz gibi) kontrol altında tutulmalıdır. Düzenli bakım ve inceleme süreçleri de metalin dayanıklılığını artırarak çatlak korozyonunu önlemeye yardımcı olur (Sotoodeh, Crevice corrosion, 2022).

2.3. Hızlı Bağlantı Elemanlarında Kullanılan Farklı Türdeki Malzemelerin Korozyon Dayanımı

Hızlı bağlantı elemanları, farklı sektörlerde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Tarım, petrol ve doğalgaz, madencilik gibi alanların yanı sıra, kimya ve gıda üretimi gibi endüstrilerde de önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler çeşitli akışkan türlerinin ve zorlu ortam koşullarının gerekliliklerine uyum sağlamak üzere tasarlanmıştır. Özelikle bazı durumlarda, özel sıvılar, gazlar, yağlar gibi akışkanların güvenilir bir şekilde taşınması gerekmektedir. Bu nedenle, hızı bağlantı elemanlarını oluşturan alt ürünlerin taşıdıkları akışkanlar ile uyumlu malzemelerden üretilmesi gerekir. Kimyasal akışkanların güvenle taşınması için kaplinin yapısal bütünlüğü korunmalı ve kullanılan malzemeler bu tür akışkanlarla uzun süreli temas durumunda dayanıklı olmalıdır.

Ayrıca, akışkanın sistem içinde sürekli hareket içerisin olup olmayacağı veya uzun süre sabit kalıp kalmayacağı da tasarım sürecinde dikkate alınmalıdır. Çünkü akışkanın malzeme ile uzun süre teması, özellikle yüksek basınç, sürtünme ve ısıl koşullar altında çeşitli kimyasal ve fiziksel reaksiyonlara yol açabilir. Bu durum, sistemin güvenirliğine ve performansına kötü yönde etki yapabilir. Tüm bu koşullar göz önüne alındığında hızlı bağlantı elemanı tasarlanırken kullanılan malzemelerin kimyasal dayanıklılık, sıcaklık direnci ve mekanik sağlamlık gibi özellikleri titizlikle değerlendirilmelidir. Hızlı bağlantı elemanının çalışacağı koşulların detayı bir şekilde analiz edilmesi, sistemin güvenli ve verimli çalışmasının sağlamak için kritik öneme sahiptir.

Hızlı bağlantı elemanlarının seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden biri, korozyona maruz kalma durumunun analiz edilmesidir. Korozyonun hızlı bağlantı elemanlarına verebileceği zarar, kullanım ortamına bağlı olarak oldukça değişkenlik gösterebilir. Bazı uygulamalarda korozyon çok yavaş bir şekilde ilerlerken, daha agresif koşullarda bu süreç oldukça hızlı bir şekilde gerçekleşebilir. Bununla birlikte, farklı malzemelerden üretilmiş parçaların bir arada kullanılması, galvanik korozyon gibi istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Hızlı bağlantı elemanlarının hem uzun ömürlü hem de sızıntı yapmadan çalışabilmesi için taşıdıkları sıvının sızdırmazlık elemanıyla uyumlu olması çok önemlidir. Bu nedenle, bu hızlı bağlantı elemanlarının tasarım ve üretim aşamalarında yüksek güvenlik ve kaliteyi garanti altına almak için çeşitli unsurlar göz önüne alınmalıdır. Bu unsurlar arasında çalışma şartları, sistemin maruz kalacağı çevresel etkiler ve kullanılacak malzemenin özellikleri gibi faktörler yer alır.

Hızlı bağlantı elemanları sektöründe karbon çeliği, paslanmaz çelik, pirinç, alüminyum vb. birçok malzeme kullanılmaktadır.

Pirinç malzemeler, hızlı bağlantı elemanları sektöründe korozyon direnci, estetik görünüm ve kolay işlenebilirlik avantajları sunar. Bakır ve çinko alaşımı olan pirinç, özellikle düşük maliyetli çözümler arayan uygulamalarda tercih edilir. Kimyasal saldırılara karşı dayanıklılığı ile öne çıkan bu malzeme, ayrıca iyi bir elektrik iletkenliğine sahiptir. Sıvı ve gaz taşıyan bağlantılarda, düşük ve orta basınçlı sistemlerde güvenilir performans gösterir. Pirinç malzemeler, dayanıklılığı ve estetik görünümüyle birlikte, çeşitli endüstriyel uygulamalarda uzun ömürlü çözümler sunar. Şekil 2.14'de çinkosuzlaşma eğilimi görülen hızlı bağlantı elemanı gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Çinkosuzlaşma Eğilimi Gösteren Pirinç Hızlı Bağlantı Elemanı Soketi

Paslanmaz çelik malzemeler, hızlı bağlantı sektöründe dayanıklılık ve üstün korozyon direnci gerektiren uygulamalarda tercih edilir. Özellikle kimyasal, petrokimya, gıda ve ilaç endüstrilerinde hijyen standartlarının önemli olduğu durumlarda paslanmaz çelik ideal bir malzemedir. Bu malzemeler, agresif kimyasallara, aşırı sıcaklıklara ve zorlu çevresel koşullara karşı dayanıklılık sağlar. Hidrolik sistemlerde yüksek basınca dayanırken, gıda ve içecek sektöründe sıvıların güvenli taşınmasını sağlar. Paslanmaz çeliğin uzun ömürlü, sağlam ve estetik yapısı hem endüstriyel hem de özel uygulamalarda güvenilir kılmaktadır.



Şekil 2.15. Korozyona Uğramış Karbon Çelik Grubu Hızlı Bağlantı Elemanı Alt Ürünü

Karbon çelik malzemeler, hızlı bağlantı sektöründe sağlamlığı, yüksek mekanik dayanımı ve ekonomik maliyeti ile öne çıkar. Genellikle aşırı basınç veya yüksek mukavemet gerektiren endüstriyel uygulamalarda tercih edilir. Hidrolik sistemlerde, madencilik ekipmanlarında, ağır iş makinelerinde ve zorlu çalışma koşullarına maruz kalan bağlantılarda karbon çelik yaygın olarak kullanılır. Korozyon direncini artırmak için genellikle yüzey kaplamaları (örneğin, galvanizleme) uygulanır. Dayanıklılık ve maliyet avantajını bir arada sunması, karbon çeliği endüstride önemli bir seçenek haline getirir. Şekil 2.15 ve Şekil 2.16 'da korozyona maruz kalmış karbon çelik malzemeli hızlı bağlantı elemanları gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Korozyona Uğramış Hızlı Bağlantı Elemanı Alt Ürünü

Alüminyum alaşımı malzemeler, hızlı bağlantı elemanları sektöründe hafifliği ve korozyon direnci ile öne çıkarak birçok uygulama alanında tercih edilmektedir. Bu malzeme, özellikle taşınabilirlik gerektiren ekipmanlarda ve korozyona karşı dayanıklılığın önemli olduğu sistemlerde büyük avantaj sağlar. Pnömatik sistemlerde hava bağlantıları için hafif ve dayanıklı çözümler sunarken, hidrolik sistemlerde düşük ve orta basınçlı uygulamalarda kullanılabilir. Ayrıca, kimyasal ve endüstriyel uygulamalarda, uygun kaplamalarla birlikte, sıvı ve gaz taşıyan bağlantılarda uzun ömürlü ve güvenilir bir performans sergiler. Alüminyum alaşımlarının sağladığı bu özellikler, maliyet etkinliği ve çevresel dayanıklılık ile birleşerek, sektörde hem kullanıcılar hem de üreticiler için ideal bir çözüm sunmaktadır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Hızlı bağlantı elemanları ile ilgili yapılan çalışmalar araştırıldığında korozyon dayanımı ile ilgili yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durumdan dolayı incelenen çalışmalar hızlı bağlantı elemanları ve malzeme korozyon dayanımları ile ilgili olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

3.1. Hızlı Bağlantı Elemanları İlgili Yapılan Çalışmalar

Coşkuntuna B. ve diğerleri, bilyeli hızlı bağlantı elemanlarında uç ve soket kilitli pozisyondayken sistemin çalışma basıncı altında uğradıkları deformasyonu incelemişlerdir. Bilyenin uç ve soket üzerinde bıraktığı deformasyonun değeri sistem basıncı ile doğru orantılı bir ilişki içerisinde olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre ISO 7241-B hızlı bağlantı elemanında, 200 bar basınç altında düşük miktarda hasar gözlemlenmiş, 750 bar basınçta ise bağlantı elemanı tamamen kullanılamaz hale gelmiştir. Hasar, bilyelerin temas ettiği iç parçanın oyuklarında oluşmuş ve bu bilyelerin takıldığı deliklerin bulunduğu kesitte kopmalar meydana gelmiştir. Ayrıca, kapak parçasında bilyelerin temas ettiği bölgelerde ezilme tespit edilmiştir (Coşkuntuna & Kibar, 2023).

Finesso ve Rundo, bir hızlı bağlantı elemanındaki basınç tahliye vanasının akış özelliklerini incelemiş ve poppet valf geometrisine göre akış davranışını tahmin eden dinamik bir model geliştirmiştir. Araştırma, yay ayarı, poppet koni açısı, deflektör geometrisi ve poppet valften uzaklığın etkilerini kapsamaktadır. Dinamik bir ağ modeli ile 3D sayısal bir çalışma deneylerle doğrulanmıştır. Son olarak, model için götürü parametre analizi gerçekleştirmişler ve modelin geçici akış koşulları altında da geçerli olduğunu iddia etmişlerdir. Deflektör derinliğinin, deflektör mesafesi ve koni açısının aksine akış kuvvetinin dengelenmesini önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur. Böylece, hızlı bağlantı elemanının dinamik davranış modellemesi gerçekleştirilmiştir (Finesso & Rundo, 2017).

Gharebaghi ve diğerleri, sulama için kullanılan bir hızlı kaplin üzerinde basınç düşümünü azaltmak için sayısal simülasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Daha sonra, valf yüzeyindeki delikleri, valf yatağı, valf contası ve sızdırmazlık elemanları gibi çeşitli valf bileşenlerini dikkate alarak bir tasarım çalışması gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, çeşitli k-ε tabanlı

türbülans modellerinin sonuçlarını deneysel verilerle karşılaştırmışlar ve standart k-ε türbülans modeli sonuçlarının deneylerle en iyi uyum sağlayan veriler olduğunu göstermişlerdir. Parametrik çalışmanın sonuçlarına göre, yeni bir tasarım önermişler ve baş düşüşü yoluyla kayda değer bir ilerleme elde etmişlerdir. Böylelikle, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) tekniklerini kullanarak daha düşük bir basınç düşümü ile yeni bir hızlı kaplin tasarımı elde ettiler (Gharebaghi, Ahmadi, Hemmati, & Rezaverdinejad, 2021).

3.2. Malzemelerin Korozyon Dayanımıyla İlgili Çalışmalar

Diğer çalışmada ise farklı döküm teknolojileri ile üretilen CW511L (CuZn38As) kurşunsuz pirinç mikroyapı, mekanik özellikler ve korozyon direnci açısından karşılaştırılmıştır. Mikroyapısal analiz sonuçları, farklı katılaşma hızı ve katkı maddelerinin mikroyapıda meydana getirdiği farklı faz kompozisyonu ve morfolojisinin numunelerin mukavemet ve sertlik değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Araştırma, alaşım elementlerinin etkisinden ziyade döküm üretiminin kalitesine odaklanmıştır. Ağırlıkça %0 ila 1,2 alüminyum ve kalay-kurşun ilavesinin pirinç matrisindeki çinkosuzlaşma eğiliminin çözümü için önemli bir etkiye yol açtığı bildirilmiştir. Buna ek olarak, ağırlıkça %0,033 arseniğin çinkosuzlaşma eğilimi üzerinde kalay ve alüminyuma göre daha büyük bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, arsenik içeriği daha da arttıkça, korozyon sadece numunelerin yüzeyinde gerçekleşmiştir (Janusz, Marcin, & Garbacz-Klempka, 2019).

Diğer bir çalışmada ise çelik numuneler üzerinde farklı çap ve derinliklerde açılan delikler, taramalı elektron mikroskop (SEM) kullanılarak görüntülenmiştir. Elde edilen bu görüntüler MATLAB programı yardımıyla analiz edilerek, derinlikler piksel biriminde ölçülmüştür. Aynı numuneler korozif bir ortamda bekletilerek korozyon süreci başlatılmış ve bu süreç sonunda oluşan oyuklar da SEM ile fotoğraflanmıştır. MATLAB yardımıyla yapılan görüntü işleme teknikleri kullanılarak oyukların derinlikleri belirlenmiş ve bu ölçümler gerçek derinlik değerleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, görüntü işleme yöntemiyle elde edilen derinliklerin, gerçek derinliklerle en fazla %6,5'lik bir bağıl hata oranına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. (Kılınç, 2009)

4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Malzeme

Hızlı bağlantı elemanları sektöründe kullanılan malzeme çeşitliliği oldukça fazladır. Farklı sektörlerde kullanılan hızlı bağlantı elemanlarının üretiminde kullanılan malzemeler, performans, dayanıklılık, maliyet, korozyon direnci ve kullanım kolaylığı gibi faktörlere göre seçilir. En çok tercih edilen malzemeler arasında pirinç, karbon çelikler, paslanmaz çelikler ve alüminyum alaşımları gelmektedir. Bu malzemeler, bağlantı elemanlarının kullanım ömrümü ve güvenilirliğini doğrudan etkileyen temel unsurlardır.

4.1.1. Pirinç Malzemeler

Pirinç malzemeler, hızlı bağlantı elemanları sektöründe sıklıkla tercih edilmektedir. İşlenebilirlik, korozyon direnci ve dayanıklılık gibi öne çıkan özellikleriyle pnömatik, hidrolik ve su sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Pirinç malzemenin su ve hava ile çalışan ortamlarda gösterdiği korozyon direnci sayesinde hızlı bağlantı elemanlarının yanı sıra musluk, vana gibi diğer bağlantı elemanları sektörlerinde de kullanılır. Su ve havaya karşı gösterdiği korozyon direncinin yanı sıra mekanik dayanımının da iyi olması pirinç malzemenin hidrolik sistemlerde kullanılmasının önünü açmaktadır.

Pirinç, bakırın sünekliği ve çinkonun sertliği sayesinde oldukça dayanıklı bir malzemedir. Kolay işlenebilirliği, pirinç malzemeden karmaşık tasarımların ekonomik ve hızlı bir şekilde üretilmesine olanak tanır. Aynı zamanda iyi bir elektrik ve ısı iletkenliği sağladığı için termal ve elektriksel uygulamalarda da kullanılır. Pirinç, estetik açıdan parlak sarı rengi ile dekoratif kullanım için de tercih edilir. Ancak aşırı yüksek basınç ve mekanik zorlanma gerektiren uygulamalarda çelik gibi daha güçlü malzemeler tercih edilmelidir. Bununla birlikte, düşük basınçlı uygulamalar ve korozyona maruz kalan ortamlar için pirinç hem maliyet hem de performans açısından çok uygun bir malzemedir (Tuck, Powell, & Nuttall, 2010).

Tablo 4.1. CW602N ve CW614N Kimyasal Bileşim Tablosu

Element	CW614N	CW602N
Bakır (Cu)	57-59	62-63
Çinko (Zn)	Kalan (40-42)	Kalan (34.5-36)
Kurşun (Pb)	2.5-3.5	1.6-2.5
Demir (Fe)	Max 0.1	Max 0.1
Arsenik (As)	-	0.02-0.06
Diğer (Ni – Al)	Max 0.3	Max 0.3

Bu çalışmada CW602N ve CW614N olmak üzere 2 farklı türde pirinç malzeme kullanılmıştır. Tablo 4.1'de pirinç malzemelerin kimyasal bileşimleri verilmiştir.

CW602N, %36 çinko, %2 kurşun ve eser miktarda arsenik içeren bir pirinç alaşımıdır. Arsenik, özellikle çinkosuzlaşma eğilimine karşı koruma sağlamak amacıyla eklenmiştir. Çinkosuzlaşma eğilimi, çinko içeren alaşımlarda korozyon sonucu çinkonun dışarı çözünmesiyle bakırın geride kalması durumudur ve pirinç malzemelerde dayanımı ciddi şekilde düşürebilir. CW602N, arsenik katkısı sayesinde bu tür korozyon mekanizmalarına karşı daha yüksek direnç gösterir (Tuck, Powell, & Nuttall, 2010). Bu nedenle, deniz suyu, nemli ortamlar veya kimyasal maddelere maruz kalan sistemlerde tercih edilen bir malzemedir. Özellikle su tesisatları ve boru sistemlerinde güvenle kullanılır.



Şekil 4.1. CW602N Deney Numunesi

CW614N ise daha yaygın olarak kullanılan bir pirinç alaşımıdır ve işlenebilirlik açısından mükemmel özellikler sunar. İçeriğinde %39 çinko ve %3 kurşun bulunur. Yüksek işlenebilirliği, seri üretim ve CNC işlemleri gibi alanlarda büyük avantaj sağlar (Monka, Monkova, Pantazopoulos, Toulfatzis, & Papadopoulou, 2023). Ancak, CW614N'de arsenik bulunmadığı için, çinkosuzlaşma eğilimine karşı direnci CW602N kadar iyi değildir. Bu durum, özellikle nemli veya su ile temas eden ortamlarda daha düşük korozyon direncine neden olabilir. Kuru ve kapalı ortamlar ya da düşük nemli koşullarda CW614N'in performansı gayet yeterli olabilir, ancak CW602N'ın korozif ortamlardaki üstün performansına kıyasla CW614N daha sınırlıdır. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de CW614N ve CW602N malzemelerin deney numuneleri gösterilmiştir.



Şekil 4.2. CW614N Deney Numunesi

4.1.2. Otomat Çeliği

Pirinç malzemelerin yanı sıra hızlı bağlantı elemanları sektöründe kullanılan diğer bir malzeme otomat çeliğidir. 11SMnPb30 düşük karbonlu çelik grubuna ait bir malzeme olup, özellikle düşük mukavemet ve yüksek süneklik gerektiren uygulamalarda tercih edilmektedir. Bu malzeme, %0.07-0.13 aralığında karbon içeriği ile karakterize edilir, bu da onu oldukça sünek ve kolay işlenebilir hale getirir. Düşük karbon içeriği sayesinde, CNC tezgahlarında ve diğer şekillendirme işlemlerinde yüksek hassasiyetle işlenebilir. Bu özellikleri nedeniyle 11SMnPb30, hızlı bağlantı elemanları sektöründe sıkça kullanılır. Hızlı bağlantı parçalarının genellikle karmaşık geometrilere sahip olması

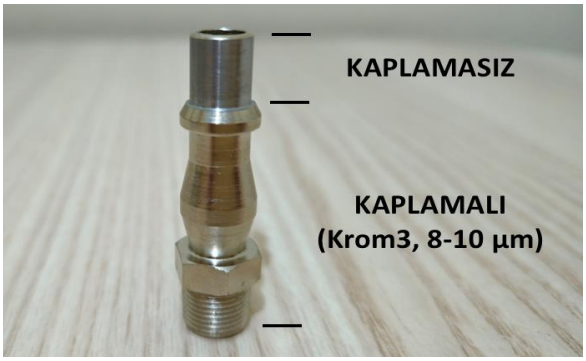
gerektiği için bu malzemenin işlenebilirliği, endüstri açısından önemli bir avantaj sağlar (Korkmaz, 2015). Tablo 4.2'de 11SMnPb30 malzemenin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 4.2. 11SMnPb30 Kimyasal Bileşim Tablosu

Element	1.0718 (11SMnPb30)
Karbon (C)	0.14-0.2
Mangan (Mn)	1-1.5
Kükürt (S)	0.24-0.33
Fosfor (P)	Max 0.11
Demir (Fe)	Kalan

11SMnPb30 çelik, düşük mukavemetli bir malzeme olmasına rağmen, şekillendirilebilirliği oldukça yüksektir. Soğuk şekillendirme ve bükme işlemlerine karşı dayanıklı olması, onu hızlı bağlantı parçalarının üretiminde ideal kılar. Aynı zamanda, yüksek süneklik özelliği sayesinde, darbe altında kırılma veya çatlama riski daha düşüktür. Bu çelik türü, bağlantı elemanları ve diğer mekanik parçaların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 4.3'de 11SMnPb30 deney numunesi gösterilmiştir.

Ancak, 11SMnPb30 malzemesinin korozyon dayanımı oldukça sınırlıdır. Dış etkenlere karşı dirençsiz olması nedeniyle, korozyon riskine açık ortamlarda kullanılacaksa genellikle yüzey işlemlerine tabi tutulur. Bu yüzey işlemleri arasında galvanizleme, fosfatlama veya kaplama gibi yöntemler bulunur. Bu işlemler, malzemenin ömrünü uzatır ve korozyona karşı daha dayanıklı hale getirir. Isıl işlem ile sertleştirilemeyen 11SMnPb30, yüzey sertleştirme yöntemleri ile aşınmaya karşı daha dayanıklı bir yüzey kazanabilir, bu da onu daha zorlu mekanik koşullarda kullanılabilir hale getirir.



Şekil 4.3. 11SMnPb30 Deney Numunesi

4.1.3. AISI 420

AISI 420, martensitik paslanmaz çelik sınıfına ait bir malzemedir ve özellikle yüksek mukavemet, aşınma direnci ve sertlik gerektiren uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Hızlı bağlantı elemanları sektöründe de bu özellikleri sayesinde sıkça tercih edilmektedir. AISI 420, %12-14 krom içeriği ile paslanmazlık özelliğine sahipken, karbon içeriği (%0.15-0.40) ile martensitik yapısına katkıda bulunur. Bu yapısı, malzemenin hem iyi bir korozyon direnci sunmasını hem de ısıl işlem ile sertleştirilebilmesini sağlar. Hızlı bağlantı uygulamaları genellikle dayanıklı ve güvenilir bağlantı elemanlarına ihtiyaç duyduğundan, AISI 420 bu gereksinimlere mükemmel bir çözüm sunar (El-Tamimi & El-Hossainy, 2007).

Tablo 4.3. AISI 420 Kimyasal Bileşim Tablosu

Element	AISI 420
Karbon (C)	0.15-0.4
Krom (Cr)	12-14
Mangan (Mn)	Max 1
Silisyum (Si)	Max 1
Fosfor (P)	Max 0.04
Kükürt (S)	Max 0.03
Demir (Fe)	Kalan

AISI 420 malzemesinin en belirgin özelliklerinden biri, ısıl işlemle sertleştirilebilmesidir. Isıl işlem uygulandığında, malzemenin sertliği önemli ölçüde artar ve bu da aşınma direncini arttırır. Bu durum, hızlı bağlantı elemanları sistemlerinde sürekli açma-kapama işlemleri sırasında aşınmanın minimize edilmesine yardımcı olur. Sertlik ve aşınma direnci, ağır sanayi uygulamalarında veya basınca maruz kalan bağlantı elemanlarında kritik öneme sahiptir. Isıl işlem sonrasında elde edilen yüksek sertlik, malzemeyi daha dayanıklı kılar ve uzun ömürlü kullanım sağlar (El-Tamimi & El-Hossainy, 2007). Bu nedenle AISI 420, petrol ve gaz endüstrisi gibi zorlu çalışma koşullarında da yaygın olarak tercih edilir. Tablo 4.3'de AISI 420 malzemenin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Korozyon direnci, AISI 420'nin diğer bir önemli özelliğidir, ancak bu malzemenin korozyon direnci, östenitik paslanmaz çelikler AISI 303 ve AISI 316 kadar yüksek değildir. Martensitik yapısı nedeniyle korozyon direnci belirli bir seviyede sınırlıdır, ancak krom içeriği sayesinde atmosferik koşullara, tatlı suya ve neme karşı dayanıklılık gösterir. Hızlı bağlantı elemanları uygulamaları genellikle dış mekanlarda veya suyla temas eden ortamlarda kullanıldığından, AISI 420'nin bu korozyon direnci özelliği büyük bir avantaj sağlar. Ancak, deniz suyu gibi yüksek klorür içeren agresif ortamlarda kullanılacaksa ek yüzey koruma işlemleri (örneğin kaplama veya pasivasyon) gerekebilir.

Malzemenin işlenebilirliği de dikkat çeken bir noktadır. AISI 420, martensitik paslanmaz çelik olduğu için sertleştirilmeden önce iyi bir işlenebilirliğe sahiptir. CNC tezgahlarında ve diğer talaşlı imalat işlemlerinde kolayca işlenebilir, ancak ısıl işlem sonrası sertleştirildiğinde işlenebilirliği düşer. Bu nedenle, işleme işlemleri genellikle sertleştirme öncesinde yapılır. Hızlı bağlantı elemanları sektöründe karmaşık geometrilere sahip bağlantı elemanları üretmek gerektiğinde, AISI 420'nin işlenebilirliği bu tür üretim süreçlerine büyük katkı sağlar (Zhao, ve diğerleri, 2015). Şekil 4.4' de AISI 420 malzemenin deney numunesi gösterilmiştir.

AISI 420'nin mekanik dayanımı, sertlik ve mukavemet gerektiren uygulamalar için ideal bir seçim olmasını sağlar. Sertleştirilmiş durumda, malzeme yüksek dayanıklılık gösterir ve bu da onu ağır yük taşıyan veya basınca maruz kalan hızlı bağlantı sistemlerinde vazgeçilmez kılar. Özellikle valfler, kaplinler, miller ve diğer yüksek mukavemetli parçaların üretiminde tercih edilen AISI 420, sık kullanıma ve sürtünmeye karşı üstün bir dayanım sağlar. Aşınmaya karşı dirençli olması, uzun süreli kullanımda dahi performansını korumasına olanak tanır (El-Tamimi & El-Hossainy, 2007).



Şekil 4.4. AISI 420 Deney Numunesi

4.1.4. AISI 303

AISI 303, östenitik paslanmaz çelik grubuna ait bir malzeme olup, özellikle yüksek işlenebilirlik ve korozyon direnci gerektiren uygulamalarda sıkça tercih edilir. Hızlı bağlantı elemanları sektöründe yaygın olarak kullanılan AISI 303, kimyasal bileşiminde bulunan kükürt sayesinde, paslanmaz çelikler arasında en iyi işlenebilirliğe sahip malzemelerden biridir. Kükürt içeriği, malzemenin işlenmesini kolaylaştırarak, özellikle CNC tezgahlarında ve diğer talaşlı imalat süreçlerinde daha hızlı ve hassas üretim yapılmasına olanak tanır. Bu özellik, hızlı bağlantı elemanları gibi karmaşık geometrilere sahip parçaların üretiminde diğer paslanmaz çelik malzemelere göre büyük bir avantaj sağlar. Üretim hızlarının yüksek olduğu ve verimliliğin önemli olduğu hızlı bağlantı elemanları sektöründe, AISI 303'ün işlenebilirliği, üretim maliyetlerini düşürmeye ve üretim süreçlerini optimize etmeye yardımcı olur (Searson & Latanision, 1986).

Kimyasal bileşiminde bulunan %17-19 krom ve %8-10 nikel içeriği, AISI 303'ün korozyon direncini sağlarken, kükürt katkısı bu direnci bir miktar azaltabilir. Buna rağmen, AISI 303, tatlı su, hafif kimyasal ortamlar ve nemli koşullar gibi daha az agresif ortamlarda iyi bir performans gösterir. Özellikle nemli ortamlarda veya düşük seviyede kimyasal etkileşimlerin olduğu yerlerde, malzemenin korozyon direnci yeterli düzeyde olup, bağlantı elemanlarının uzun ömürlü olmasını sağlar (Searson & Latanision, 1986). Bununla birlikte, deniz suyu veya çok aşındırıcı kimyasallarla temas eden ortamlarda kullanıldığında, AISI 303'ün korozyon direnci sınırlı olabilir.

Tablo 4.4. AISI 303 Kimyasal Bileşim Tablosu

Element	Yüzdesel Miktar (%)
Karbon (C)	Max 0.15
Krom (Cr)	12-14
Nikel (Ni)	8-10
Mangan (Mn)	Max 2
Silisyum (Si)	Max 1
Fosfor (P)	Max 0.2
Kükürt (S)	Max 0.15
Demir (Fe)	Kalan

AISI 303, ısıl işlemle sertleştirilemeyen bir malzeme olup, sertlik açısından sınırlı bir kapasiteye sahiptir. Ancak işlenebilirliği yüksek olduğu için, hızlı bağlantı elemanlarının üretiminde mekanik özelliklerden ziyade işlenebilirliğin ön planda olduğu durumlarda tercih edilir. Östenitik yapısı, malzemeye iyi bir süneklik ve darbe dayanımı kazandırır, bu da sık sık açma-kapama hareketi yapan bağlantı elemanlarında uzun ömürlü ve güvenilir performans sağlar (Brnic, Turkalj, Canadija, Lanc, & Krscanski, 2012). AISI 303, genellikle vidalar, somunlar, valfler, kaplinler ve diğer hızlı bağlantı elemanlarının üretiminde kullanılır ve bu parçalar, orta dereceli korozyon direnci gerektiren uygulamalar için çok uygundur. Tablo 4.4'de AISI 303 malzemenin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Bu malzemenin işlenebilirliği, talaş kaldırma süreçlerinde iyi performans göstermesini sağlar. İyi olan işlenebilirliği sayesinde AISI 303, yüksek hacimli üretim için ideal bir malzemedir. Üretim sırasında kesici takım aşınmasını minimize eder ve üretim süreçlerini hızlandırır. Kükürt içeriği, işlenirken oluşan talaşın daha kısa ve kırılgan olmasına neden olur, bu da takım ömrünü uzatır ve işleme sürecini daha verimli hale getirir. Hızlı bağlantı parçalarının üretiminde bu verimlilik, maliyetleri düşürürken aynı zamanda yüksek kaliteli parçaların üretilmesini sağlar. Şekil 4.5' de AISI 303 malzemenin deney numunesi gösterilmiştir.



Şekil 4.5. AISI 303 Deney Numunesi

4.1.5. AISI 316

AISI 316, östenitik paslanmaz çelik sınıfına ait olup, özellikle yüksek korozyon direnci ve dayanıklılık gerektiren zorlu koşullarda tercih edilen bir malzemedir. Hızlı bağlantı elemanları sektöründe sıkça kullanılan AISI 316, sahip olduğu molibden katkısıyla tuzlu su, klorür ve kimyasal maddeler içeren ortamlarda üstün performans sergiler. Standart paslanmaz çeliklere kıyasla, AISI 316, daha agresif ve aşındırıcı çevre koşullarında uzun ömürlü ve güvenilir bir performans sergiler. Bu nedenle, yüksek dayanıklılığın ve güvenliğin esas olduğu hızlı bağlantı elemanlarının üretiminde yaygın olarak kullanılır (Krishna, Krishna, Harshith, Sashank, & Subbiah, 2020).

AISI 316'nın kimyasal bileşimi, malzemenin temel özelliklerini belirler. %16-18 krom ve %10-14 nikel içeriği, paslanmazlık özelliğini sağlarken, molibden katkısı korozyon direncini önemli ölçüde artırır. Krom, malzemeyi oksidasyona karşı dirençli hale getirir ve yüzeyde pasif bir tabaka oluşmasına olanak tanır, bu da malzemeyi dış etkilere karşı korur. Aynı zamanda nikel, malzemenin süneklik ve mukavemet özelliklerini geliştirir (Solomon & Solomon, 2010). Hızlı bağlantı elemanları sektöründe kullanılan bağlantı elemanlarının sürekli olarak sıvı, gaz veya basınçlı akışlarla temas ettiği düşünülürse, AISI 316'nın bu korozyon ve mukavemet özellikleri bağlantı elemanlarının uzun ömürlü ve güvenli olmasını sağlar. Tablo 4.5'de AISI 316 malzemenin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 4.5. AISI 316 Kimyasal Bileşim Tablosu

Element	Yüzdesel Miktar (%)
Karbon (C)	Max 0.08
Krom (Cr)	16-18
Nikel (Ni)	10-14
Molibden (Mo)	2-3
Mangan (Mn)	Max 2
Silisyum (Si)	Max 0.75
Fosfor (P)	Max 0.045
Kükürt (S)	Max 0.03
Demir (Fe)	Kalan

AISI 316'nın yüksek korozyon direnci, özellikle denizcilik, kimyasal işleme ve gıda endüstrisi gibi aşındırıcı ortamlarda kullanıldığında önemli bir avantaj sunar (Krishna, Krishna, Harshith, Sashank, & Subbiah, 2020). Bu malzeme, tuzlu suyun neden olduğu çukur korozyonuna karşı son derece dirençlidir. Denizcilik sektöründe kullanılan hızlı bağlantı elemanları, tuzlu suyun sürekli temasıyla karşı karşıya kaldığından, AISI 316 bu tür uygulamalarda ideal bir seçimdir. Aynı şekilde, kimyasal tesislerde kullanılan bağlantı sistemleri, aşındırıcı kimyasallarla temas halindedir ve bu da AISI 316'nın kimyasallara karşı üstün direncini değerli kılar. Gıda endüstrisinde ise, hijyen standartlarının yüksek olduğu ortamlarda, bu malzemenin pürüzsüz yüzeyi ve kolay temizlenebilirliği sayesinde mikroorganizma üremesi engellenir, bu da hijyenik koşulların korunmasına yardımcı olur.

Dayanıklılık ve mekanik özellikler açısından da AISI 316 oldukça güçlü ve güvenilir bir malzemedir. Özellikle yüksek sıcaklık ve basınç altında iyi bir performans gösterir. Örneğin, petrokimya ve enerji sektörlerinde kullanılan hızlı bağlantı elemanları, yüksek basınca ve ani sıcaklık değişimlerine maruz kalabilir (Solomon & Solomon, 2010). AISI 316, bu tür zorlu şartlara dayanıklı yapısı sayesinde hem düşük hem de yüksek sıcaklıklarda stabilitesini korur. Malzemenin darbe dayanımı ve sünekliği, ani yüklenmelere karşı mukavemetini artırır ve uzun vadede malzemenin yüksek performans göstermesini sağlar.

Isıl işlemle sertleştirilemeyen AISI 316, bu özelliğine rağmen iyi bir mekanik dayanım sunar ve kaynaklanabilirliği oldukça yüksektir. Kaynak işlemlerinde kullanılan bu malzeme, kaynak sonrası çatlama veya deformasyon gibi sorunlar yaşamadan özelliklerini korur. Bu, hızlı bağlantı sistemlerinin üretiminde kompleks yapıların birleştirilmesi gerektiğinde büyük bir avantaj sağlar. Ayrıca, malzemenin kaynak işlemleri sırasında yüksek sıcaklık altında bile yapısal bütünlüğünü koruması, onu çok çeşitli endüstriyel uygulamalarda güvenilir bir seçenek haline getirir. Kaynaklanabilirliğinin yanı sıra, iyi işlenebilirliği de AISI 316'nın üretim süreçlerinde tercih edilmesini sağlar. Talaşlı imalat işlemlerinde, CNC makineleri gibi ekipmanlarla işlenmesi diğer malzemelere göre daha zordur. Bu durum aynı zamanda kesici aletlerin daha hızlı aşınmasına sebep olur.

Hijyen açısından da AISI 316 önemli avantajlar sunar. Bu malzemenin pürüzsüz ve paslanmaz yüzeyi, gıda işleme ve ilaç endüstrisinde hijyen gereksinimlerini karşılamak için idealdir. Kolay temizlenebilmesi ve korozyona karşı dayanıklı olması, onu gıda güvenliği standartlarının önemli olduğu uygulamalarda yaygın hale getirir. Ayrıca, biyolojik maddelere karşı dirençli olduğu için, mikroorganizmaların yüzeyde birikmesini önler. Bu özellikleriyle AISI 316, özellikle hijyenin kritik olduğu hızlı bağlantı sistemlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Şekil 4.6'da AISI 316 malzemenin deney numunesi gösterilmiştir.



Şekil 4.6. AISI 316 Deney Numunesi

4.1.6. AL-6082, AL-7075 Alaşımları

Alüminyum 6082, Alüminyum-Magnezyum-Silisyum alaşımlarına (6000 serisi) ait olup, özellikle yüksek mukavemet, iyi korozyon direnci ve işlenebilirlik özellikleriyle öne çıkan bir malzemedir. Hızlı bağlantı elemanları sektöründe hem hafif hem de dayanıklı yapısıyla geniş bir kullanım alanı bulur. Bu alaşım, T6 ısıl işlem temperinde sertleştirilebilmesiyle bilinir ve bu, mekanik mukavemetini artırarak malzemenin darbelere, basınca ve diğer mekanik yüklere karşı daha dayanıklı olmasını sağlar. Özellikle, yüksek mukavemetin yanı sıra düşük ağırlık gerektiren uygulamalar için ideal bir malzemedir (Es-Said, Timko, Manganiello, Sunga, & Alyahya, 2024). Hızlı bağlantı elemanları sektöründe kullanılan ürünler hem mekanik dayanıklılık hem de hafiflik gerektirdiği için Al-6082 bu alanda sıklıkla tercih edilir.

Alüminyum 6082'nin kimyasal bileşimi, ona üstün özellikler kazandırır. İçeriğindeki magnezyum ve silisyum, alaşımın sertleştirilebilmesini sağlar ve aynı zamanda korozyon direncini artırır. Bu elementlerin dengeli bileşimi, alaşımın hızlı bağlantı elemanları gibi yüksek dayanım gerektiren parçalarda kullanılmasına olanak sağlar. Ayrıca, manganez katkısı, malzemenin mekanik özelliklerini daha da iyileştirir, onu darbelere ve aşındırıcı çevresel etkilere karşı daha dirençli hale getirir (Es-Said, Timko, Manganiello, Sunga, & Alyahya, 2024). Bu kimyasal bileşim, Alüminyum 6082'nin endüstride çok yönlü kullanılmasına imkân tanır ve bağlantı elemanlarının uzun ömürlü ve güvenilir olmasını sağlar. Tablo 4.6'da AL-6082 malzemenin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 4.6. AL-6082 Kimyasal Bileşim Tablosu

Element	Yüzdesel Miktar (%)
Alüminyum (Al)	Min 97
Silisyum (Si)	0.7-1.3
Demir (Fe)	Max 0.5
Bakır (Cu)	Max 0.1
Mangan (Mn)	0.4-1
Magnezyum (Mg)	1-1.3
Çinko (Zn)	Max 0.25
Titanyum (Ti)	Max 0.1
Kükürt (S)	Max 0.05
Fosfor (P)	Max 0.05

Alüminyum 6082, yüksek mukavemeti ile öne çıkar. 6000 serisi alaşımlar arasında en yüksek mukavemete sahip olan alaşımlardan biridir ve T6 temperi ile ısıl işlemden geçirilmiş hali, malzemenin çekme mukavemetini önemli ölçüde artırır (Jiang, ve diğerleri, 2024). Bu mukavemet, sürekli açma-kapama hareketlerine veya yüksek basınca maruz kalan hızlı bağlantı elemanları için hayati öneme sahiptir. Alüminyum 6082, yüksek dayanıklılığı ve uzun ömürlü yapısıyla bu tür zorlu uygulamalarda güvenli bir seçenek sunar. Hafif yapısı sayesinde, ağırlık önemli bir kriter olduğunda bile, bu malzeme sistem performansını düşürmeden, dayanıklı ve güvenilir bağlantı elemanları üretimine olanak sağlar. Şekil 4.7'de AL-6082 malzemenin deney numunesi gösterilmiştir.



Şekil 4.7. AL-6082 Deney Numunesi

Korozyon direnci, Alüminyum 6082'nin öne çıkan en önemli özelliklerinden biridir. Özellikle deniz suyu, nemli ortamlar ve hafif kimyasal maddeler karşısında oldukça dirençlidir. Bu nedenle, dış mekan uygulamalarında, denizcilik sektöründe ve suyla temas eden hızlı bağlantı sistemlerinde sıklıkla tercih edilir. Korozyona karşı dayanıklılığı, malzemenin uzun süre boyunca deformasyon veya aşınma olmaksızın kullanılabilmesini sağlar. Bu özellik, dış ortam koşullarına dayanıklı olmasını ve malzemenin aşırı nem veya tuzlu su gibi aşındırıcı etkilere maruz kaldığı ortamlarda bile güvenilirliğini korumasını sağlar. Bu nedenle, Alüminyum 6082 alaşımı denizcilik ve açık hava uygulamaları gibi çevresel aşındırıcılara karşı dayanıklılığın önemli olduğu alanlarda tercih edilir (Es-Said, Timko, Manganiello, Sunga, & Alyahya, 2024).

Alüminyum 6082 alaşımının bir diğer avantajı ise hafifliği ve düşük yoğunluğudur. Alüminyumun genel avantajlarından biri olan hafiflik, çelik gibi daha ağır metallerle kıyaslandığında bu alaşımı çok daha tercih edilir kılar. Ağırlığın önemli olduğu havacılık, otomotiv ve denizcilik gibi sektörlerde, Alüminyum 6082 hem mekanik mukavemetin korunmasını hem de ağırlık tasarrufunu sağlar. Bu malzemenin hafifliği, taşıma maliyetlerini azaltırken, montaj işlemlerinde de kolaylık sağlar ve toplam sistem ağırlığını düşürür. Hafif, dayanıklı ve işlevsel yapısıyla Alüminyum 6082 alaşımı performanstan ödün vermeden ağırlık tasarrufu sağlayan bağlantı elemanları üretmek için idealdir.

Alüminyum 6082’nin işlenebilirliği de paslanmaz çeliklere kıyasla oldukça iyidir ve bu malzeme talaşlı imalat işlemlerinde yüksek hassasiyetle işlenebilir. CNC makineleri gibi modern üretim yöntemlerinde kolayca şekillendirilebilir ve karmaşık geometrilere sahip bağlantı elemanlarının üretiminde sorunsuz bir şekilde kullanılabilir. Malzemenin talaşlı imalatla uyumu, hızlı bağlantı sistemlerinde gerekli olan küçük toleranslara uygun parçaların üretilmesine olanak tanır (Jiang, ve diğerleri, 2024). Ayrıca, Alüminyum 6082'nin kaynaklanabilirliği de yüksektir, bu da imalat süreçlerinde çeşitli bağlantı yöntemlerinin kullanılmasına olanak sağlar. Kaynaklama sırasında yapısal bütünlüğünü koruması, malzemenin endüstride geniş bir kullanım alanına sahip olmasını sağlar.

Alüminyum 6082’nin yüksek dayanıklılık ve şekillendirilebilirlik özellikleri de hızlı bağlantı elemanlarının üretiminde önemli avantajlar sunar. Alaşım hem karmaşık formlarda işlenebilir hem de mekanik zorlamalara karşı dirençli kalır. Bu, malzemenin darbelere dayanıklı, uzun ömürlü ve güvenilir olmasını sağlar (Es-Said, Timko, Manganiello, Sunga, & Alyahya, 2024). Özellikle yüksek darbe ve aşınma riski taşıyan bağlantı sistemlerinde, Alüminyum 6082 uzun süre deformasyon göstermeden kullanılabilir. Bu malzeme, darbelere karşı olan direnci ve şekillendirilebilirliği sayesinde, farklı endüstriyel uygulamalar için uygun bir çözüm sunar.

Hızlı bağlantı elemanları sektöründe Alüminyum 6082, hem hafiflik hem de mukavemet gerektiren uygulamalar için mükemmel bir seçimdir. Alaşımın sunduğu düşük ağırlık, yüksek dayanım, korozyon direnci ve işlenebilirlik, onu otomotiv, denizcilik, havacılık gibi birçok farklı sektörde kullanılabilir hale getirir. Bu malzeme, bağlantı elemanlarının hızlı ve verimli bir şekilde montaj edilmesini sağlayarak hem performansı artırır hem de üretim maliyetlerini düşürür. Ayrıca, basınçlı hava sistemleri, hidrolik bağlantılar, modüler montaj sistemleri gibi geniş bir yelpazede kullanım alanı bulur. Hafif ve taşınabilir yapılar için, Alüminyum 6082 alaşımı bağlantı sistemlerinin dayanıklılığı ve işlevselliği optimize eden bir çözümdür.

Alüminyum 7075, Alüminyum-Çinko-Magnezyum-Bakır alaşımlarına ait olup, en bilinen özelliklerinden biri yüksek mukavemet ve sertliğidir. Hızlı bağlantı elemanları sektöründe, Alüminyum 7075 genellikle yüksek mekanik dayanıklılık ve uzun süreli dayanım gerektiren uygulamalarda kullanılır. Bu alaşım, özellikle havacılık, savunma

sanayi, yarış araçları ve yüksek performanslı mühendislik projelerinde kendine yer bulur (Sardar, Karmakar, & Das, 2018).

Çelikle kıyaslanabilecek mukavemet seviyesine ulaşabilmesi, ancak çeliğe göre çok daha hafif olması, Alüminyum 7075'in en büyük avantajlarından biridir. Bu hafiflik, mekanik parçalarda yük taşıma kapasitesini artırırken sistemin genel ağırlığını azaltır. Aynı zamanda, bu alaşımın yorulma dayanımı da oldukça yüksektir, yani sürekli olarak yüksek stres altında çalışan bağlantı elemanlarında deformasyon ve yıpranma riski oldukça düşüktür. Ancak, Alüminyum 7075'in en büyük dezavantajlarından biri korozyon direncinin düşük olmasıdır. Bu nedenle genellikle kaplama veya koruyucu işlemler ile kullanılır, çünkü açık hava koşullarında ya da nemli ortamlarda uzun süre maruz kalması durumunda korozyon riski daha yüksektir (Baradeswaran & Perumal, 2014). Bu nedenle, açık hava koşullarında ya da nemli ortamlarda kullanıldığında genellikle anodik oksidasyon (eloksal) gibi yüzey işlemleriyle korunur. Ayrıca, kaynaklanabilirliği diğer bazı alüminyum alaşımlarına göre düşüktür; bu da üretim sürecinde özel kaynak teknikleri veya bağlantı yöntemleri gerektirebilir. Tablo 4.7'de AL-7075 malzemenin kimyasal bileşimi, Şekil 4.8' de AL-7075 malzemenin deney numunesi verilmiştir.

Tablo 4.7. AL-7075 Kimyasal Bileşim Tablosu

Element	Yüzdesel Miktar (%)
Alüminyum (Al)	87.1-91.4
Çinko (Zn)	5.1-6.1
Bakır (Cu)	1.2-2
Magnezyum (Mg)	2.1-2.9
Krom (Cr)	0.18-0.28
Mangan (Mn)	Max 0.3
Silisyum (Si)	Max 0.4
Titanyum (Ti)	Max 0.2
Kükürt (S)	Max 0.05
Fosfor (P)	Max 0.05
Demir (Fe)	Max 0.5



Şekil 4.8. AL-7075 Deney Numunesi

İşlenebilirlik açısından da iki alaşım arasında farklılıklar bulunur. Alüminyum 6082, daha yumuşak ve işlenmesi kolay bir malzemedir. Bu, özellikle talaşlı imalat ve CNC işlemlerinde daha hızlı ve sorunsuz üretim sağlar. Alüminyum 7075 ise daha sert bir yapıya sahip olduğundan işlenmesi daha zordur. Talaşlı imalat süreçlerinde daha fazla aşınma ve zorlanma meydana gelebilir, bu da üretim maliyetlerini ve sürelerini artırabilir. Ancak, daha sert yapısı sayesinde Alüminyum 7075, sert yüzeylere ve yüksek yüklere karşı daha dayanıklıdır, bu da onu aşındırıcı uygulamalarda daha ideal bir seçenek yapar (Sardar, Karmakar, & Das, 2018).

Alüminyum 7075 ve 6082, farklı mühendislik gereksinimlerine uygun olarak seçilir. Alüminyum 7075, yüksek mukavemet, sertlik ve yorulma dayanımı gibi özelliklerin ön planda olduğu ağır endüstriyel uygulamalar için mükemmel bir tercihtir. Özellikle, havacılık, savunma ve otomotiv gibi sektörlerde yüksek performans sağlar. Öte yandan, Alüminyum 6082, iyi korozyon direnci, işlenebilirlik ve hafiflik özellikleriyle öne çıkar. Denizcilik, inşaat ve dış mekân uygulamaları gibi korozyona dayanıklılık gerektiren yerlerde Alüminyum 6082 tercih edilir. Her iki alaşım da farklı koşullar altında benzersiz avantajlar sunar, bu nedenle doğru alaşım seçimi yapılırken uygulamanın gereksinimleri dikkatlice göz önünde bulundurulmalıdır.

4.2. Deneysel Çalışmalar

4.2.1. Tuz Püskürtme Testi

Tuz püskürtme testi, malzemelerin korozyona karşı dayanıklılığını hızlandırılmış bir şekilde değerlendirmek için kullanılan bir laboratuvar testidir. Bu test, özellikle metal yüzeylerin kaplamalarının, boya sistemlerinin, alaşımların ve işlenmiş malzemelerin performansını test etmek amacıyla tasarlanmıştır. Testin temel prensibi, sodyum klorür (NaCl) çözeltisinin kontrollü bir ortamda sis haline getirilerek test numunesinin yüzeyine püskürtülmesi ve malzemenin bu zorlu koşullara dayanımının değerlendirilmesidir. Genellikle deniz ortamına benzer bir korozyon koşulu yaratılır ve test sonuçları, malzemenin uzun vadeli performansı hakkında öngörüler sunar.

Test, kapalı bir haznede gerçekleştirilir ve kullanılan tuz çözeltisi tipik olarak %5 oranında NaCl içerir. Haznedeki sıcaklık genellikle 35°C ± 1°C olarak sabitlenir ve çözeltinin pH değeri 6.5 ile 7.2 arasında tutulur. Basınçlı hava yardımıyla atomize edilen tuz çözeltisi, hazne içinde homojen bir şekilde dağıtılır ve numuneler üzerinde korozyon etkisi oluşturur. Test süresi, malzeme ve uygulama gerekliliklerine göre değişiklik gösterir. Örneğin, kaplamalı malzemelerin dayanıklılığını değerlendirmek için 24 saatlik bir test yeterli olabilirken, denizcilik ve otomotiv uygulamaları için 1000 saatten uzun testler gerekebilir. ASTM B117 ve ISO 9227 gibi uluslararası standartlar, test koşulları ve değerlendirme kriterleri için temel referanslar olarak kullanılır. Şekil 4.9.'da deneyler için kullanılan tuz püskürtme testi kabini gösterilmiştir.



Şekil 4.9. CW1007 Tuz Püskürtme Testi Kabini

Bu testin teknik değerlendirmesi, malzeme yüzeyinde gözlemlenen oksidasyon, kaplama çatlaması, soyulma veya paslanma oranı gibi kriterlere dayanır. Kaplamanın homojenliği ve koruyuculuğu, bu kriterler ışığında detaylı olarak analiz edilir. Tuz püskürtme testinin önemli bir avantajı, sonuçların hızlandırılmış bir şekilde elde edilmesidir; malzemenin gerçek çevresel koşullarda yıllar alacak korozyon etkisi, laboratuvar ortamında birkaç gün veya hafta içinde ölçülebilir. Ancak test, gerçek çevresel koşulları birebir yansıtmaz ve sadece nispi performans değerlendirmesi yapmaya uygundur. Bu nedenle, tuz püskürtme testi genellikle diğer uzun vadeli çevresel testlerle birlikte kullanılarak sonuçların daha kapsamlı yorumlanmasını sağlamaktadır.

Tuz püskürtme testleri, ISO 9227 standardına uygun olarak Zintek firmasının Kimya Laboratuvarı'nda bulunan CW1007 kabininde gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılan tuzlu su çözeltisi, ağırlıkça %5 saf sodyum klorür (NaCl) içerirken çözücü olarak saf su tercih edilmiştir. Bu çözeltinin hazırlanması, standartlara uygunluğu ve test sonuçlarının güvenilirliğini sağlamada temel bir gerekliliktir. Püskürtme işlemi, su ile doymuş hava kullanılarak gerçekleştirilmiş ve bu süreçte püskürtme basıncı 0,9-1 bar aralığında sabitlenmiştir. Bu değer, tuz sisi oluşturmak için ideal koşulları sağlayarak ISO 9227 standardıyla tam uyum göstermektedir. Şekil 4.10'da tuz püskürtme testi cihazının kabinin içi gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Tuz Püskürtme Test Cihazının Kabinin İçi

Test sırasında, yoğuşan çözeltinin pH değeri 6,5-7,2 aralığında tutulmuş, böylece nötr tuz püskürtme testi (NSS) koşulları sağlanmıştır. Ayrıca test ortamındaki sıcaklık, korozyon süreçlerini hızlandırmak amacıyla 35 ± 2°C olarak ayarlanmıştır. Bu parametreler, hem testin tekrarlanabilirliğini hem de sonuçların doğruluğunu garanti etmek için dikkatle kontrol edilmiştir. CW1007 kabini, standartlara uygun bir test ortamı sunarak kaplama malzemelerinin, metallerin ve alaşımların korozyona karşı dayanıklılık performansını değerlendirmede etkili bir şekilde kullanılmıştır. Bu test, malzeme seçimi, kaplama kalitesi değerlendirmesi ve ürün geliştirme süreçlerinde önemli veriler sağlamaktadır. Tablo 4.8.' de tuz testi cihazının çalışma koşulları verilmiştir.

Tablo 4.8. Tuz Testi Cihazı Çalışma Koşulları

pH Değeri	Sıcaklık	Hava Basıncı	Tuz Çözelti Debisi
6,5-7,2	35 °C	0.9-1 Bar	0,7 - 0,8 (Litre/Saat)

Tuz testinin tamamlanmasının ardından ürünler dikkatli bir şekilde test kabininden çıkarılmıştır. Çıkarılan ürünlerin yüzeyinde biriken tuz ve diğer artıklar, test sonuçlarını etkilememesi için özenle temizlenmiştir. Bu temizlik işlemi sırasında ürünlerin yüzey özelliklerine zarar verilmemesine dikkat edilmiştir. Temizleme işlemi, sonrasında yapılacak analizlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Temizleme işleminin tamamlanmasının ardından, ürünler miligram (mg) hassasiyetine sahip bir terazi kullanılarak tartılmıştır. Ölçüm sonuçları, ürünlerin başlangıç ağırlıklarıyla karşılaştırılarak kütle kayıpları hesaplanmıştır. Bu adım, tuz testinin ürünlerin fiziksel yapısı üzerindeki etkilerini niceliksel olarak değerlendirebilmek açısından kritik bir öneme sahiptir. Böylece, malzeme yüzeyinde meydana gelen aşınma ya da korozyon kaynaklı kayıplar doğrudan gözlemlenebilmiştir. Ölçümler sırasında çevresel etkenlerin (örneğin hava akımı, sıcaklık değişimleri) minimum düzeyde tutulmasına özen gösterilmiştir. Şekil 4.11'de, ağırlık ölçümlerinin gerçekleştirildiği hassas terazi yer almaktadır.



Şekil 4.11. Ağırlık Ölçümlerinin Yapıldığı Hassas Terazi

Ölçümlerin ardından, ürünlerin yüzey kalitesindeki değişimler daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Mikroskop yardımıyla gerçekleştirilen bu analizler, yüzeyde meydana gelen olası deformasyonları, çatlakları veya diğer mikroskobik değişimleri tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bu detaylı incelemeler, ürünlerin dayanıklılık performansı ve yüzey kalitesinin korunma düzeyi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Şekil 4.12.' de yüzey kalitesinin incelendiği mikroskop gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Yüzey Kalitesinin İncelendiği Mikroskop

4.2.2. Rockwell Sertlik Testi

Rockwell Sertliği, malzemelerin sertliğini ölçmek için geliştirilen en hızlı ve kullanışlı yöntemlerden biridir. Bu test yöntemi, 1919 yılında Stanley P. Rockwell tarafından icat edilmiş olup, günümüzde üretim, mühendislik ve kalite kontrol süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Rockwell Sertlik Testi, malzeme yüzeyine bir bilye (çelik veya karbür) ya da elmas konik bir indenter ile belirli bir yük uygulanarak gerçekleştirilir. Test sırasında malzeme üzerinde oluşan kalıcı deformasyon derinliği ölçülür ve bu derinlikten sertlik değeri doğrudan hesaplanır. Diğer sertlik testlerinden farklı olarak, Rockwell yöntemi malzeme yüzeyinde oluşan izin boyutunu değil, yük altındaki kalıcı deformasyon miktarını esas alır. Bu nedenle, doğrudan ve hızlı bir ölçüm yapılmasını sağlar. Şekil 4.13.'de ölçümlerin yapıldığı sertlik ölçme cihazı gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Sertlik Ölçüm Test Cihazı

Test prosedürü, genellikle iki aşamadan oluşur. İlk aşamada, indenter malzeme yüzeyine küçük bir ön yük ile bastırılır. Bu ön yük, malzeme yüzeyindeki herhangi bir gevşekliği veya mikro pürüzleri ortadan kaldırmak için uygulanır. Ardından, ana yük devreye girer ve belirli bir süre tutulduktan sonra yük kaldırılır. Son durumda, malzeme üzerindeki kalıcı deformasyon derinliği ölçülür. Rockwell Sertlik Değeri (HR), bu kalıcı deformasyon derinliği ile kullanılan ölçüm ölçeğine bağlı olarak bir cihaz tarafından otomatik olarak hesaplanır. Hesaplama Denklem 4.1 ve Denklem 4.2'ye dayanır:

$$HRB = 130 - \frac{(h1-h2)}{0{,}002} \tag{4.1}$$

$$HRC = 100 - \frac{(h1-h2)}{0{,}002} \tag{4.2}$$

Denklem (4.1) ve Denklem (4.2)'de h_1 10kgf yük altındaki deformasyon derinliğini, h_2 ise ana yük altındaki (HRB için 100, HRC için 150 kgf) deformasyon derinliğini ifade etmektedir.

Rockwell sertlik testinin en dikkat çekici özelliklerinden biri, farklı malzemeler için özel olarak tasarlanmış birden fazla ölçek sunmasıdır. Örneğin, HRC ölçeği, sert çelikler ve alaşımlar gibi sert malzemeler için elmas konik bir uç ve 150 kgf yük ile uygulanır. HRB ölçeği (Rockwell B), pirinç, bakır ve yumuşak çelikler gibi daha yumuşak malzemelerde 1/16 inç çapında çelik bilye ve 100 kgf yük ile kullanılır. Bu ölçek çeşitliliği, Rockwell yönteminin farklı malzeme türleri ve sertlik aralıkları için uyarlanabilir olmasını sağlar. Şekil 4.14'de korozyona uğramış bölgesinden ölçüm yapılan numune gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Korozyona Uğramış Numunenin Sertlik Ölçümü

Tuz püskürtme testi gibi korozyon testleri uygulanan numunelerde korozif etkiler nedeniyle yüzeylerde sertlik ölçümünü zorlaştıran bölgeler ortaya çıkabilir. Johnson ölçüm mastarları, bu tür geometrik zorlukların bulunduğu durumlarda doğru sonuçlar elde etmek için kullanılan hassas referans araçlarıdır. Sertlik testi sırasında ölçüm uçlarının dik açıyla erişemediği bölgelerde, Johnson mastarları yüzeyin düzleştirilmesini sağlayarak ölçüm cihazının güvenilir sonuçlar sunmasını sağlar. Yüksek kaliteli malzemelerden üretilen bu mastarlar, hassasiyet ve kalibrasyon konusunda üstün performans gösterir, böylece korozyon etkileri olan numunelerde bile doğru sertlik değerleri elde edilebilmektedir. Şekil 4.15. ‘de Johnson mastarı kullanılarak yapılan sertlik testi ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Johnson Mastarı Kullanılmış Numunenin Sertlik Ölçümü

Rockwell sertlik testi, sunduğu hız, kolaylık ve doğruluk sayesinde endüstride yaygın olarak tercih edilmektedir. Testin uygulanması, diğer sertlik testlerine kıyasla daha az hazırlık gerektirir. Örneğin, malzeme yüzeyinin çok düzgün veya cilalı olması gerekmez. Ayrıca, sertlik değeri doğrudan cihaz ekranında okunabilir ve manuel hesaplama gerekmez. Bu özellikler, Rockwell testini seri üretim ortamlarında oldukça pratik hale getirir. Bununla birlikte, yöntemin bazı sınırlamaları da bulunmaktadır. Yüksek yük uygulandığından, ince malzemeler veya çok küçük numunelerde test sırasında

deformasyon oluşabilir ve bu durum doğru sonuçların elde edilmesini zorlaştırabilir. Ayrıca, test sonucunda yüzeyde kalıcı bir iz oluşur, bu da hassas veya estetik açıdan kritik uygulamalarda bir dezavantaj olabilir. Şekil 4.16'da sertlik testi sonucu yüzeyinde deformasyon oluşmuş numune gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Sertlik Testi Sonucu Yüzeyinde Deformasyon Oluşmuş Numune

4.2.3. Yüzey Pürüzlülük Testi

Yüzey pürüzlülük testi, bir yüzeyin düzgünlük ve kalitesini değerlendirmek için kullanılan önemli bir ölçüm yöntemidir. Bu test, özellikle endüstriyel üretim süreçlerinde, parçaların dayanıklılığı, işlevselliği ve estetik görünümünü etkileyen kritik bir faktördür. Yüzeyin düzgünlüğü, malzeme işleme, üretim yöntemleri, takım kullanımı, soğutma sıvıları ve dış çevresel faktörler gibi çeşitli etkenlerden etkilenebilir. Dolayısıyla, bu testler, nihai ürünlerin standartlara uygun olmasını sağlamak ve müşteri beklentilerini karşılamak amacıyla gerçekleştirilir.

Yüzey pürüzlülük testi, genellikle bir pürüzlülük cihazı veya profilometre gibi özel ölçüm aletleriyle gerçekleştirilir. Ölçüm sırasında yüzey üzerinde belirli bir mesafede hareket eden ölçüm cihazı, yüzeydeki mikro pürüzlülükleri milimetrenin binde birine kadar hassasiyetle tespit eder. Ölçümlerin yapıldığı portatif yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Portatif Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı

Bu test, üretim sürecinin çeşitli aşamalarında gerçekleştirilir. Örneğin, bir parça işlenmeden önce veya sonra, kalite kontrol süreçlerinde, nihai ürünün uygunluğunu değerlendirmek için veya geri bildirim sağlamak amacıyla kullanılır. Ayrıca, otomotiv, havacılık, elektronik, medikal cihaz üretimi gibi yüksek hassasiyet gerektiren sektörlerde, yüzey pürüzlülüğü testi, malzeme uyumluluğu ve performansı açısından kritik öneme sahiptir. Yüzey pürüzlülük testleri Tamsan firmasının kalite laboratuvarında bulunan Mitutoyo SJ-201 portatif yüzey pürüzlülük ölçüm cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülük testi numunelerin sabit, hareketsiz bir biçimde olduğu ve portatif ucun numunenin eksenlerine dik olacak şekilde bastığı pozisyonda usulüne uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu şartların sağlanması için Johnson mastarı, mıknatıs vb. aletler kullanılmıştır. Şekil 4.18.'de Johnson mastarı kullanılarak yapılan ölçüm gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Johnson Mastarı ve Mıknatıs Kullanılmış Numunenin Pürüzlülük Ölçümü

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

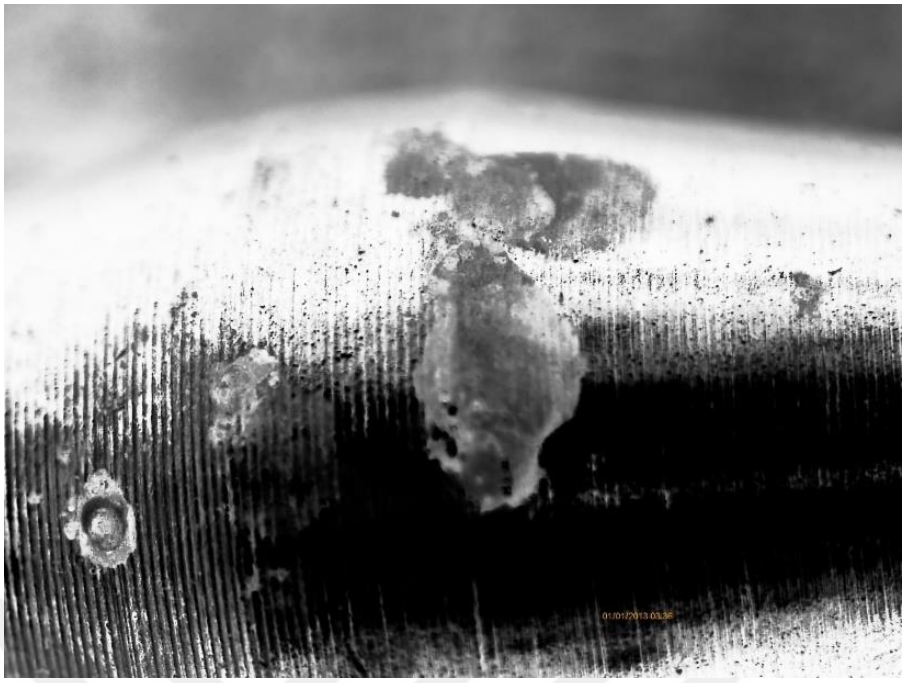
5.1.Tuz Püskürtme Testi Sonuçları

ISO 9227 standardına uygun olarak farklı metal ve alaşımlara tuz testi uygulanmıştır. Her bir çeşit malzemeden bir adet test görmemiş ürün, bir adet 24 saat teste tabi tutulmuş ve bir adet de 48 saat test görmüş numune hazırlanmıştır. Tuz testi sonrası malzemelerin fotoğrafı ve mikroskop görüntüsüyle korozyon durumu değerlendirilmiştir. Görünüşlerindeki değişimleri haricinde numunelerin ağırlık kayıplar miligram cinsinden hassas terazi ile ölçülmüştür.

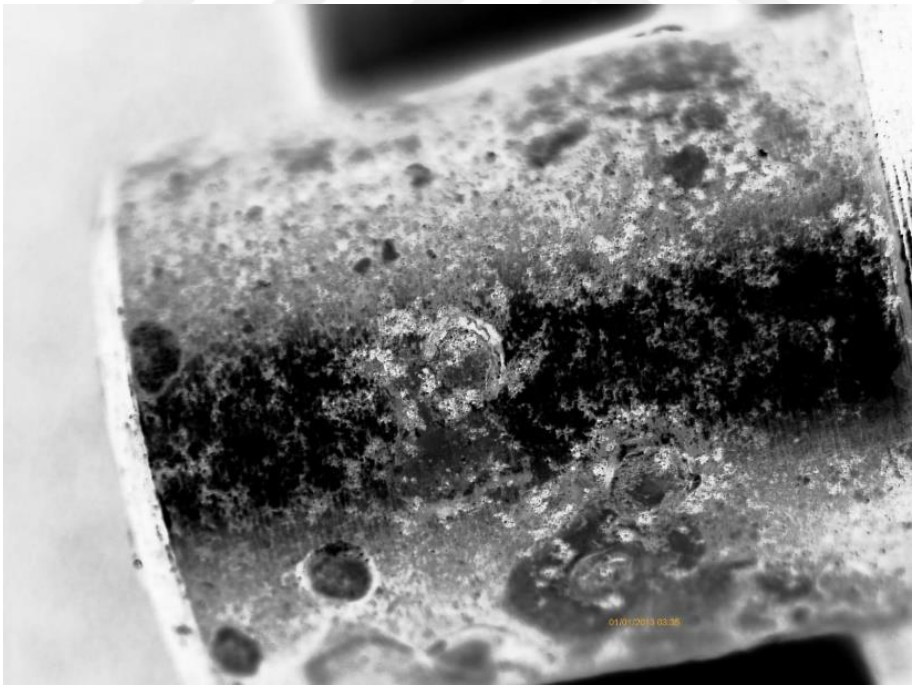
Yapılan tuz testi sonrası 11SMnPb30 malzemeli ürünün kaplamalı ve kaplamasız bölgeleri arasında gerçekleşen korozyon arasında ciddi farklılıklar görülmüştür. 24 saatlik numunede kaplamasız kısımlarda gerçekleşen korozyon bölgeleri oldukça geniş olduğu görülürken kaplamalı kısımlardaki gerçekleşen korozyon bölgeleri kaplamasız kısımlara kıyasla çok daha az alan kaplamaktadır. 48 saatlik 11SMnPb30 malzemeli numunedeki gerçekleşen korozyon kaplamasız ve kaplamalı kısımlara göre 24 saatlik numunede olduğu gibi büyük fark göstermektedir. Kaplamasız kısımlar için 24 saatlik tuz testi parçanın kullanılmasında sıkıntı oluşturacak kadar korozyonu oluşturmuştur. Kaplamalı kısım için bu süreye 48 saat denilebilir. Mikroskop görüntüleri ayrıntılı olarak incelendiğinde kaplamalı ve kaplamasız kısımlarda gerçekleşen korozyon sonucu kaybedilen hacimler arasındaki farkın yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da kaplamalı ve kaplamasız 11SMnPb30 numunelerinin test sürelerine göre uğradığı korozyonun mikroskop ve normal görüntüleri verilmiştir.



Şekil 5.1. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numune Görüntüsü



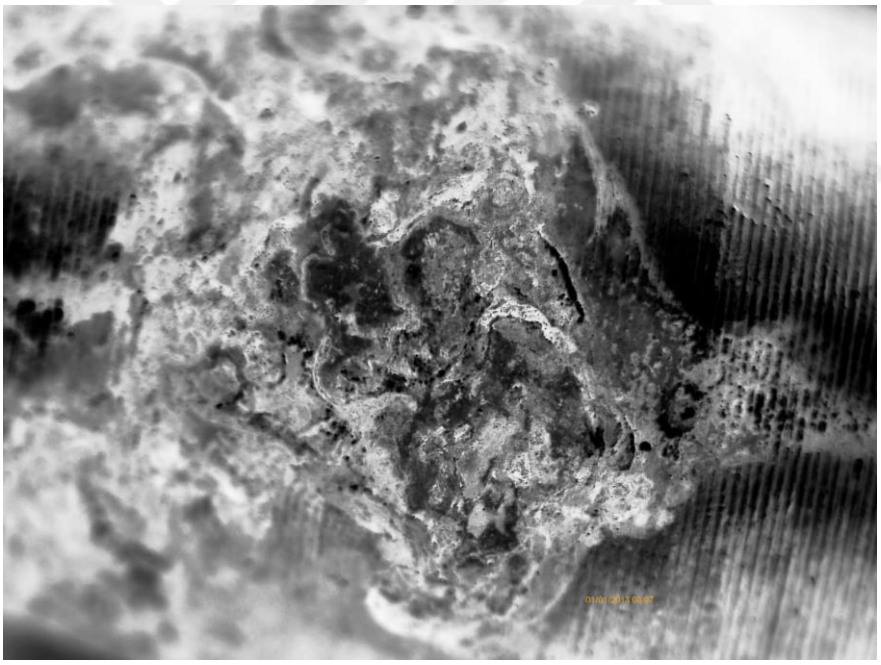
Şekil 5.2. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Kaplamalı Yüzeyinin Mikroskop Görüntüsü



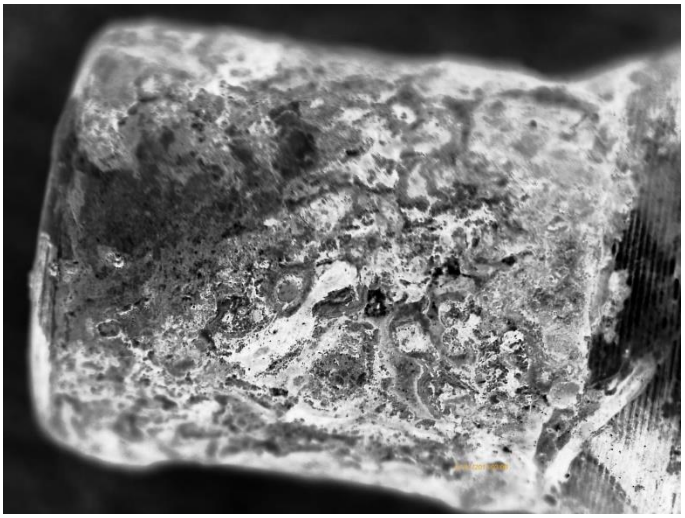
Şekil 5.3. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Kaplamasız Yüzeyinin Mikroskop Görüntüsü



Şekil 5.4. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Görüntüsü



Şekil 5.5. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Kaplamalı Yüzeyinin Mikroskop Görüntüsü

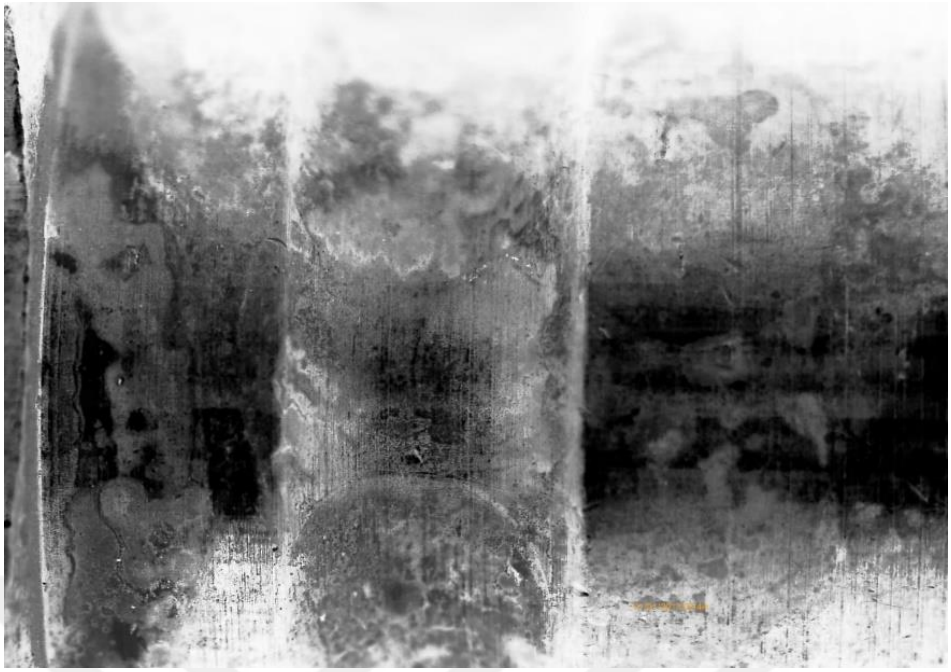


Şekil 5.6. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası 11SMnPb30 Malzemeli Numunenin Kaplamasız Yüzeyinin Mikroskop Görüntüsü

CW614N malzemeli numunede yapılan tuz testi sonrası dış görüntüsü ve mikroskop görüntüsü incelediğinde yüzeyde çinkosuzlaşma eğilimi gösteren bölgelerinin oluştuğu ve korozyonun derine inmediği görülmüştür. 48 saat tuz testine görmüş numune incelendiğinde ise çinkosuzlaşma eğilimi gösteren bölgenin genişlediği ve numunenin iç hatlarında korozyon bölgelerinin derine indiği gözlemlenmiştir. CW614N malzemeli ürünün test sonuçları CW602N malzemeli ürünün sonuçlarıyla kıyaslandığında daha fazla çinkosuzlaşma eğilimi gösteren bölgelerin oluştuğu ve korozyonun daha derine indiği görülmüştür. Diğer malzemelere kıyasla ise ortalama bir dayanım gösterdiği söylenebilir. Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da CW614N numunelerinin test sürelerine göre uğradığı korozyonun mikroskop ve normal görüntüleri verilmiştir.



Şekil 5.7. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW614N Malzemeli Numune Görüntüsü



Şekil 5.8. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW614N Numunenin Mikroskop Görüntüsü



Şekil 5.9. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW614N Malzemeli Numune Görüntüsü



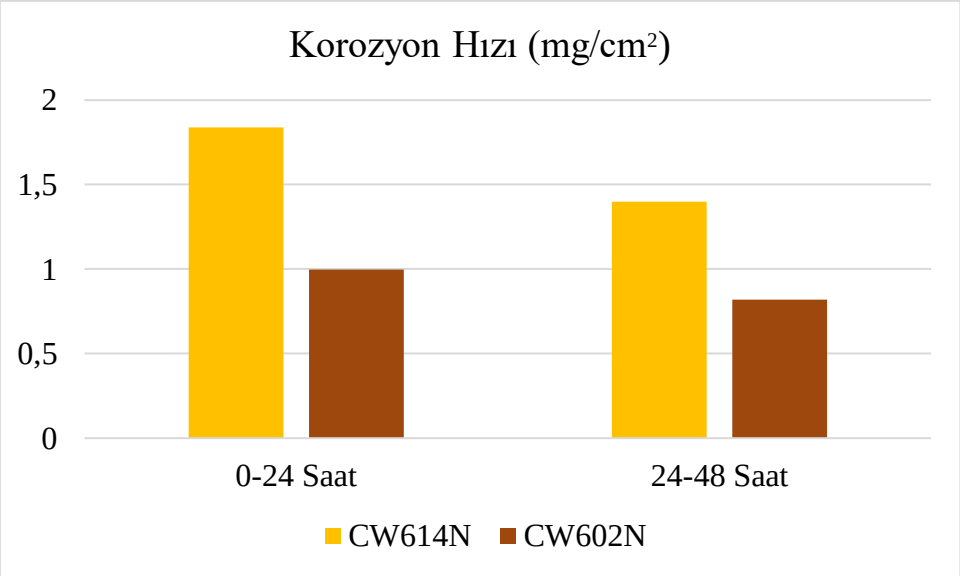
Şekil 5.10. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW614N Numunenin Mikroskop Görüntüsü

CW602N malzemeli numunedeki tuz testi sonuçları ayrıntılı olarak incelendiğinde hem 24 saat teste tabi tutulan parçada hem de 48 saat teste tutulan parçanın yüzeyinde çinkosuzlaşma eğilimi ve korozyon gözlemlenmiş fakat ürünün kullanılmasında herhangi sorun oluşturabilecek pozisyonda olmadığı gözlemlenmiştir. Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'de CW602N numunelerinin test sürelerine göre uğradığı korozyonun mikroskop ve normal görüntüleri verilmiştir.

CW602N malzemeli numuneler, CW614N malzemeli numuneler ile kıyaslandığında CW602N malzemesinin net bir şekilde korozyona karşı daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Bu korozyona karşı direnç arasındaki fark ise açıkça kütle kaybı değerlerine yansımıştır. Şekil 5.11 ve Tablo 5.1'de CW614N ile CW602N malzemeli numunelerin korozyon hızları verilmiştir.

Tablo 5.1 Pirinç Grubu Malzemelerin Korozyon Hızı

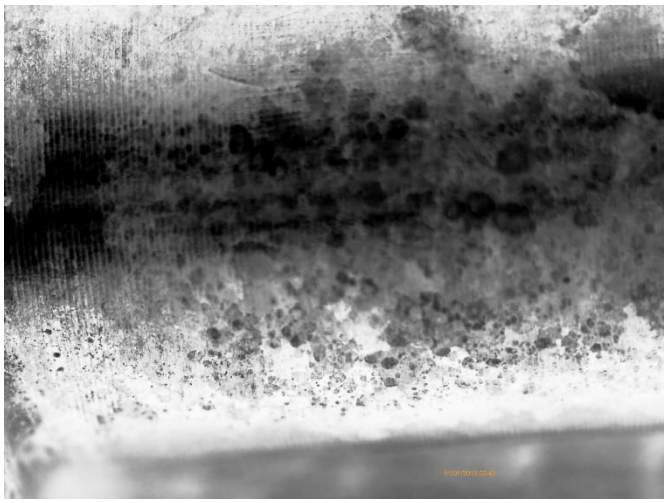
Malzeme	0-24 Saat	24-48 Saat
CW614N	1,837	1,398
CW602N	0,997	0,821



Şekil 5.11. Pirinç Grubu Malzemelerin Korozyon Hızı



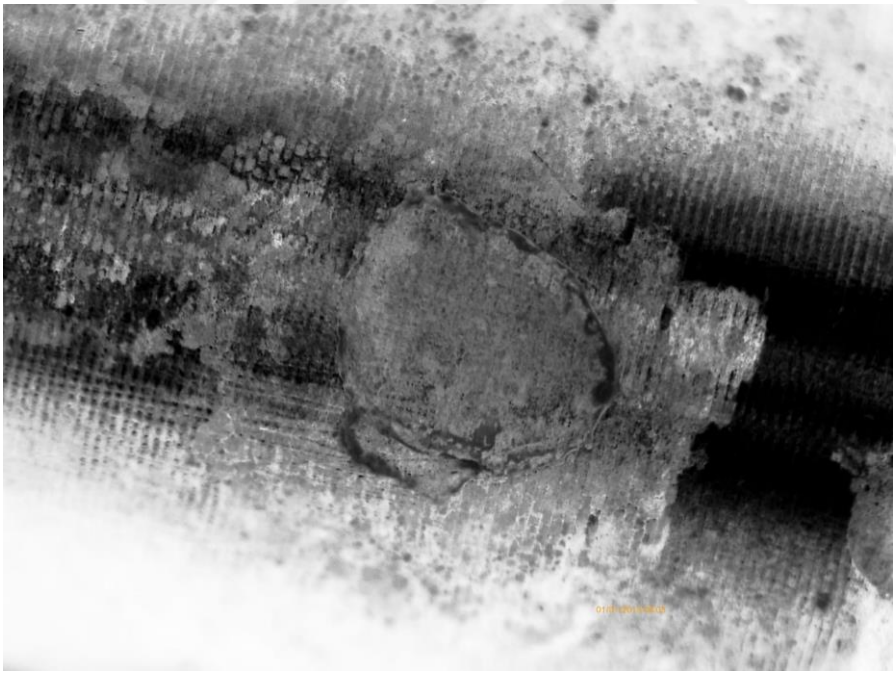
Şekil 5.12. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW602N Malzemeli Numune Görüntüsü



Şekil 5.13. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW602N Malzemeli Numunenin Mikroskop Görüntüsü



Şekil 5.14. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW602N Malzemeli Numune Görüntüsü



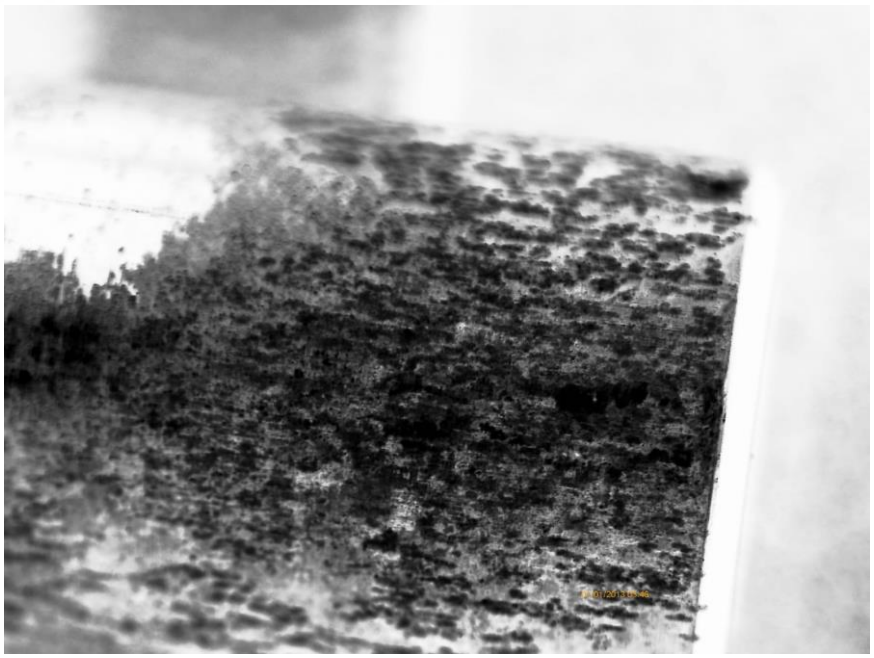
Şekil 5.15. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası CW602N Numunenin Mikroskop Görüntüsü

AL-7075 alaşımlı malzemenin tuz testi sonuçları incelendiğinde ise 24 saat ve 48 saat teste tutulmuş numunelerin uğradığı korozyonun saate doğru orantılı bir şekilde arttığı görülmüştür. Hidrofobik kaplamalı kısımda herhangi bir korozyon belirtisi görülmemiştir.

AL-6082 alaşımına göre kıyaslama yapıldığında ise korozyon dayanımı olarak kaplamasız bölgeni AL-6082 alaşımının çok gerisinde kaldığı görülmüştür. Kalan malzemelere kıyasla ise ortalama bir dayanım göstermiştir. Şekil 5.16, Şekil 5.17, Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'da AL-7075 numunelerinin test sürelerine göre uğradığı korozyonun mikroskop ve normal görüntüleri verilmiştir.



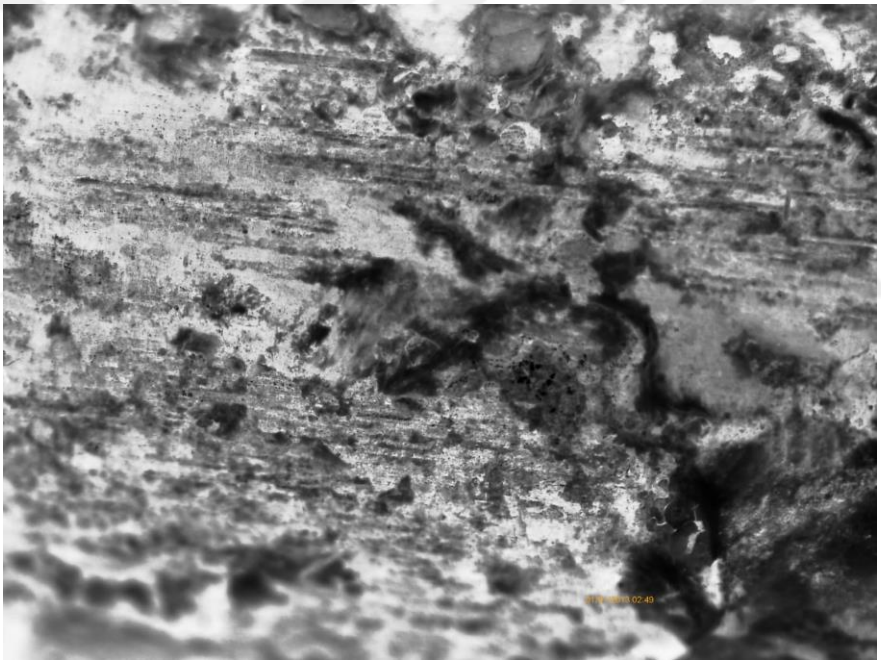
Şekil 5.16. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-7075 Alaşımlı Numune Görüntüsü



Şekil 5.17. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-7075 Numunenin Mikroskop Görüntüsü



Şekil 5.18. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-7075 Alaşımlı Numune Görüntüsü



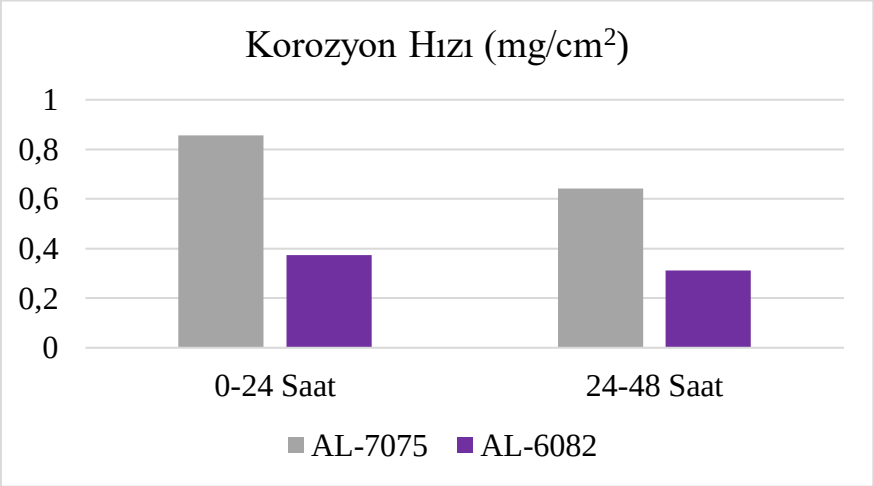
Şekil 5.19. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-7075 Numunenin Mikroskop Görüntüsü

AL-6082 alaşımlı numunelerin yüzeyleri incelendiğinde test görmemiş numune, 24 saat ve 48 saatlik numuneler arasında ciddi bir fark görülmemiştir. Her bir AL-6082 alaşımlı numune de korozyon bölgelerinin oldukça küçük, noktasal boyutlarda olduğu görülmüştür. Şekil 5.21, Şekil 5.22, Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'de AL-6082 numunelerinin test sürelerine göre uğradığı korozyonun mikroskop ve normal görüntüleri verilmiştir.

AL-6082 malzemeli numunelerin AL-7075 malzemeli numunelere kıyasla çok daha iyi bir korozyon dayanımı gösterdiği gözlemlenmiştir. Geriye kalan diğer malzemelere göre kıyaslandığında ise AISI 316 malzeme harici korozyon dayanımı açısından daha iyi olduğu söylenebilir. Şekil 5.20 ve Tablo 5.2'de AL-7075 ile AL-6082 malzemeli numunelerin korozyon hızları verilmiştir.

Tablo 5.2 Alüminyum Alaşımı Malzemelerin Korozyon Hızı

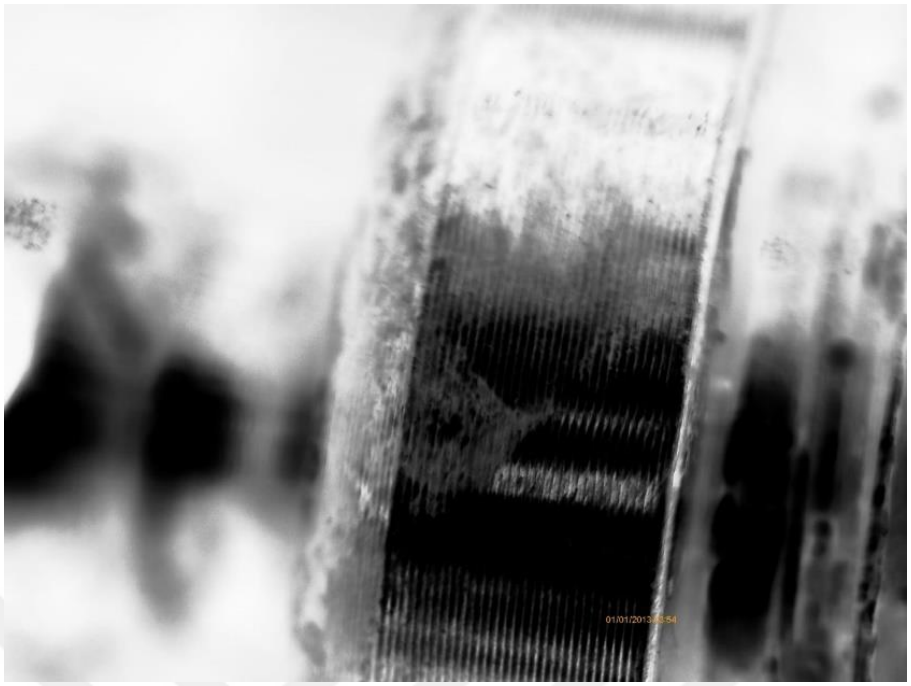
Malzeme	0-24 Saat	24-48 Saat
AL-7075	0,856	0,642
AL-6082	0,373	0,311



Şekil 5.20. Alüminyum Alaşımı Malzemelerin Korozyon Hızı



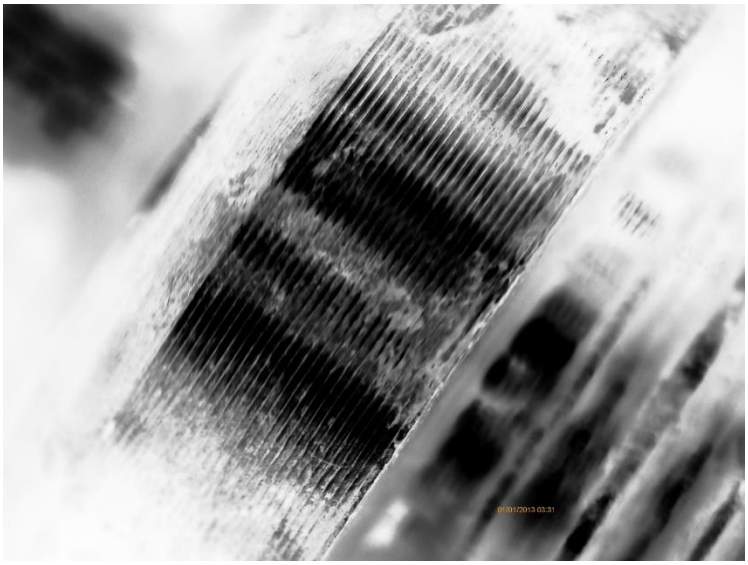
Şekil 5.21. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-6082 Alaşımlı Numune Görüntüsü



Şekil 5.22. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-6082 Numunenin Mikroskop Görüntüsü



Şekil 5.23. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-6082 Alaşımlı Numune Görüntüsü

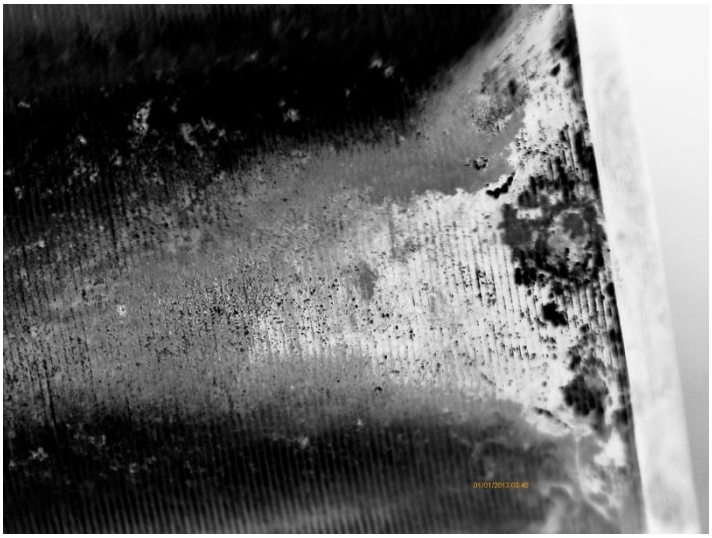


Şekil 5.24. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AL-6082 Numunenin Mikroskop Görüntüsü

AISI 420 malzemeli numunelere bakıldığında ise yüzeylerinde geniş sarı, kırmızı korozyon bölgelerinin oluşması ve için 24 saat tuz testinin yeterli olduğu görülmüştür. 48 saatlik numunenin 24 saatlik numuneye göre bu korozyona uğrayan bölgelerin iyice genişlediği görülmüştür. AISI 420 numuneler geriye kalan diğer 2 paslanmaz çelik grubu malzeme olan AISI 303 ve AISI 316 numuneleriyle kıyaslandığında çok ciddi bir farkla korozyon dayanımının düşük kaldığı görülmüştür. Diğer malzemelere kıyasla ise sadece 11SMnPb30 malzemesine göre daha üstün dayanım gösterdiği görülmüştür. Şekil 5.25, Şekil 5.26, Şekil 5.27 ve Şekil 5.28'de AISI 420 numunelerinin test sürelerine göre uğradığı korozyonun mikroskop ve normal görüntüleri verilmiştir.



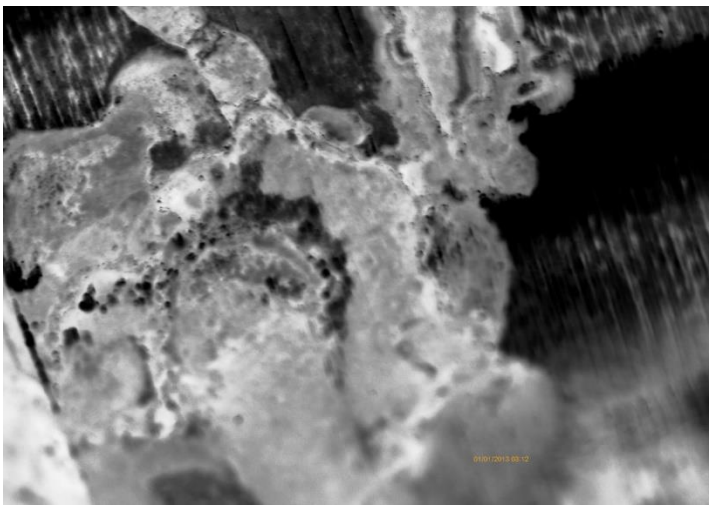
Şekil 5.25. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 420 Malzemeli Numune Görüntüsü



Şekil 5.26. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 420 Numunenin Mikroskop Görüntüsü



Şekil 5.27. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 420 Malzemeli Numune Görüntüsü

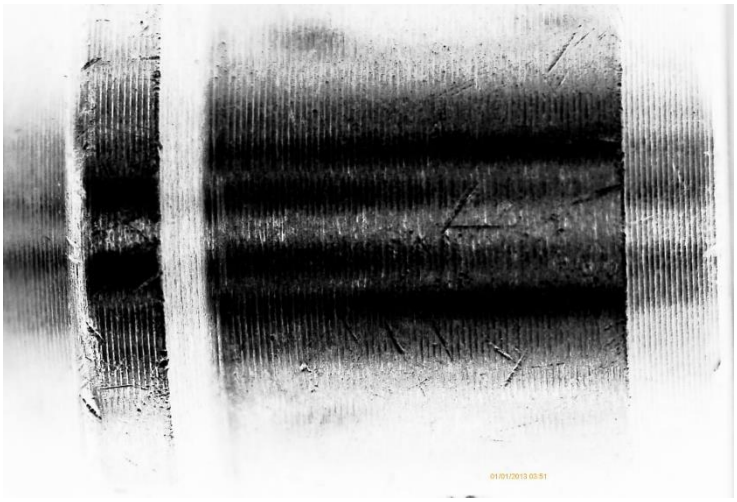


Şekil 5.28. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 420 Numunenin Mikroskop Görüntüsü

AISI 303 malzemeli 24 saat teste tabi tutulmuş numune ayrıntılı olarak incelendiğinde dış yüzeyinde herhangi bir korozyon bölgesi meydana gelmemiştir. İç yüzeylerine bakıldığında noktasal bazı korozyonlar meydana gelmiştir. 48 saatlik numune ise dış yüzeyde noktasal bazı korozyonlar meydana gelirken iç yüzeydeki korozyona maruz kalmış bölgelerin genişlediği görülmüştür. Paslanmaz çelik grubundaki malzemelere göre ortalama bir korozyon dayanımı göstermiştir. Kalan malzemelere göre bakılırsa sadece AISI 316 malzemeli numuneden daha az korozyon dayanımı olduğu söylenebilir. Şekil 5.29, Şekil 5.30, Şekil 5.31 ve Şekil 5.32'de AISI 303 numunelerinin test sürelerine göre uğradığı korozyonun mikroskop ve normal görüntüleri verilmiştir.



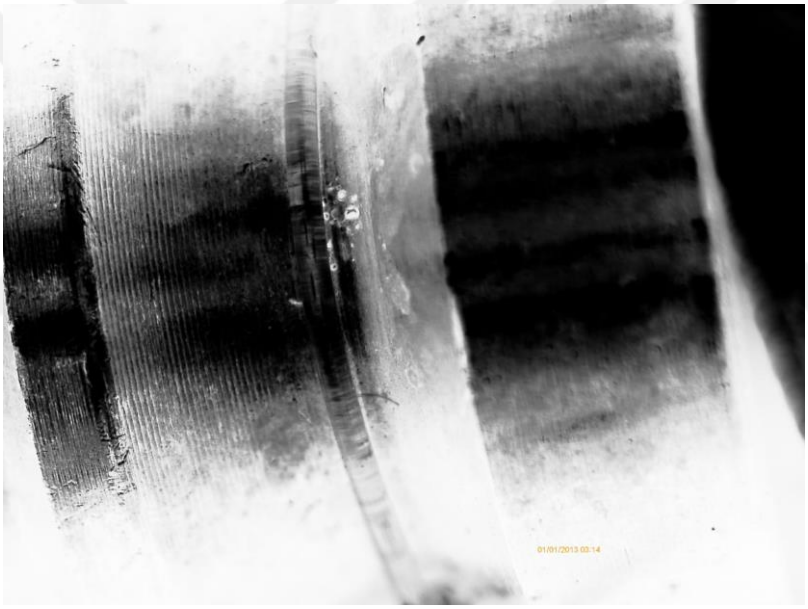
Şekil 5.29. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 303 Malzemeli Numune Görüntüsü



Şekil 5.30. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 303 Numunenin Mikroskop Görüntüsü



Şekil 5.31. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 303 Malzemeli Numune Görüntüsü

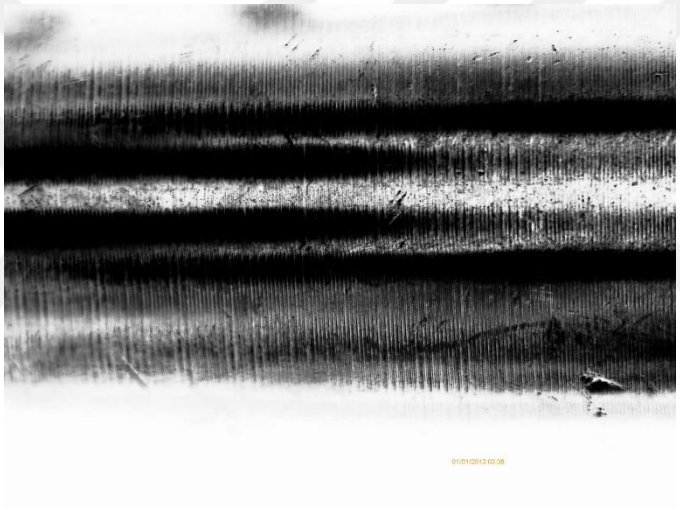


Şekil 5.32. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 303 Numunenin Mikroskop Görüntüsü

AISI 316 malzemeli 24 saat tuz püskürtme testi görmüş numune incelendiğinde iç ve dış yüzeyinde belirgin herhangi bir korozyon bölgesi meydana gelmemiştir. 48 saatlik numune ise iç ve dış yüzeyde noktasal bazı korozyonlar görülmüştür. Paslanmaz çelik grubundaki malzemelere göre en iyi korozyon dayanımını göstermiştir. Kalan malzemelere göre bakılırsa yine en iyi dayanımı gösterdiği söylenebilir. Şekil 5.23, Şekil 5.34, Şekil 5.35 ve Şekil 5.36'de AISI 316 numunelerinin test sürelerine göre uğradığı korozyonun mikroskop ve normal görüntüleri verilmiştir. Şekil 5.37 ve Tablo 5.3'de paslanmaz çelik malzemeli numunelerin korozyon hızları verilmiştir.



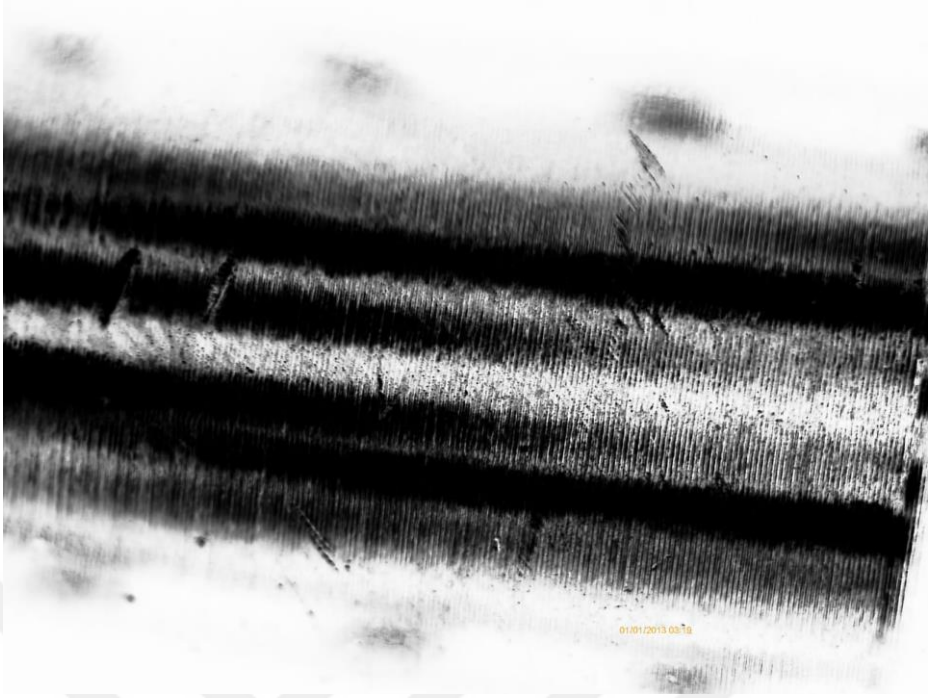
Şekil 5.33. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 316 Malzemeli Numune Görüntüsü



Şekil 5.34. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 316 Numunenin Mikroskop Görüntüsü



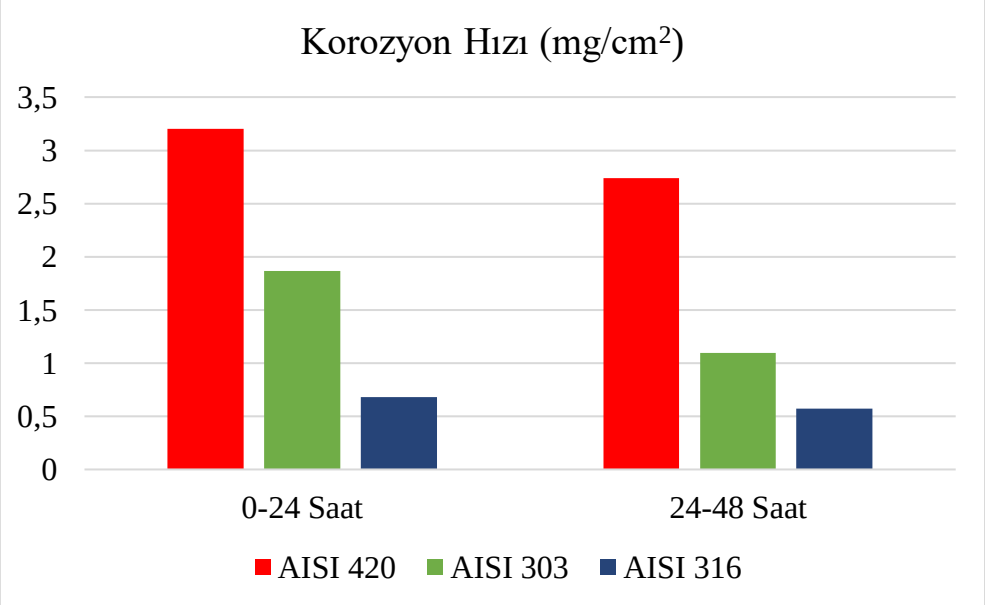
Şekil 5.35. 48 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 316 Malzemeli Numune Görüntüsü



Şekil 5.36. 24 Saatlik Tuz Testi Sonrası AISI 316 Numunenin Mikroskop Görüntüsü

Tablo 5.3. Paslanmaz Çelik Grubu Malzemelerin Korozyon Hızı

Malzeme	0-24 Saat	24-48 Saat
AISI 420	3,203	2,736
AISI 303	1,866	1,093
AISI 316	0,677	0,572



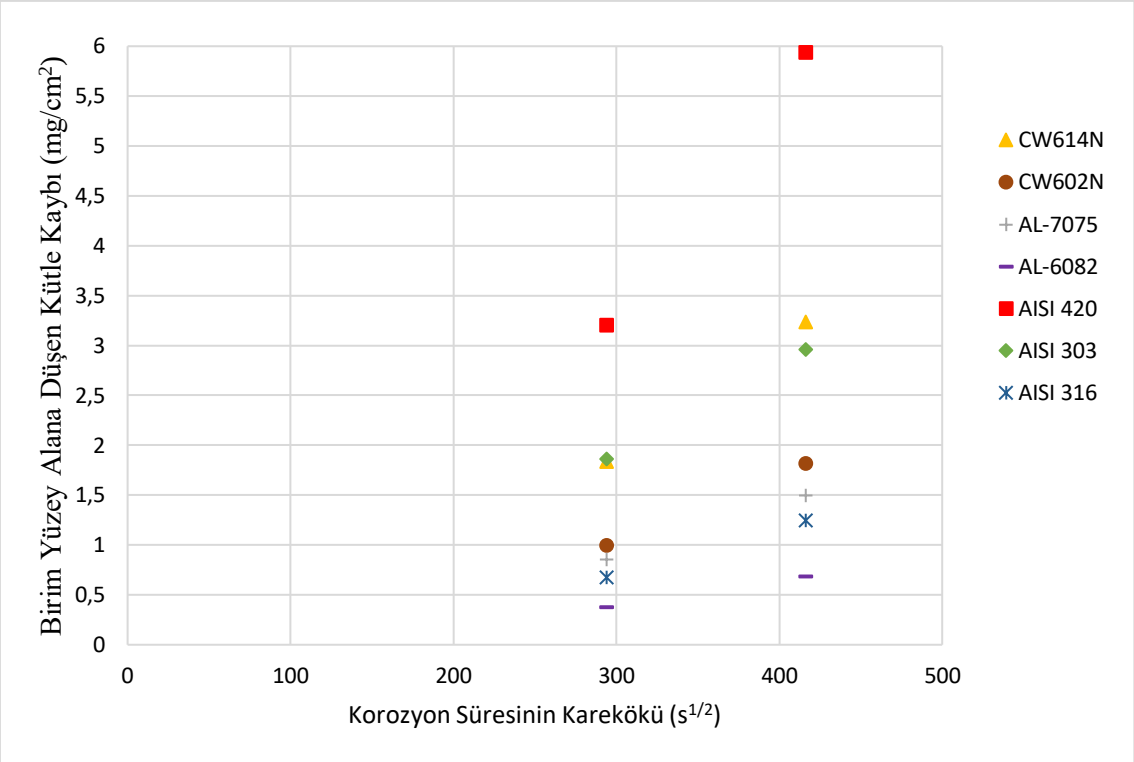
Şekil 5.37. Paslanmaz Çelik Grubu Malzemelerin Korozyon Hızı

Tablo 5.4. Tuz Testi Öncesi ve Sonrası Ağırlık Ölçümleri

Numune Malzemesi	Test Öncesi (g)	24 Saat (g)	48 Saat (g)
CW614N	31,202	31,135	31,084
CW602N	24,429	24,412	24,398
AL-7075	2,970	2,966	2,963
AL-6082	2,885	2,879	2,874
AISI 420	218,652	218,302	218,003
AISI 303	22,112	22,054	22,020
AISI 316	38,664	38,632	38,605
11SMnPb30	14,008	13,862	13,635

Tablo 5.5. Tuz Testi Süresine Göre Birim Yüzey Alana Düşen Kütle Kayıpları

Numune Malzemesi	24 Saat (mg/cm^2)	48 Saat (mg/cm^2)
CW614N	1,837	3,236
CW602N	0,997	1,818
AL-7075	0,856	1,498
AL-6082	0,373	0,684
AISI 420	3,203	5,94
AISI 303	1,866	2,96
AISI 316	0,677	1,25

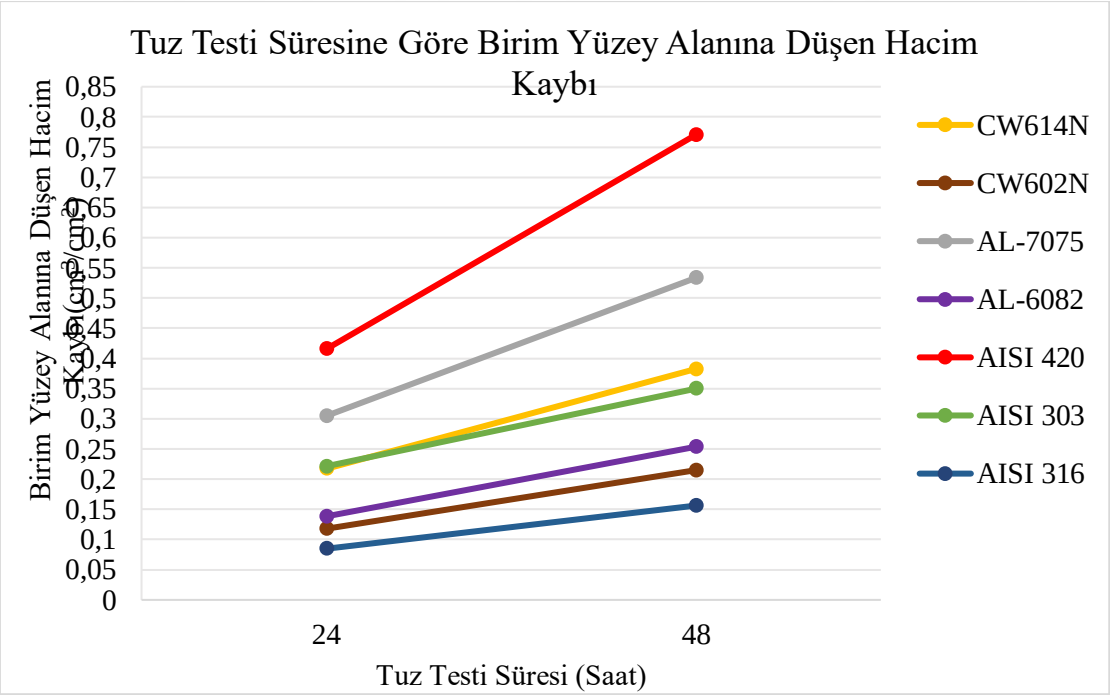


Şekil 5.38. Tuz Testi Süresine Göre Birim Yüzey Alana Düşen Kütle Kayıpları

Tuz testi sonrası sonra ölçülen kütle kayıpları farklı malzemeler arasında kıyas yapılabilmesi için kütle kayıpları özgül ağırlıklara bölünmüştür. Elde edilen değer yüzey alanlarına bölünerek kıyaslama yapılabilmesi için gerekli birimler hacim kaybının korozyon testine maruz kalan yüzey alanına bölünerek elde edilmiştir. Sadece AL-7075 ve 11SMnPb30 malzemeli numuneler için özel durumlar söz konusudur. Bu numuneler belli bir bölgesi kaplamalı, kalan bölgesi kaplamasız olarak teste tabi tutulup, ağırlıkları ölçülmüştür. AL-7075 malzemesinin kaplamalı kısmında kaplamasının yüksek kalitede olmasından dolayı herhangi bir korozyon ve kütle kaybı meydana gelmemiştir. Hacim kaybı kaplamasız alanın yüzey alanına bölünerek yapılacak olan grafiğe eklenmiştir. 11SMnPb30 malzemeli numunenin kaplamalı kısmında da korozyon meydana geldiği için kaplamasız ve kaplamalı kısımlarda meydana gelen hacim kayıpları net olarak belirlenemediğinden dolayı hacim kaybının yüzey alanına bölündüğü grafiğe dahil edilmemiştir. Tablo 5.4 ‘de tuz testi öncesi ve sonrası ağırlık ölçümleri, Tablo 5.5’de tuz testi sonrası kütle kayıpları verilmiştir. Şekil 5.39 ve Tablo 5.6’da tuz testi süresine göre birim yüzey alana düşen hacim kaybı verilmiştir.

Tablo 5.6. Tuz Testi Süresine Göre Birim Yüzey Alana Düşen Hacim Kaybı

Numune Malzemesi	24 Saat (cm^3/cm^2)	48 Saat (cm^3/cm^2)
CW614N	0,217	0,382
CW602N	0,117	0,214
AL-7075	0,304	0,533
AL-6082	0,138	0,253
AISI 420	0,415	0,77
AISI 303	0,221	0,349
AISI 316	0,084	0,156



Şekil 5.39. Tuz Testi Süresine Göre Birim Yüzey Alana Düşen Hacim Kaybı

5.2.Rockwell Sertlik Testi Sonuçları

Sertlik testinde, farklı metal ve alaşım malzemelerinin (AISI 303, AISI 316, AISI 420, CW614N, CW602N, AL-7075, AL-6082, 11SMnPb30) korozyona karşı dirençleri ve tuz püskürtme testi sonrası mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Yapılan bu sertlik testinin temel amacı, bu malzemelerin korozyon ortamında maruz kaldıkları süreye bağlı olarak sertlik özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin analiz edilmesidir.

Her bir malzeme türünden iki numune hazırlanmış ve bu numunelere sırasıyla 24 saat ve 48 saat süreyle tuz püskürtme testi uygulanmıştır. Tuz testi, numunelerin korozyona karşı dayanımlarını değerlendirmek için ISO 9227 standardına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

Test sonrasında, numunelerdeki yüzey durumu ve gözlemlenen korozyon belirtileri kayıt altına alınmıştır. Ardından, her bir numunenin korozyonun meydana geldiği üç farklı bölgesinden Rockwell cinsi sertlik ölçümleri yapılmış ve bu ölçümler, malzemenin genel mekanik davranışını değerlendirmek amacıyla ortalama değerler halinde raporlanmıştır.

Elde edilen sertlik değerleri, malzemelerin korozyon ortamında geçirdiği sürenin mekanik özellikler üzerindeki etkilerini karşılaştırmak için detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Ayrıca, test süresi ve korozyonun, malzemelerin yüzey özellikleri üzerindeki olası etkileri de değerlendirilmiştir. Farklı malzeme türlerinin test sonuçları arasındaki benzerlikler ve farklılıklar, hem malzemelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak hem de uygulanan test koşullarına göre yorumlanmıştır.

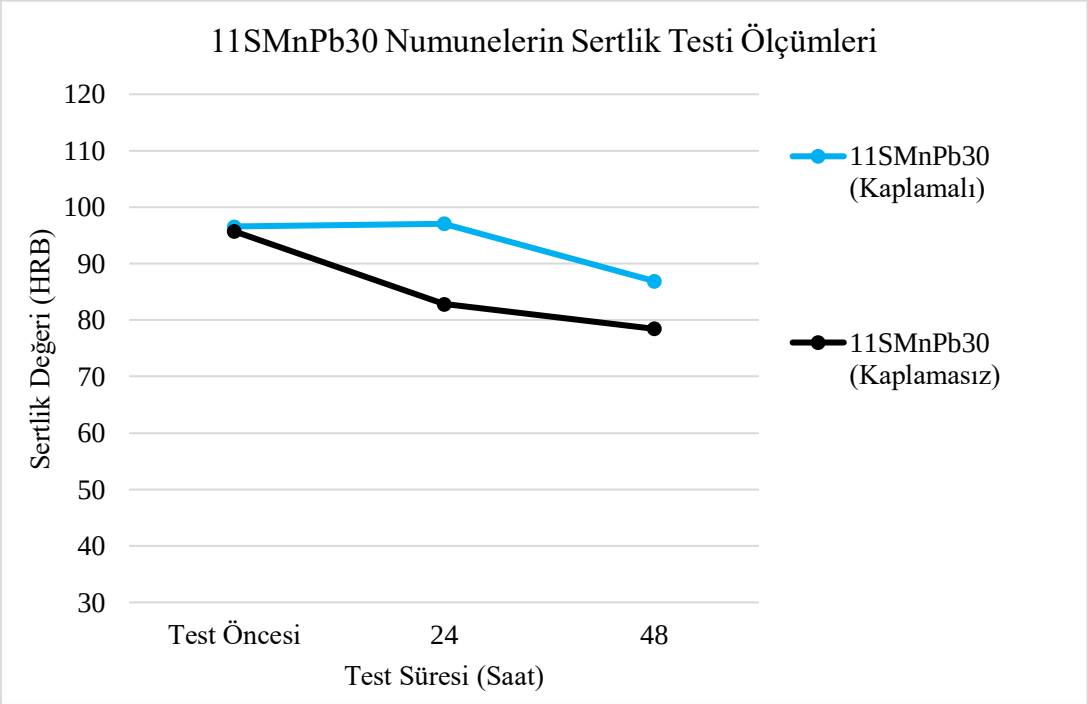
Bu bağlamda, aşağıdaki tabloda her bir malzeme için gerçekleştirilen 24 saatlik ve 48 saatlik tuz testi sonrası elde edilen sertlik ölçüm sonuçları detaylı olarak sunulmuştur. Sonuçlar, farklı malzeme gruplarının korozyon dayanımı ve mekanik performansındaki değişimlerin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Tablo 5.7’de sertlik testi ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.7. Sertlik Testi Ölçüm Sonuçları

Malzeme Grubu	Numune Malzemesi		Test Öncesi (HRB)	24 Saat (HRB)	48 Saat (HRB)
Pirinç Grubu	CW614N	1.Ölçüm	79,6	70,8	69,6
		2.Ölçüm	77,4	73,4	68,5
		3.Ölçüm	79,3	70,4	69,4
		Ortalama	78,75	71,5	69,17
	CW602N	1.Ölçüm	56,3	52,3	46,2
		2.Ölçüm	53,6	53,4	42,1
		3.Ölçüm	54,7	52,8	50,6
		Ortalama	54,86	52,84	46,3
Alüminyum Alaşımları	AL-7075 (Kaplamasız)	1.Ölçüm	76,2	76,6	78,6
		2.Ölçüm	77,8	74,8	77,7
		3.Ölçüm	77,4	74,8	79,1
		Ortalama	77,12	75,4	78,45
	AL-6082	1.Ölçüm	40,7	40,2	40,4
		2.Ölçüm	42,8	38,6	42,3
		3.Ölçüm	39,3	41,4	40,9
		Ortalama	40,94	40,06	41,2
Paslanmaz Çelik Grubu	AISI 420	1.Ölçüm	106,8	92,7	94,1
		2.Ölçüm	104,9	92,4	91,7
		3.Ölçüm	103,8	93,8	93,6
		Ortalama	105,16	92,96	93,13
	AISI 303	1.Ölçüm	96,1	97,8	96,3
		2.Ölçüm	95,7	96,7	96,4
		3.Ölçüm	96,3	95,8	95,5
		Ortalama	96,03	96,76	96,06
	AISI 316	1.Ölçüm	92,7	95,3	94,8
		2.Ölçüm	96,7	95,8	95,3
		3.Ölçüm	97,7	96,3	95,7
		Ortalama	95,7	95,8	95,26
Karbon Çelik Grubu	11SMnPb30 (Kaplamalı)	1.Ölçüm	97,1	96,6	85,4
		2.Ölçüm	97,8	98,7	89,1
		3.Ölçüm	94,8	95,9	86,3
		Ortalama	96,56	97,06	86,93
	11SMnPb30 (Kaplamasız)	1.Ölçüm	95,3	83,4	78,3
		2.Ölçüm	96,4	80,5	77,4
		3.Ölçüm	95,5	84,6	79,7
		Ortalama	95,73	82,84	78,46

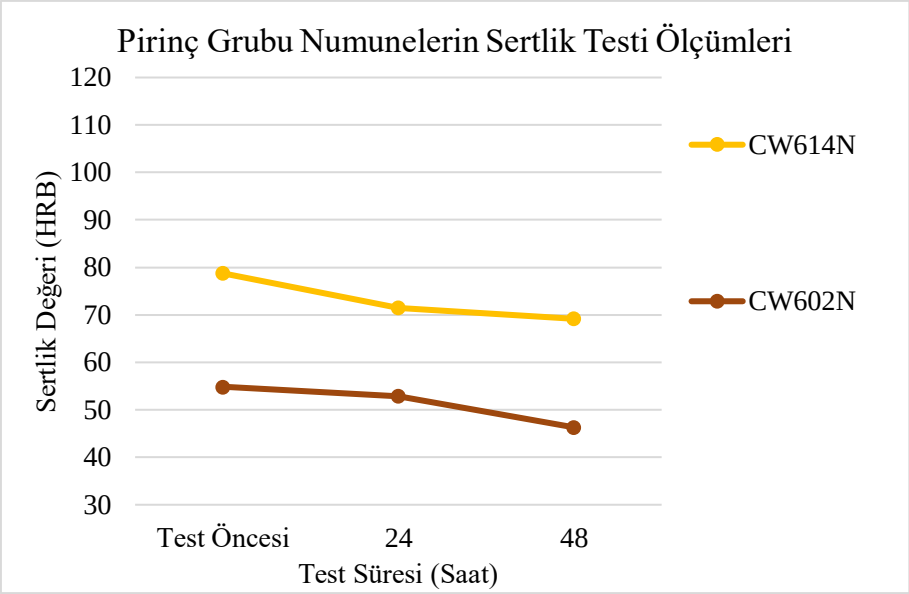
11SMnPb30 malzemeli numunelere uygulanan sertlik testleri sonucu kaplamalı ve kaplamasız numunelerin sertlik sonuçlarının arasında önemli derecede fark görülmüştür.

Kaplamasız 11SMnPb30 malzemeli numunenin sertlik değerinde 24 saatlik test sonucu azalma görülmüştür. 48 saatlik test sonrasındaysa bu sertlik düşümü devam etmiştir. Kaplamalı kısımda ise 24 saatlik tuz testi sonra sertlik değerinde ciddi bir değişim görülmemiştir. 48 saatlik tuz testi sonrası ise yüzeyde bir miktar sertlik düşümü gözlemlenmiştir. Kaplamalı ve kaplamasız kısımların sertlik düşümlerinin korozif ortamlar için tehlikeli olabilecek kadar ciddi miktarlarda olduğu söylenebilir. 11SMnPb30 malzemeli numunelerin kaplamalı ve kaplamasız yüzeylerinin sertlik ölçümleri Şekil 5.40 'da gösterilmiştir.



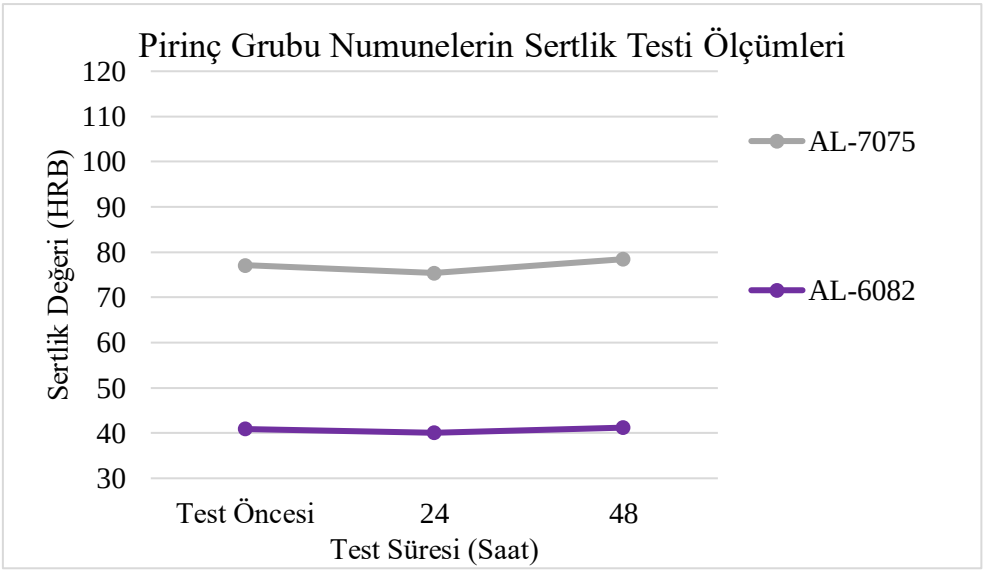
Şekil 5.40. 11SMnPb30 Malzemeli Numunelerin Test Süresine Göre Sertlik Değişimleri

Pirinç grubu numunelere yapılan sertlik testi sonuçları incelendiğinde CW614N malzemeli numunelerin 24 saat tuz testi sonrası çok az bir miktarda sertlik düşümü gerçekleşmiştir. 48 saatlik CW614N malzemeli numunede ise bu durum artarak devam etmiştir. CW602N malzemeli numunenin 24 saatlik tuz testi ardından sertlik değerinde herhangi bir düşüş görülmemiştir. 48 saatlik CW602N numunesinde ise az miktarda bir sertlik düşümü gerçekleşmiştir. Pirinç grubu numuneler incelendiğinde CW602N numunelerinin CW614N numunelerine kıyasla daha az sertlik düşümü yaşamıştır. CW614N ve CW602N malzemeli numuneleri sertlik ölçümleri Şekil 5.41'de gösterilmiştir.



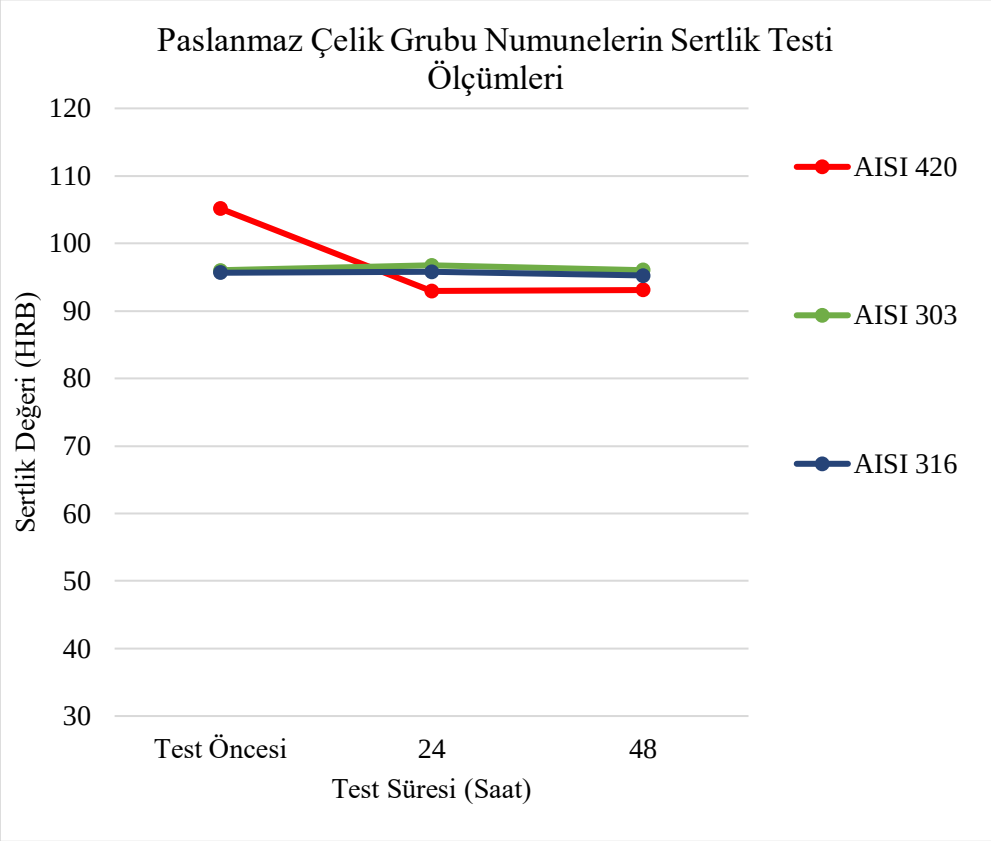
Şekil 5.41. Pirinç Grubu Numunelerin Test Süresine Göre Sertlik Değişimleri

Alüminyum alaşım numunelere tuz püskürtme testi sonrası uygulanan sertlik testi sonuçları incelendiğinde AL-7075 malzemeli numunenin yüzeyinde her ne kadar beyaz korozyon meydana gelmiş olsa da meydana gelen korozyon miktarının hem 24 saatlik hem de 48 saatlik numunede sertlik durumuna etki etmediği görülmüştür. AL-6082 malzemeli numunelerin korozyon testi sonrası sertlik ölçümleri yapıldığında sertlik değerlerinde herhangi bir değişim görülmemiştir. AL-7075 ve AL-6082 malzemeli numuneleri sertlik ölçümleri Şekil 5.42'de gösterilmiştir.



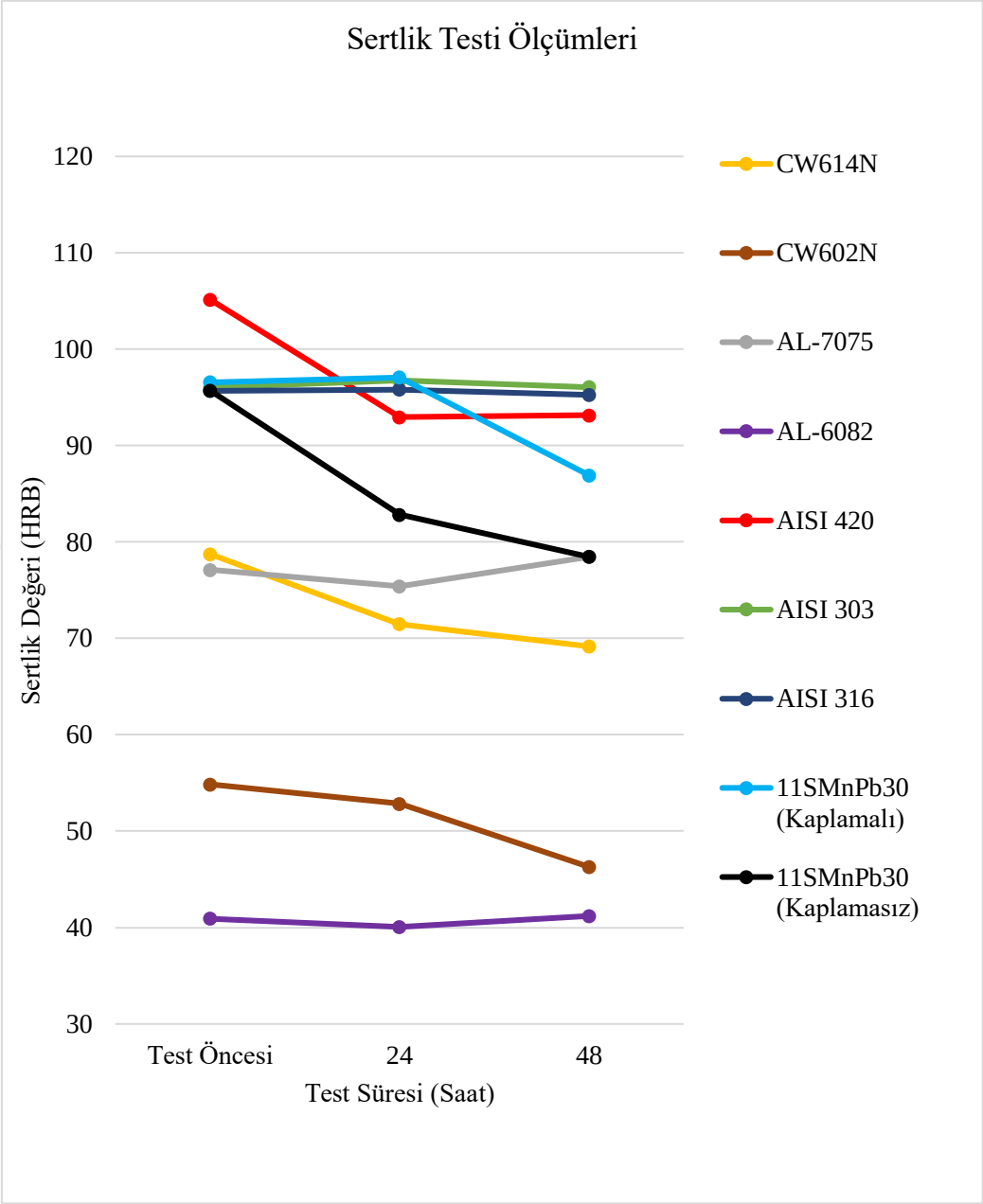
Şekil 5.42. Alüminyum Alaşımı Numunelerin Test Süresine Göre Sertlik Değişimleri

Paslanmaz çelik grubu numunelere tuz püskürtme testi sonrası yapılan sertlik testlerinin ölçümleri incelendiğinde AISI 420 malzemeli numunelerin 24 saatlik tuz testi sonucu sertlik değerlerinde ciddi düşüş görülmüştür. 48 saatlik numunelerde ise bu düşüş devam etmeyip sabit seyretmiştir. AISI 316 ve AISI 303 malzemeleri numunelerin sertlik testleri sonucunda ise hem 24 saatlik hem de 48 saatlik numunede herhangi bir sertlik değişimi gözlemlenmemiştir. Paslanmaz çelik grubu numunelerin sertlik ölçümleri Şekil 5.43'de gösterilmiştir.



Şekil 5.43. Paslanmaz Çelik Grubu Numunelerin Test Süresine Göre Sertlik Değişimleri

Tüm numunelerin sertlik değerleri incelendiğinde, AISI 316, AISI 303 ve alüminyum alaşımlarının tuz testi sonrasında sertlik değerlerini koruduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, pirinç grubu, AISI 420 ve karbon çeliği malzemelerde (hem kaplamalı hem kaplamasız) sertlik değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Tüm numunelerin sertlik ölçümleri Şekil 5.44'de gösterilmiştir.



Şekil 5.44. Sertlik Testi Ölçüm Grafiği

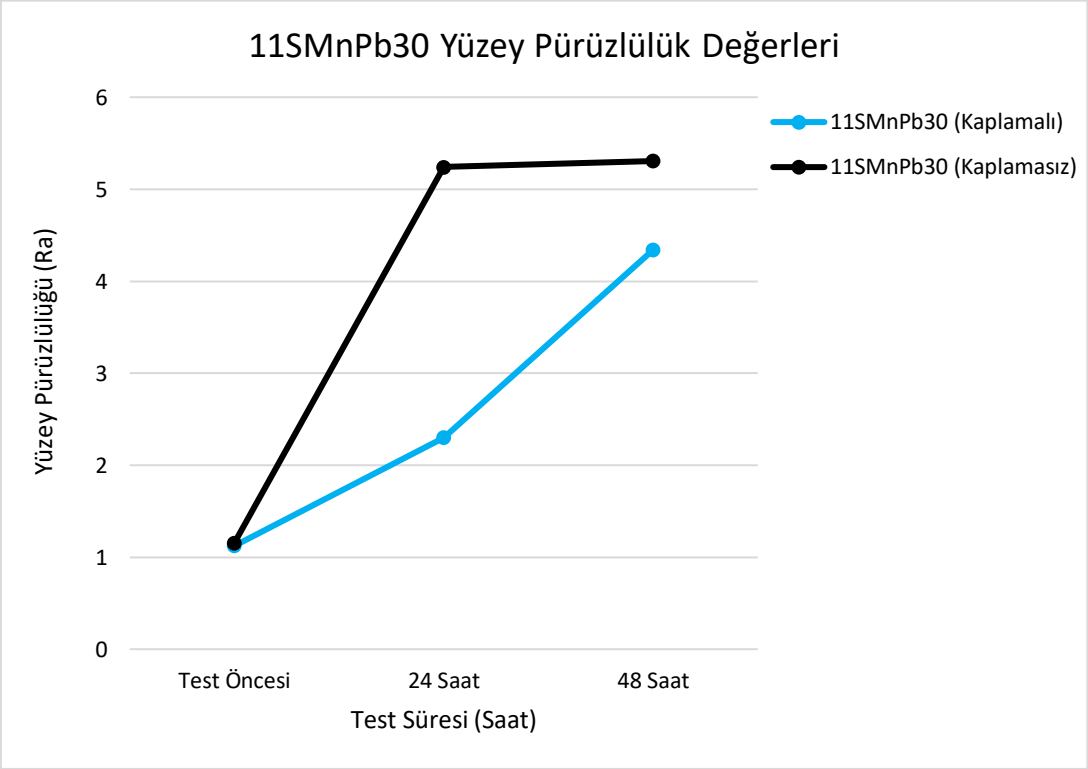
5.3.Yüzey Pürüzlülük Testi Sonuçları

Yapılan testlerde, farklı metal ve alaşım malzemelerinin korozyon dayanımları ve tuz testi sonrası yüzey kalitesindeki değişimler incelenmiştir. Her bir malzemeden üçer adet numune hazırlanmış olup bir adeti test görmemiş ürün, bir adeti 24 saat tuz püskürtme testi görmüş ürün, diğeri ise 48 saat süreyle tuz püskürtme testine tabi tutulmuştur. Tuz testinin ardından her numunenin yüzey kalitesi, Ra cinsinden üç farklı bölgeden ölçülerek değerlendirilmiştir. Tablo 5.8'de yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.8. Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçüm Sonuçları

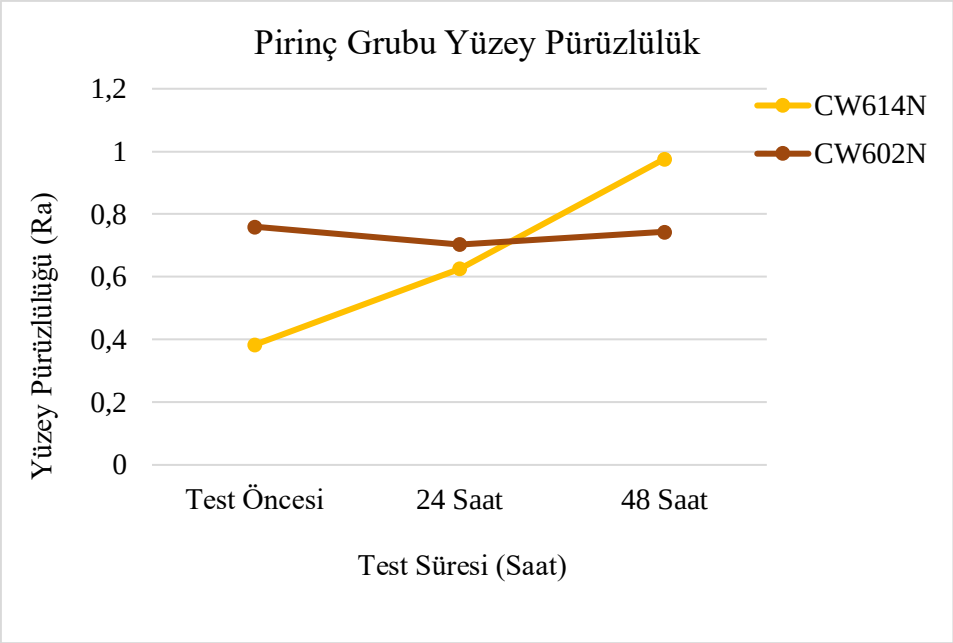
Malzeme Grubu	Numune Malzemesi		Test Öncesi (Ra)	24 Saat (Ra)	48 Saat (Ra)
Pirinç Grubu	CW614N	1.Ölçüm	0,4	0,58	1,28
		2.Ölçüm	0,37	0,68	0,88
		3.Ölçüm	0,38	0,62	0,77
		Ortalama	0,383	0,626	0,976
	CW602N	1.Ölçüm	0,76	0,72	0,7
		2.Ölçüm	0,78	0,7	0,73
		3.Ölçüm	0,74	0,69	0,8
		Ortalama	0,76	0,703	0,743
Alüminyum Alaşımları	AL-7075 (Kaplamasız)	1.Ölçüm	0,36	1,22	2,79
		2.Ölçüm	0,34	1,03	1,96
		3.Ölçüm	0,38	0,98	1,22
		Ortalama	0,36	1,076	1,99
	AL-6082	1.Ölçüm	0,84	0,86	0,94
		2.Ölçüm	0,82	0,83	0,97
		3.Ölçüm	0,77	0,87	1,02
		Ortalama	0,81	0,853	0,976
Paslanmaz Çelik Grubu	AISI 420	1.Ölçüm	1,07	2,13	2,45
		2.Ölçüm	1,05	2,74	2,1
		3.Ölçüm	1,02	1,81	5,17
		Ortalama	1,046	2,226	3,24
	AISI 303	1.Ölçüm	0,78	0,72	0,70
		2.Ölçüm	0,65	0,82	0,75
		3.Ölçüm	0,63	0,74	0,71
		Ortalama	0,686	0,76	0,72
	AISI 316	1.Ölçüm	0,80	0,72	0,75
		2.Ölçüm	0,78	0,82	0,77
		3.Ölçüm	0,77	0,75	0,82
		Ortalama	0,783	0,763	0,78
Karbon Çelik Grubu	11SMnPb30 (Kaplamalı)	1.Ölçüm	1,20	2,04	4,65
		2.Ölçüm	1,07	2,10	3,85
		3.Ölçüm	1,10	2,77	4,54
		Ortalama	1,123	2,3	4,34
	11SMnPb30 (Kaplamasız)	1.Ölçüm	1,04	5,02	5,10
		2.Ölçüm	1,18	5,4	5,37
		3.Ölçüm	1,25	5,3	5,45
		Ortalama	1,156	5,24	5,306

Elde edilen sonuçlara göre 11SMnPb30 malzemeli ürünün kaplamalı ve kaplamasız bölgeleri arasında büyük bir fark görülmüştür. Kaplamasız kısımda yüzey pürüzlülüğü 24 saat tuz püskürtme testinden sonra ciddi bir bozulmaya uğramıştır. 48 saatlik 11SMnPb30 malzemeli numunedeki yüzey pürüzlülük değerleri 24 saatlik parçaya kıyasla yakın seyretmiştir. 11SMnPb30 malzemeli numunenin kaplamasız kısmın yüzey pürüzlülük değerinin en kötü koşullara gelmesi için 24 saat tuz testinin yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Kaplamalı kısımda ise bu sürenin 48 saate çıktığı görülmüştür. Şekil 5.45' de 11SMnPb30 malzemeli numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir.



Şekil 5.45. 11SMnPb30 Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçümleri

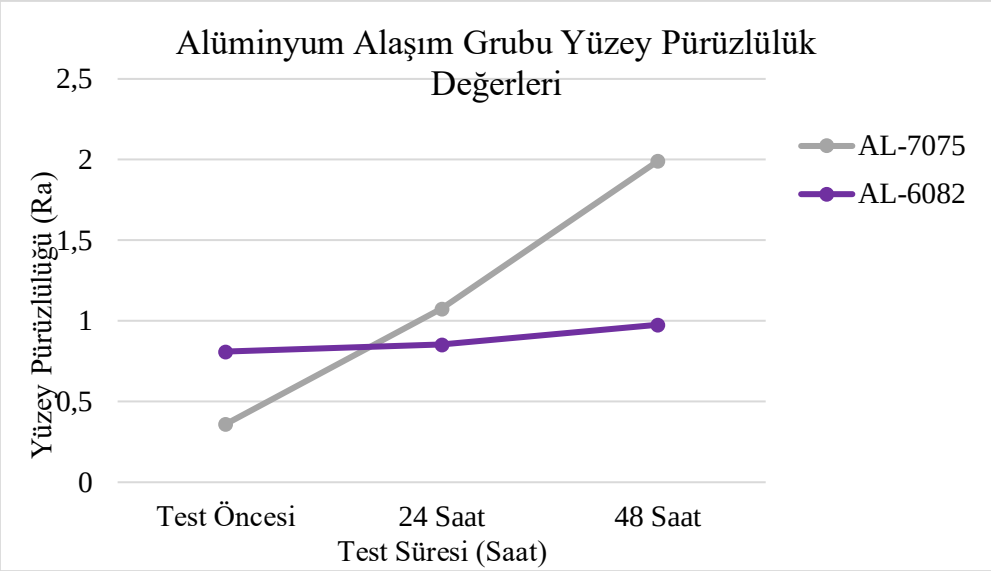
CW614N malzemeli numunedeki test sonuçları incelendiğinde ise 24 saatlik teste tabi tutulan numunede çok az miktarda yüzey pürüzlülüğünün bozulduğu görülmüştür. 48 saatlik test gören numunede ise bu yüzey pürüzlülüğü değerinin daha da kötüleştiği görülmüştür. CW614N malzemeli ürünün test sonuçları CW602N malzemeli ürünün sonuçlarına kıyasla daha kötü olduğu ve bu iki malzeme arasında korozyon dayanımı açısından gözle görülür bir fark olduğu gözlemlenmiştir. CW614N malzemeli ürün diğer malzemelere kıyasla ortalama bir dayanım göstermiştir.



Şekil 5.46. Pirinç Grubu Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçümleri

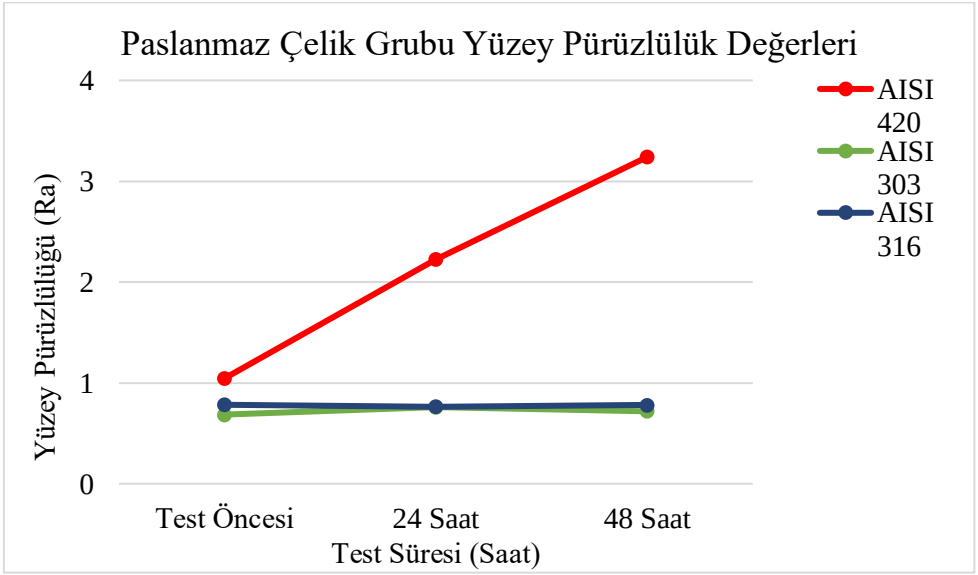
CW602N malzemeli numunedeki test sonuçları ayrıntılı olarak bakıldığında hem 24 saat teste tabi tutulan parçada hem de 48 saat teste tutulan parçanın yüzeyine korozyon gözlemlenmiş fakat yüzey pürüzlülüğüne ciddi bir etki etmediği görülmüştür. CW602N malzemeli numuneler, CW614N malzemeli numuneler ile kıyaslandığında CW602N malzemesinin net bir şekilde korozyona karşı daha dirençli olduğu görülmüştür. Bu korozyona karşı direnç arasındaki fark ise açıkça yüzey pürüzlülüğü değerine etki etmiştir.

AL-7075 alaşımlı malzemenin sonuçları incelendiğinde 24 saat ve 48 saat teste tutulmuş numunelerin pürüzlülük değerinin süreyle doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. AL-7075 korozyon dayanımı açısında her ne kadar ortalama bir dayanım göstermiş olsa da agresif koşulların olduğu ortamlarda kullanımı beraberinde korozyondan kaynaklı sorunlar getirebilir. AL-6082 alaşımına göre kıyaslandığında ise korozyon dayanımı açısından AL-6082 alaşımının çok gerisinde kaldığı görülmüştür. Kalan malzemelere kıyasla ortalama bir dayanım göstermiştir.



Şekil 5.47. Alüminyum Alaşım Grubu Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçümleri

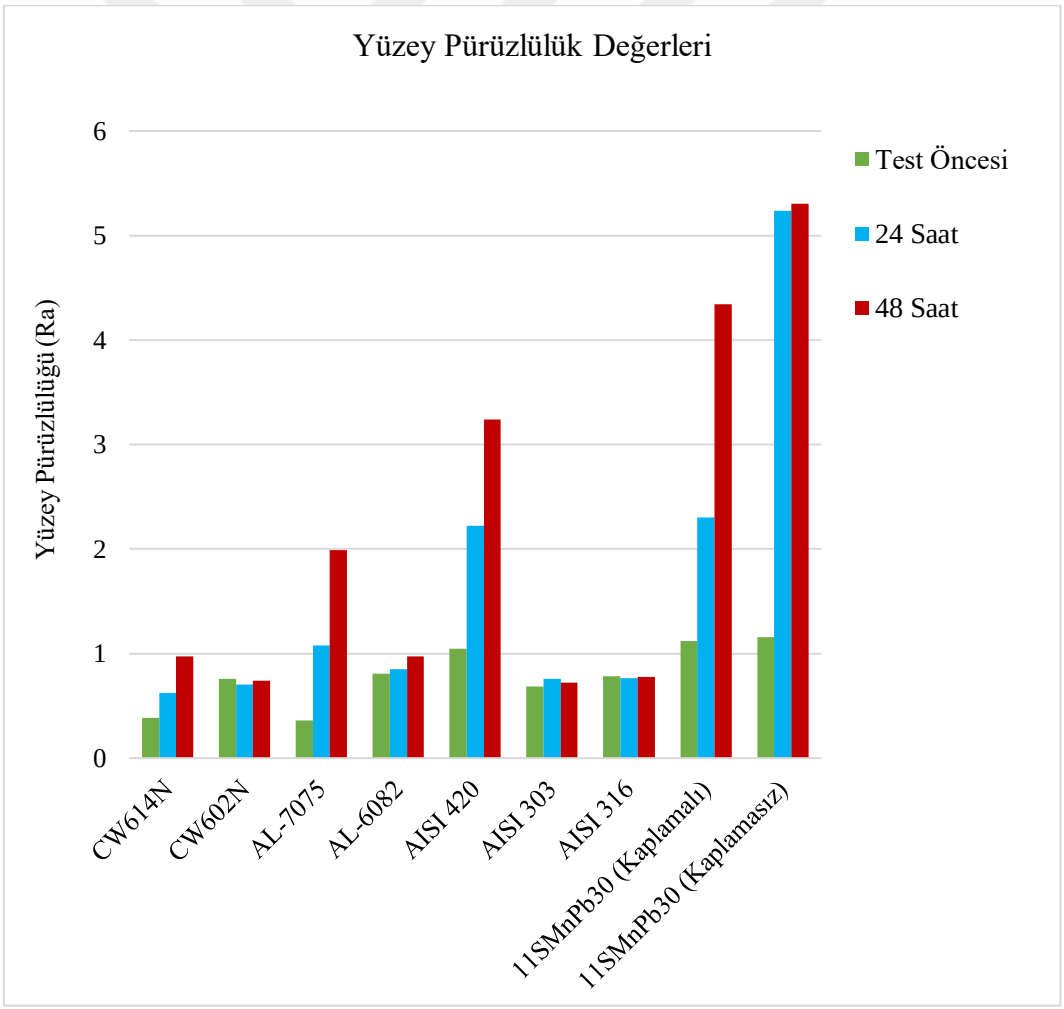
AL-6082 alaşım malzemeli numunelerin yüzey pürüzlülük değerlerine bakıldığı zaman test görmemiş numune, 24 saat ve 48 saatlik numuneler arasında ciddi bir fark görülmemiştir. Her bir AL-6082 alaşımlı numune de yüzey pürüzlülük değeri olarak yeterli seviyede olduğu görülmüştür. AL-6082 malzemeli numunelerin AL-7075 malzemeli numunelere kıyasla çok daha iyi bir dayanım gösterdiği gözlemlenmiştir. Geriye kalan diğer malzemelere göre kıyaslandığında ise AISI 316 ve AISI 303 malzeme harici yüzey pürüzlülük değerini çok daha iyi koruduğu görülmüştür.



Şekil 5.48. Paslanmaz Çelik Grubu Yüzey Pürüzlülük Değerleri

AISI 420 malzemeli numunelere bakıldığında ise yüzey pürüzlülük değerinin ciddi miktarda bozulması için 24 saat tuz testinin yeterli olduğu görülmüştür. 48 saatlik numunenin 24 saatlik numuneye kıyasla yüzey pürüzlülüğü açısında pek bir fark gözlemlenmemiştir. AISI 420 numuneler geriye kalan diğer 2 paslanmaz çelik grubu malzeme olan AISI 303 ve AISI 316 numuneleriyle kıyaslandığın çok ciddi bir farkla yüzey pürüzlülüğü değerini koruyamadığı görülmüştür. Diğer malzemelere kıyasla ise sadece 11SMnPb30 malzemesine göre daha üstün dayanım göstermiştir.

AISI 303 ve AISI 316 malzemeleri numuneler ayrıntılı olarak incelendiğinde yüzey pürüzlülüğü değerinde hem 24 saatlik hem de 48 saatlik numunelerde herhangi bir değişim görülmemiştir. Bu iki malzemeli numuneler geriye kalan diğer numunelere kıyasla çok iyi bir dayanım göstermişlerdir.



Şekil 5.49. Tüm Malzemelerin Yüzey Pürüzlülük Testi Ölçümleri

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında hızlı bağlantı elemanları sektöründe kullanılan farklı metal ve alaşım malzemelerin (CW614N, CW602N, 11SMnPb30, AL-7075, AL-6082, AISI 420, AISI 303, AISI 316) tuz püskürtme testiyle korozyon dayanımları ve uğradıkları korozyon sonucu sertlik ve yüzey pürüzlülük değerlerinde meydana gelen değişimler deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar analiz edilip, malzemelerin korozyon dayanımları ve korozyon sonucu meydana gelen mekanik özelliklerini etkileyebilecek sonuçlar analiz edilmiştir. Analizler sonucu yapılan çıkarımlar aşağıda özetlenmiştir.

- Korozyon testi sonrası yapılan kütle kaybı, sertlik ve yüzey pürüzlülük deneyleriyle paslanmaz çelik grubundaki malzemelerin arasında en dayanıklı malzemenin AISI 316 olduğu görülmüştür. AISI 316 malzemenin bu mükemmel korozyon dayanımını oldukça iyi dayanımıyla AISI 303 malzemesi takip etmektedir. AISI 420 malzemesinin de kötü bir korozyon dayanımı sergilediği söylenebilir.
- Pirinç grubu malzemelere yapılan testler sonucu CW602N'nin korozyon dayanımının CW614N'e göre çok daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. CW614N malzemesinin agresif korozyon ortamlarında ekstra olarak korozyon önlemi (kaplama, pasivasyon vb.) alınmadan kullanılmasının sakıncalı olduğu, meydana gelen korozyon sonucunda yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen artışın sızdırmazlık amacıyla kullanılan kauçuk malzemelere zarar verebileceği, düşüş gözlenen sertlik değerinin bilyeli veya pimli hızlı bağlantı elemanının kilitli pozisyondayken oluşabilecek brinell etkisini arttırabileceği fark edilmiştir.
- AL-7075 ve AL-6082 alaşımlarına yapılan testler, AL-6082'nin korozyon dayanımının AL-7075'e kıyasla daha iyi olduğunu göstermiştir. AL-7075, yüksek mukavemetli yapısına rağmen, korozif ortamlarda (ör. deniz suyu) korozyon önleyici işlemler uygulanmadan kullanıldığında çatlak oluşumu ve yorulma dayanımı düşüşü gibi riskler taşımaktadır. Buna karşın AL-6082, orta düzey mukavemetine rağmen zorlu çevresel koşullarda daha kararlı bir performans sergilemektedir ve dış ortam uygulamaları için daha uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.
- 11SMnPb30 malzemesine yapılan tuz püskürtme testi ile sertlik ve yüzey pürüzlülük ölçümleri, bu malzemenin koruyucu önlemler alınmadan kullanılamayacak kadar

düşük bir korozyon dayanımına sahip olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Özellikle nemli, tuzlu veya kimyasal açıdan agresif ortamlarda, yüzeyde oluşan korozyonun hızla ilerlediği ve bu durumun malzemenin yüzey kalitesinde ve sertlik değerinde ciddi kayıplara yol açtığı tespit edilmiştir. Kalınlığı orta derecede (8-10µm) olan bir kaplama uygulandığında bile korozyon dayanımının istenen seviyelere ulaşmadığı görülmüş, bu da malzemenin bu tür uygulamalarda daha gelişmiş yüzey kaplama teknikleri (örneğin, galvanik kaplama veya özel pasivasyon işlemleri) gerektirdiğini göstermektedir. Bu özellikleri nedeniyle, 11SMnPb30'un agresif ortamlarda dikkatli bir şekilde seçilmesi ve ek koruma yöntemleriyle desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Baradeswaran, A., Perumal, A. E. (2014). Wear and Mechanical Characteristics of Al 7075/Graphite Composites. *Composites Part B: Engineering*(56), 472-476.

Brinji, O., Fallahnezhad, K., Meehan, P. A. (2021). False Brinelling Behaviour Of High Carbon Bearing Steel Under Varying Conditions. *Wear*(5), 482-483.

Brnic, J., Turkalj, G., Canadija, M., Lanc, D., Krscanski, S. (2012). Responses of Austenitic Stainless Steel American Iron and Steel Institute AISI 303 (1.4305) Subjected to Different Environmental Conditions. *Journal of Testing and Evaluation*(40), 319-328.

Coşkuntuna, B., Kibar, A. (2023). Bilyeli Hızlı Bağlantı Elemanının Basınç Dayanımının Deneysel Olarak İncelenmesi. *7. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi.* Ankara. 16-17 Aralık 2023

Çakır, A. (1985). VII. Türk Ekonomisinde Korozyon Kaybının Boyutları ve İrdelemeler. *Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi.* Ankara. 1985

Çakır, A. (1993). Progress in the Understanding and Prevention of Corrosion, The Priority of Corrosion and Protetion in the Turkish Economy. *The Institute of Materials*, (11), 671.

El-Tamimi, A. M., El-Hossainy, T. M. (2007). Investigating the Machinability of AISI 420 Stainless Steel Using Factorial Design. *Materials and Manufacturing Processes*(23), 419-426.

Es-Said, O., Timko, M., Manganiello, J., Sunga, M., Alyahya, E. (2024). Parameter Effects on the Fatigue Behavior of Aerospace Aluminum Alloys. *Innovative Lightweight and High-Strength Alloys*. 323-333.

Finesso, R., Rundo, M. (2017). Numerical and Experimental Investigation on a Conical Poppet Relief Valve With Fow Force Compensation. 111-122. DOI:10.1080/14399776.2017.1296740

Galvele, J., Begum, S. (2016). Corrosion, Pitting. J. Galvele, S. Begum, (Ed.), *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering.*

Gharebaghi, P., Ahmadi, H., Hemmati, M., & Rezaverdinejad, V. (2021, Ekim). Optimization of an Effective Quick Coupling Valve For Pressurized Irrigation. *Irrigation and Drainage, 70*(4), s. 690-704. doi:https://doi.org/10.1002/ird.2578

Hussain, C. M., Verma, C., Aslam, J., Aslam, R., & Zehra, S. (2023). 3 - Galvanic corrosion. *Handbook of Corrosion Engineering* (41-54). DOI:https://doi.org/10.1016/C2021-0-02205-7

Hussain, C. M., Verma, C., Aslam, J., Aslam, R., & Zehra, S. (2023). 4 - Crevice corrosion. C. M. Hussain, C. Verma, J. Aslam, R. Aslam, & S. Zehra, (Ed.), *Handbook of Corrosion Engineering* (55-69). DOI:https://doi.org/10.1016/C2021-0-02205-7

Hussain, C. M., Verma, C., Aslam, J., Aslam, R., & Zehra, S. (2023). 5 - Pitting corrosion. *Handbook of Corrosion Engineering* (71-81). DOI:https://doi.org/10.1016/C2021-0-02205-7

Hussain, C. M., Verma, C., Aslam, J., Aslam, R., & Zehra, S. (2023). 6 - Intergranular corrosion. *Handbook of Corrosion Engineering* (83-89). DOI:https://doi.org/10.1016/C2021-0-02205-7

Janusz, K., Marcin, P., Garbacz-Klempka, A. (2019). Lead-Free Casting Brasses Investigations of the Corrosion Resistance and Shaping of Microstructure and Properties. *Archives of Foundry Engineering*(19). DOI:10.24425/afe.2019.127126

Jiang, J., Cui, J., Wang, Y., Huang, M., Dong, J., & Yan, J. (2024). Effect of T6 heat treatment on microstructure and mechanical properties of 6082 aluminum alloy automotive flange components formed by squeeze casting. *Materials Science & Engineering A*(912). DOI:https://doi.org/10.1016/j.msea.2024.146974

Kaftan, M. A. (2006). Çelik Yapılarda Korozyon Oluşumu ve Korozyondan Korunma Yöntemlerinin Maliyet Açısından Kıyasanlanması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Denizli, 181708.

Karadağ, M. A., & Kibar, A. (2023). Investigation of Valve Types In Hydraulic Quick Connect Couplings. *IV. Baskent International Conference On Multidisciplinary Studies* (710-715). Ankara: Iksad Global.

Khosro Fallahnezhad, O. B., Desai, A., Paul A. Meehan. (2019). The influence of different types of loading on false brinelling. *Wear*(440-441). DOI:https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.203097

Kılınç, İ. (2009). Çelik Malzemelerde Korozyon Oyuklarının Görüntü İşleme Yöntemiyle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 245229.

Korkmaz, İ. (2015). 11SMnPb30 Çeliğinin İşlenebilirliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversite, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 405847.

Krishna, A. R., Krishna, B. V., Harshith, D., Sashank, T., Subbiah, R. (2020). Investigation of Mechanical Properties of AISI 316 Stainless Steel by Carbonitriding Process. *Surface and Coatings Technology, 467*. DOI:https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2023.129676

Lazzari, L. (2017). 2 - Uniform Corrosion. Lazzari L., (Ed.), *Engineering Tools for Corrosion* (68) (25-38). DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102424-9.00002-1

Momber, A. (2024). Chapter 2 - Corrosion. Momber A. (Ed.), *Corrosion and Corrosion Protection of Wind Power Structures in Marine Environments* (1) (95-577). DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85742-0.00002-0

Monka, P. P., Monkova, K., Pantazopoulos, G., Toulfatzis, A., Papadopoulou, S. (2023). Evaluation of the machinability of CW614N brass alloy. *6th International*

Conference on Structural Integrity and Durability, 57-61. DOI:https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.10.067

Sardar, S., Karmakar, S. K., Das, D. (2018). High Stress Abrasive Wear Characteristics of Al 7075 alloy and 7075/Al2O3 Composite. *Measurement, 127*, 42-62. DOI:https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.05.090

Searson, P. C., Latanision, R. M. (1986). A Comparison of the General and Localized Corrosion Resistance of Conventional and Rapidly Solidified AISI 303 Stainless Steel. *Corrosion,* (42), 161-168. DOI:10.5006/1.3584897

Solomon, N., Solomon, I. (2010). Deformation induced martensite in AISI 316 stainless steel. *Revista de Metalurgia, 46*(2), 121-128. DOI:10.3989/revmetalm.0920

Sotoodeh, K. (2022). Chapter 6 - Crevice corrosion. K. Sotoodeh, (Ed.), *Case Studies of Material Corrosion Prevention for Oil and Gas Valves* (227-244). DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95474-7.00003-2

Sotoodeh, K. (2022). Chapter 8 - Galvanic corrosion. K. Sotoodeh, (Ed.) *Case Studies of Material Corrosion Prevention for Oil and Gas Valves* (271-286). DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95474-7.00003-2

Tomashov, N. D. (1996). *Theory of Corrosion and Protection of Metals : the Science of Corrosion.* New York: Macmillan.

Tuck, C., Powell, C., & Nuttall, J. (2010). Corrosion of Copper and its Alloys. *Shreir's Corrosion* (1937-1973).

Uhlig, H. H. (1971). Stress-Corrosion Cracking. L. H., *Engineering Fundamentals and Environmental Effects* (645-677). DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-449703-0.50016-3

URL-1.https://www.tst-tamsan.com/en/products/water-couplings/serie-102 (Ziyaret tarihi : 28 Mayıs 2024).

URL-2.https://tr.lindeorings.com/o-rings/teflon-seal-ring.html (Ziyaret tarihi : 28 Mayıs 2024).

URL-3.https://www.tst-tamsan.com/urunler/hidrolik/serie-070 (Ziyaret tarihi: 3 Haziran 2024).

URL-4.https://www.tst-tamsan.com/urunler/standart/serie-040 (Ziyaret tarihi: 5 Haziran 2024).

URL-5.https://www.tst-tamsan.com/urunler/dugmeli-kaplinler/serie-107,(Ziyaret tarihi : 7 Haziran 2024).

URL-6.https://www.tst-tamsan.com/urunler/hidrolik/serie-075 (Ziyaret tarihi : 15 Haziran 2024).

URL-7.https://www.tst-tamsan.com/urunler/su-kaplinleri/serie-128 (Ziyaret tarihi: 28 Haziran 2024)

Vargel, C. (2020). Chapter C.1 - Uniform Corrosion. Vargel C. (Ed.) *Corrosion of Aluminium* (159-162). DOI:https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099925-8.00013-2

Zhao, X., Wei, Q., Song, B., Liu, Y., Luo, X., Wen, S., & Shi, Y. (2015). Fabrication and Characterization of AISI 420 Stainless Steel Using Selective Laser Melting. *Materials and Manufacturing Processes*, 1283-1289. DOI:10.1080/10426914.2015.1026351

Zhu, L. K., Yan, Y., Qiao, L. J., Volinsky, A. A. (2013). Stainless Steel Pitting and Early-stage Stress Corrosion Cracking Under Ultra-low Elastic Load. L. K. Zhu, Y. Yan, L. J. Qiao, & A. A. Volinsky, *Corrosion Science* (360-368). DOI:https://doi.org/10.1016/j.corsci.2013.08.028

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Yazıcı, F., Karadağ, M.A., Göklüberk P., Kibar A., (2024, Mayıs). Examining the Uniformity of the Flow Distribution in Manifolds. *Journal of Applied Fluid Mechanics, 17*(5), 989-1001. https://doi.org/10.47176/JAFM.17.05.2302

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladıktan sonra, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2021 yılında Makine Mühendisliği lisans derecesi ile mezun oldu. 2022 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı yıl, Tamsan Bağlantı Elemanları AŞ'de Ar-Ge mühendisi olarak çalışmaya başladı ve halen bu görevine devam etmektedir.