

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLE KROM KAPLANMIŞ TABANCA
PARÇALARININ NATO TEST PERFORMANSLARININ
İNCELENMESİ

YUSUF NESİL

HAZİRAN 2017

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLE KROM KAPLANMIŞ TABANCA
PARÇALARININ NATO TEST PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

YUSUF NESİL

HAZİRAN 2017

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün Onayı.

....../....../.....

Prof. Dr. Başak TAŞELİ

Müdür

Bu tezi Yüksek Lisans tezi olarak Kimya Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Birsen Şengül OKSAL

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Hakan ADATEPE

Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hakan ADATEPE (Danışman,Üye)

Doç. Dr. Bülent ÖZTÜRK

Doç. Dr Temel ÖZTÜRK

ÖZET

ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLE KROM KAPLANMIŞ TABANCA PARÇALARININ NATO TEST PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

NESİL, Yusuf

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Hakan ADATEPE

HAZİRAN 2017, 89 sayfa

Bu çalışmada elektrokimyasal yöntem ile tabancanın balistik öneme sahip olan namlu ve ateşleme iğnesi parçalarına sert krom kaplanmıştır. Kaplama değişkenleri üzerinde değişiklikler yapılarak daha kaliteli kaplama elde edilmiş ve servis ömrü daha uzun silahlar geliştirilmesine yardımcı olacak çalışmalar yapılmıştır. Tabancanın namlu ve ateşleme iğnesi parçalarına sert krom kaplandıktan sonra tabanca NATO test standartlarına göre test edilmiştir. Yapılan testlerde kaplama öncesine göre tabancanın balistik performansında büyük oranda artış olduğu gösterilmiştir. Tabanca namlusunun ve ateşleme iğnesinin sert krom kaplandıktan sonra silahın servis ömrüne olan katkısının büyük oranda arttığı gösterilmiştir. Namlusuna ve ateşleme iğnesine sert krom kapladıktan sonra tabancaların tutukluk oranlarının azaldığı, hedef hassasiyetlerinin arttığı, ömürlerinin uzadığı, namlu çıkış hızlarının arttığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrokimyasal, Sert Krom, Tabanca, Namlu, Ateşleme İğnesi, NATO Testi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF NATO TEST PERFORMANCE OF CHROMIUM PLATED PISTOL PARTS WITH ELECTROCHEMICAL METHOD

NESİL, Yusuf

University of Giresun

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry, Master Seminar

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hakan ADATEPE

JUNE 2017, 89 pages

In this study, electrochemical hard chromium plated to the barrel and firing pin parts of the pistol which have ballistically importance. Coating variables were modified to provide better quality coatings and work to help develop pistols with longer service life. After hard chrome coating to the barrel and firing pin of the pistol, it has been tested according to the NATO test specifications. It has been shown that in the tests performed, the ballistic performance of the gun is greatly increased compared to the coating before. After hard chromium plated to the barrel and firing pin of the pistol, it has been shown that malfunction rate of the pistol decreased, accuracy increased, service life increased and muzzle velocity increased.

Keywords: Electrochemical, Hard Chrome, Pistol, Barrel, Firing Pin, NATO Test

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım süresince vermiş olduğu desteğiyle; bilgi aktarımı ve tecrübe paylaşımıyla tezi yönlendiren saygıdeğer danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ADATEPE' ye, saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan aileme, yoğun çalışmalarım sırasında her zaman anlayışla ve sabırla bana destek olan sevgili eşim Mürvet NESİL' e ve oğlum Emir Haktan NESİL' e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
TABLOLAR DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
SİMGELER DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.2. Elektro Çökelme Mekanizması.....	2
1.3. Elektrokimyasal Çökelme Parametreleri	5
1.3.1. Temel Elektrolit Bileşimi.....	6
1.3.2. Eklentiler.....	6
1.3.3. Kontrollü Kaplama Değişkenleri	6
1.3.4. Safsızlık.....	6
1.3.5. Akım Karakteristikleri	7
1.4. Elektrokimyasal Kaplamada Genel Teknikler	9
1.4.1. Askı (Tank) Kaplama.....	9
1.4.2. Dolap (Tambur) Kaplama	10
1.4.3. Otomatik Kaplama Makineleri	11
1.4.4. Özel Kaplama Teknikleri	12
1.4.4.1. Fırça ile Veya Seçici Kaplama	12
1.4.4.2. Sprey Kaplama	12
1.4.4.3. Daldırma ile Kaplama.....	12
1.5. Elektrokimyasal Krom Kaplama.....	12
1.5.1. Krom Metali Hakkında Genel Bilgiler.....	12
1.5.2. Krom Elektro-Çöktürme Teorisi.....	15
1.5.3. Krom Kaplama Banyoları.....	16
1.5.3.1. Krom Kaplama Banyoları Çalışma Koşulları.....	18
1.5.3.2. Krom Kaplama Banyoları Bakım ve Kontrolü.....	22
1.5.4. Elektrokimyasal Krom Kaplamanın Kalitesine etki Eden Faktörler.....	22
1.5.4.1. Akım Yoğunluğu.....	22
1.5.4.2. Konsantrasyon ve Karıştırma.....	23
1.5.4.3. Sıcaklık.....	23
1.5.4.4. Temel Metalin ve Elektrodun Tabiatı.....	24
1.5.4.5. Ph Etkisi.....	24
1.5.4.6. Dağılma Gücü.....	25
1.5.4.7. Askılama Geometrisi.....	26
1.5.5. Krom Kaplamada Anotlar	28

2. MATERYAL VE METOT	30
2.1. Hafif Silahlarda Krom Kaplama Uygulamaları	30
2.2 Hafif Silahlar.....	31
2.2.1. Tabancalar.....	32
2.2.2. Yivsiz Setsiz Av Tüfekleri.....	32
2.2.3. Yivli Setli Bolt Action Av Tüfekleri	33
2.2.4. Yivli Setli Piyade Tüfekleri	33
2.2.5. Keskin Nişancı Tüfekleri	34
2.3. Krom Kaplama İşlemi Uygulanan Hafif Silah Parçaları	34
2.3.1. Yivsiz Setsiz Tüfeklerde Krom Kaplanan Parçalar	34
2.3.2. Yivli Setli Tüfeklerde Krom Kaplanan Parçalar.....	35
2.3.3. Tabancalarda Krom Kaplanan Parçalar	35
2.4. Mevcut Tabanca Parçalarında Krom Kaplama Sonrası Yaşanan Sorunlar	36
2.5. Tabanca Parçalarına Krom Kaplama Uygulamaları	37
2.5.1. MC 28 SA model Tabanca namlusuna sert krom kaplanması.....	38
2.5.2. MC 28 SA Model Tabanca Ateşleme iğnesi Sert Krom Kaplanması.....	46
2.6. MC 28 SA Model Tabancalara Uygulanan Kritik NATO Testleri.....	51
2.6.1. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplama Öncesinde Yapılan Kritik NATO Testleri.....	51
2.6.1.1. Namlu Çıkış Hızı Testi.....	52
2.6.1.2. Doğruluk, Dağılım ve Etkili Menzil Testi.....	53
2.6.1.3. Tuz Sisi Testi (Korozyon Testi).....	54
2.6.1.4. Düşük Sıcaklık Testi.....	55
2.6.1.5. Yüksek Sıcaklık Testi.....	57
2.6.1.6. Ömür Mukavemet Testi	58
2.6.2. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanan Tabancaların Kritik NATO Testleri.....	60
2.6.2.1. Namlu Çıkış Hızı Testi.....	60
2.6.2.2. Doğruluk, Dağılım ve Etkili Menzil Testi.....	61
2.6.2.3. Tuz Sisi Testi (Korozyon Testi).....	62
2.6.2.4. Düşük Sıcaklık Testi.....	63
2.6.2.5. Yüksek Sıcaklık Testi.....	64
2.6.2.6. Ömür Mukavemet Testi	65
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	67
3.1. Tabanca Parçalarına Uygulanan Korozyon Testleri	67
3.2. Sert Krom Kaplamanın Tabancanın Test Performansına Etkisi	68
3.2.1. Sert Krom Kaplamanın Namlu Çıkış Hızına Etkisi	68
3.2.2. Sert Krom Kaplamanın Tabancanın Doğruluk, Dağılım ve Etkili Menzil'e Etkisi	72
3.2.3. Sert Krom Kaplamanın Tuz Sisi Testi (Korozyon Testi)'ne Etkisi	73
3.2.4. Sert Krom Kaplamanın Düşük Sıcaklık Testine Etkisi.....	74
3.2.5. Sert Krom Kaplamanın Yüksek Sıcaklık Testine Etkisi.....	75
3.2.6. Sert Krom Kaplamanın Tabanca Ömrüne Etkisi	76
4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	77
4.1. Uygulanan Sert Krom Kaplamanın Korozyon Test Neticelerinin Değerlendirilmesi.....	77
4.2. Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Namlu Çıkış Hızlarının Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması.....	78

4.3. Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Doğruluk Dağılım ve Etkili Menzil Testlerinin Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması	81
4.4. Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Soğuk Hava Testlerinin Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması.....	83
4.5. Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Sıcak Hava Testlerinin Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması.....	84
4.6. Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Ömür Mukavemet Testlerinin Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması	84
KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ	89



TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO

1.1. Temel Standart Krom Kaplama Banyoları.....	17
1.2. Bazı Geometrik Şekillerin Yüzey Alanları.....	26
1.3. Krom Kaplamada Parça Geometrisinin Kaplamaya Etkisi.....	27
2.1. Krom Kaplama Öncesi Namluların Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri.....	40
2.2. Numune Namluların Sert Krom Kaplama Sonrası Kaplama Kalınlıkları.....	44
2.3. Kaplama Sonrası Namluların Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri.....	45
2.4. Krom Kaplama Öncesinde Ölçülen Ateşleme İğnesi Yüzey Pürüzlülük Değerle- ri.....	48
2.5. Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplama Sonrası Kaplama Kalınlıkları.....	49
2.6. Sert Krom Kaplama Sonrası Ateşleme İğnesi Yüzey Pürüzlülük Değerleri.....	50
2.7. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanmadan Önce MC 28SA Tabanca- ların Namlu Çıkış Hızları.....	53
2.8. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanmadan Önce MC 28SA Tabanca- ların Dağılım Ölçüm Sonuçları.....	54
2.9. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanmadan Önce Numune Tabanca- lar ile Yapılan Düşük Sıcaklık Testi Sonuçları.....	56
2.10. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanmadan Önce Numune Tabanca- lar ile Yapılan Yüksek Sıcaklık Testi Sonuçları.....	57
2.11. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanan MC 28SA Tabancaların Namlu Çıkış Hızları.....	61

2.12. Namlusu Ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanan MC 28SA Tabancaların Dağılım Ölçüm Sonuçları.....	62
2.13. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanan MC 28SA Tabancaların Düşük Sıcaklık Test Sonuçları.....	64
2.14. Namlusu Ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanan Numune Tabancalar İle Yapılan Yüksek Sıcaklık Testi Sonuçları.....	65
3.1. Sert Krom Kaplama Öncesinde ve Sonrasında Namlu Çıkış Hızları.....	68
3.2. Namlunun Kaplama Öncesinde ve Sonrasında Yüzey Pürüzlülük Değerleri.....	71
3.3. MC 28 SA Model Tabanca Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplandıktan Önce ve Sonra Ölçülen Dağılım Değerleri.....	72
3.4. MC 28 SA Model Tabancaların Krom Kaplama Öncesinde ve Sonrasında Düşük Sıcaklık Testi Sonuçları.....	74
3.5. MC 28 SA Model Tabancaların Krom Kaplama Öncesinde ve Sonrasında Yüksek Sıcaklık Testi Sonuçları.....	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

1.1. Elektrik Çift-Tabakasında İyonların ve Dipollerin Dağılımı.....	2
1.2. Soldan Sağa Sırasıyla Kütle Merkezli Kübik, Hacim Merkezli Kübik ve Hekza- gonal Sıkı Diziliş.....	3
1.3. Üç Kristal Çekirdeği Oluşumu ve Büyümesi.....	4
1.4. Kübik Kristallerin Büyüme Habitleri.....	5
1.5. Elektrokimyasal Çöktürme Özelliklerini Etkileyen Faktörler.....	8
1.6. Tipik Bir Kaplama Tankı.....	9
1.7. Tipik Kaplama Dolapları.....	10
1.8. Parlak Kaplama Aralığı.....	18
1.9. 400 g/L lik 100:1 Çözeltide Krom Kaplama Hızı.....	19
1.10. 250 g/L lik CrO_3 ve Sülfat, Florür ve Silikaflorürlü Banyoda Akım Verimlili- ği.....	20
1.11. CrO_3 Konsantrasyonu Karşısında Akım Verimliliği.....	20
1.12. 250 g/L lik CrO_3 Banyosunda Akım Verimliliği.....	21
1.13. 400 g/L lik CrO_3 Banyosunda Akım Verimliliği.....	21
1.14. Anotların Kesit Alanları.....	29
2.1. Hafif Silahlardan Olan Polimer Gövdeli Tabanca (MC 28 SA).....	32
2.2. Yivsiz Setsiz Yarı Otomatik Taktik Av Tüfeği (MC 312 model).....	32
2.3. Bolt Action Av Tüfeği.....	33
2.4. Piyade Tüfeği (HK 417).....	33
2.5. Keskin Nişancı Tüfeği.....	34
2.6. Krom Kaplanan Bazı Yivli Setli Tüfek Parçaları.....	35
2.7. Krom Kaplanan Tabanca Parçaları (MC 28 SA model Tabanca).....	35
2.8. Krom Kaplaması Hasara Uğramış Tabanca Gövdesi (Guatemala 2014).....	36
2.9. Korozyona Uğramış ve Krom Kaplaması Soyulmuş 7075 alüminyum Gövde (Honduras 2014).....	37
2.10. Sert Krom Kaplama Hattı.....	38

2.11. Sert Krom Kaplama Öncesinde 20 Adet Tesviyesi Yapılmış MC 28 SA Tabanca Namluları.....	39
2.12. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı Mitutoyo SJ 400.....	39
2.13. Kaplama Öncesinde Namluların Aparata Dizilimi.....	41
2.14. Krom Kaplama Hattının Şematik Gösterimi.....	42
2.15. Krom Kaplama Hattının CAD Çizimi.....	43
2.16. EBAN 2000 Kaplama Kalınlığı Ölçüm Cihazı.....	43
2.17. Sert Krom Kaplama Öncesi MC 28 SA Ateşleme İğnesi Numuneleri.....	47
2.18. Sert Krom Kaplama İşlemi Uygulanmış Numune İğneler.....	49
2.19. Namlusu ve Ateşleme İğnesi Krom Kaplanmamış Olan Tabanca.....	51
2.20. Namlu Çıkış Hızı Ölçüm Cihazı Düzeneği.....	52
2.21. Dağılım Testi Tabanca Sabitleme Aparatı.....	54
2.22. Tuz Sisi Test Kabini.....	55
2.23. Genişleyen Namlu Yiv-Set Kesiti (Krom Kaplanmamış Namlu).....	59
2.24. Ateşleme İğnesi Uç Kısımında Oluşan Kraterleşme.....	59
2.25. Namluları ve Ateşleme İğneleri Krom Kaplanmış olan MC 28 SA model Tabancalar.....	60
2.26. Dağılım Test Atış Düzeneği ve Tabanca.....	61
2.27. Tuz Sisi Test Düzeneği.....	63
2.28. Namlunun Yiv-Set ve Hazne Kesit Görünümü (Catia 3D).....	66
2.29. Krom Kaplanan Namlunun Yiv-Set Çapı Mukavemet Testi Sonrasında Değişmemiştir.....	66
3.1. Korozyon Testi Sonrasında Uygulanan NATO Testine İlave Test.....	67
3.2. 9X19 MM Tabanca Namlu Yiv-Set Tasarımı.....	70
3.3. 10 000 Atım Sonrasında Namlunun Yivset Kısımının Mikroskopta 100x Büyütülmüş Görüntüsü.....	76
4.1. CIP Standardına Göre 9X19 mm Bir Namlu Yiv-Set Kesit Görünümü.....	78
4.2. 9x19 mm fişek CIP Normu Boyutları.....	79
4.3. 9x19 mm Çekirdeklerin Atım Sonrasındaki Görüntüsü.....	80
4.4. Namlu Sert Krom Kaplanmadan Evvel Yapılan Dağılım Test Sonucu (25 metre, 10 fişek).....	81

4.5. Namlusu Sert Krom Kaplanan Tabancanın Dağılım Test Sonucu (25 metre 10 fişek).....	82
4.6. Mukavemet Testinde Kullanılan Tabanca.....	84
4.7. Ateşleme İğnesinin Kapsüle Vuran Uç Kısmı.....	86
4.8. İğne Ucunda Kraterleşme Oluşumu (Sert Krom Kaplanmayan İğne).....	86



SİMGELER DİZİNİ

W	Çökelti Miktarı
I	Akım
Eq	Eşdeğer Ağırlık
F	Faraday Sabiti
YMK	Yüzey Merkezli Kübik
HMK	Hacim Merkezli Kübik
KMK	Kütle Merkezli Kübik
DC	Doğru Akım
DDW	Kişisel Savunma Silahı
ICW	Bireysel Muharebe Silahı
MSW	Orta Ölçekte Destek Silahı

1. GİRİŞ

1.1 Elektrokimyasal Kaplamanın Temel Mekanizması

Elektrokimyasal kaplama, metalin bir başka metale veya bir iletken yüzeye elektrokimyasal bir prosesle metal kaplama uygulamasıdır. Kaplanacak olan metal, (iş parçası) içerisinden doğrudan elektrik akımı geçen bir elektroliz hücresinde katot (negatif elektrot) olarak bulunur. İş parçası okside formda metali içeren sulu çözelti (banyo) içerisine daldırılır, anot genellikle kaplanan metalden bir çubuktur. Elektroliz sırasında metal iş parçası üzerinde çöktürülür. Çöktürülen metal miktarı Faraday'ın elektroliz yasası (1833) ile belirlenir. [1]

Faraday'ın elektro-çöktürme elektroliz yasası, elektrottaki toplam kimyasal değişim büyüklüğü direkt olarak çözelti içerisinden geçen elektrik ile orantılıdır. Bir elektrotta biriken toplam farklı substratların miktarı verilen bir elektrik ile onların kimyasal eşdeğer ağırlıkları ile orantılıdır.

Faraday yasası şu şekilde formülize edilir,

$$F = \frac{I \times t \times E_q}{W}$$

Burada, W: çökelti miktarı (gram)

I: doğru akım (amper)

t: zaman (saniye)

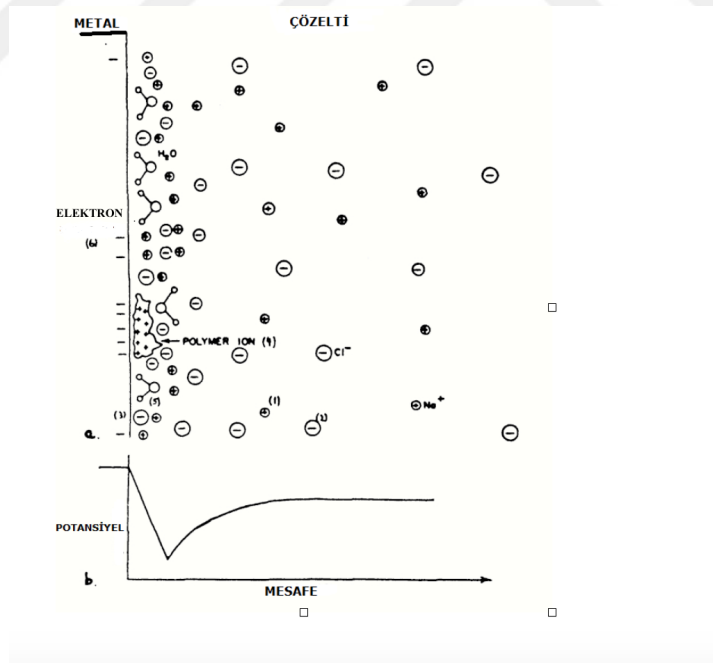
Eq: çöktürülen elementin eşdeğer ağırlığı

F: Faraday, a sabiti, = 96500 Colomb (yaklaşık) dır. [2]

1.2 Elektro Çökeltme Mekanizması

Metal çökeltisinde yeni bir katı faz üretildiği için diğer elektrokimyasal proseslerden farklıdır. Bu dinamik proses elektrot yüzeylerindeki iyon çözülmelerini ve yeni faktörlerin açıklanabilmesini zorlaştırmaktadır. Çöktürme prosesinin kinematikini aşağıdaki faktörler etkiler;

1. Elektriksel çift tabaka yaklaşık 10 angstrom kalınlıktadır ve yüzeyde iyonların absorbesi 2-3 angstrom mesafededir. Elektrolite daldırılan her elektrotta çözelti iyonları yüzeye yaklaşır. Genelde heterojen olan katı elektrot yüzeylerinde bu çift tabakanın karakteri ve yapısı lokal varyasyonlar ortaya çıkarabilir, çökeltme prosesinin kinetiğinde varyasyonlarla neden olur. Bu varyasyonlar, Bu toplam büyüme prosesini kapsayan elektrokristalizasyon prosesini etkiler.
2. Çözünmüş iyonların enerjisi ve geometrisi özellikle de kompleks iyon içerenlerde çöktürmeyi etkiler.
3. Polarizasyon etkisi.

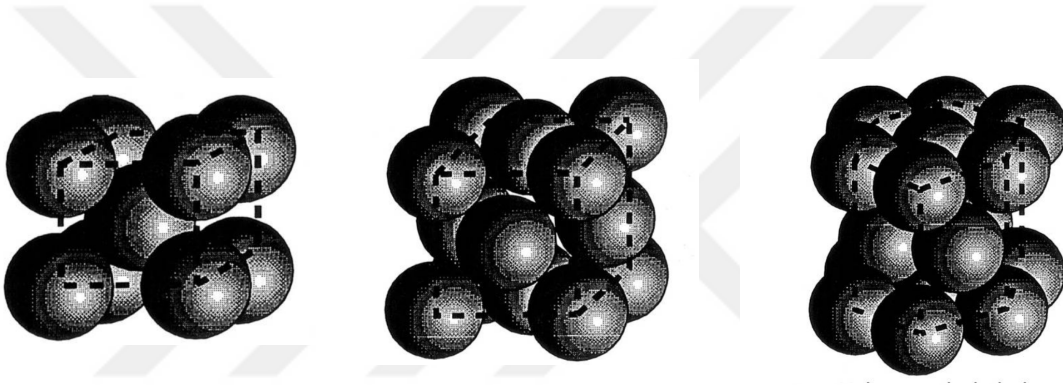


Şekil 1.1 Elektrik Çift-Tabakasında İyonların ve Dipollerin Dağılımı.

Tabiattaki metaller kristal halindedir. Metal atomları aralarında bağ yaparken düzenli bir şekilde sıralanırlar. Genellikle çoğu metalin atomsal yapısı kütle-merkezli kübik veya yüzey merkezli kübik olmak üzere iki türdür. Kütle Merkezli Kübik

(KMK) diziliş Demir ve Krom' u örnek verebiliriz. Ortadaki bir krom atomunun etrafında bir küpün köşelerine yerleşmiş şekilde krom atomları bulunur. Bu diziliş uzayda üç boyutlu olarak sürüp gider. Yüzey Merkezli Kübik (YMK) diziliş ise, kübün yan yüzeylerinin tam ortasında ve köşelerinde bulunacak şekilde dizilmiş Bakır, Altın, Gümüş ve Nikel atomları örnek verilebilir. Şekil 1.2 de bu yapılar gösterilmiştir. [16]

Daha nadir rastlanmakla beraber Çinko ve Kadmiyum gibi bazı metallerde Hekzagonal (Altıgen) Sıkı Diziliş görülebilir. Bu dizilişte kübün üst ve alt kısımlarında merkezdeki bir atomun etrafında 6 atom yerleşmiştir ve aralarında da 3 atom bulunmaktadır. Bu yapıya hekzagonal prizma denir.



Şekil 1.2 Soldan Sağa Sırasıyla Kütle Merkezli Kübik, Hacim Merkezli Kübik ve Hekzagonal Sıkı Diziliş

Bu üç dizilişten herbiri de (temel birim veya yapı birimi) uzayı aralık bırakmadan doldurur. Doğada bu üç dizilişin kullanılma sebebi de budur. Şekilde gösterilen noktalı çizgiler atomların üç boyutlu uzayda bulundukları yeri daha kolay anlamamız için çizilmiştir ve Kafes olarak adlandırılır.

Eğer metaller gerçekten kristal yapıdalarsa neden kuartz kristali gibi onlar da muntazam bir geometrik diziliş göstermezler. Eğer metal kristalinin kendi başına oluşup birbirine eklenmesine izin verilirse göstereceklerdir. Ne yazık ki çok özel teknikler kullanılmadan bu yapılamaz. Genelde çoğu metal kristali Şekil 1.3 de gösterildiği gibi başlangıçta çekirdeklerin etrafında oluşmaya başlar, kristalleşme büyüdükçe bunlar birbirleriyle kesişirler. Kristal sınırları (tanecik sınırları) düzenli veya geometrik olarak birbirinin devamı olacak şekilde değil çarpık vaziyette karşılaşırlar.

Mikroskop altında kristalin tanecikli yapısında bu sınırlar görülür. Tanecik sınırlarındaki ince bir atom tabakası haricinde kristal yapısı kusursuzdur.



Şekil 1. 3 Üç Kristal Çekirdeği Oluşumu ve Büyümesi

Metal kristali (taneciği) ortalama tanecik çapına göre ölçülür. Birim hacimdeki (veya alandaki) tanecik sayısı fazla ise tanecik boyutu küçük, az ise tanecik boyutu büyüktür denir.

Metali oluşturan kristal tanecikleri büyük olursa genellikle metal daha yumuşak ve kolay çekilir. Ayrıca donuk ve pürüzlü görünüşlüdür. Eğer tanecikler daha ince olursa metal daha sert, genellikle daha kırılğan, pürüzsüz ve parlak olacaktır.

Elektrokaplama işlemi esnasında kristal oluşumu iki adımdan meydana gelir:

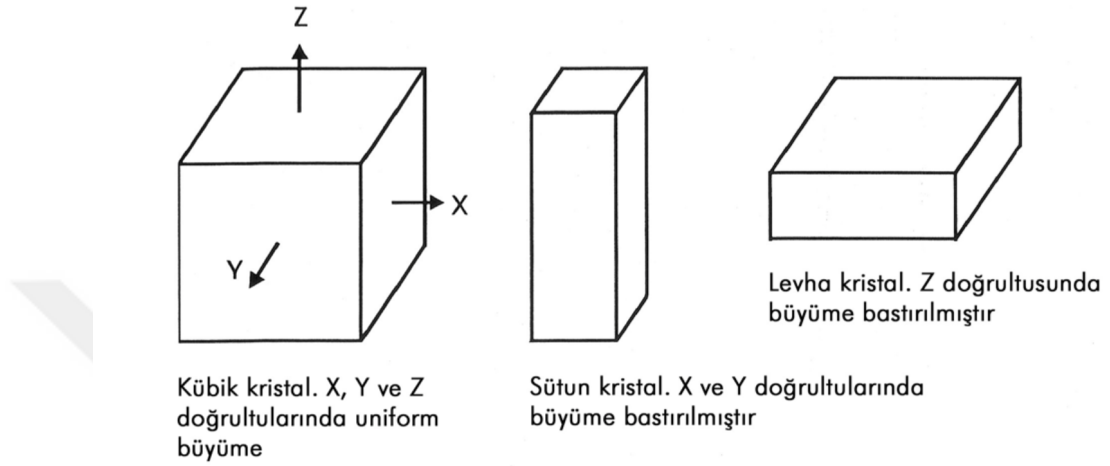
Temel metalin üzerinde kristal çekirdekleri oluşur.

Bu çekirdekler gelişir ve büyür.

Elektrokimyasal kaplamacılar bu işlem süreçlerini kontrol edebilirler. Kristal çekirdeğinin oluşumu sırasında, bunların büyümesinin ve birbirleriyle çakışmasının istenmediği, yani üstün bir kristal yüzeyi elde etmekle sınırlanmış olduğunuz şartlarda çalışmak gerekebilir. Bundan başka, eğer çekirdeklerin gelişmesinin istendiği (2. adım) şartlarda çalışılırsa kristal çekirdeği yapısı daha büyük olacaktır çünkü bu durumda az sayıda çekirdekten başlayıp bunlar yüzeyleri birbirleriyle temas edene kadar iyice genişleyeceklerdir.

Elektrikle kaplamada metallerin çekirdek boyutunu nasıl kontrol edebilebileceğinin yöntemlerini tartışmadan önce kristallerin nasıl büyüdüğüün irdelenmesi gere-

kir. Belli bir çevrede kristallerin gelişme şekline Habit denir. Belli şartlarda oluşan kristalin habitü çalışma şartları değiştiğinde artık aynı olmayacaktır. Şekil 1.4’ de bazı kristal büyüme habitleri gösterilmiştir. Kristalin böyle değişik yönlerde doğru büyümesinin nedeni, farklı çevresel şartlarda farklı yönlerde doğru büyümeye zorlanmasıdır.



Şekil 1.4 Kübik Kristallerin Büyüme Habitleri

Elektro kaplamada genelde büyüme habitü sütun şeklindedir. Yani yanlara doğru büyüme hızı dikey büyüme hızından daha düşüktür. Bu tip kristal oluşumu alan yönlendirmeli büyüme (elektrik alanının yönünde büyüme) olarak adlandırılır. Bazen levha tipi kristal gelişimi gözlenir (genelde banyoya kimyasal etmenler eklenerek elde edilir). Buna taban yönelmeli büyüme denir. Bazen de iğne yapılı kristaller görülür fakat genellikle yanık, kusurlu ve dallanmış kaplamalardır (iğne şekilli büyüme ağaç gibi dallanır). [17]

1.3 Elektrokimyasal Çökelme Parametreleri

Elektrokimyasal çökelme mekanizmasına etki eden parametreleri çok iyi analiz etmek gereklidir zira iyi bir kaplama bu değişkenlerin en optimum olduğu seviyede elde edilebilir. Bu parametreler elektrokimyasal kaplamaların kalitesini direkt olarak etkiler. Elektrokimyasal çökelme mekanizmasına temel elektrolit bileşimi, eklentiler, kontrollü kaplama değişkenleri, safsızlık ve akım karakteristikleri etki etmektedir.

1.3.1 Temel Elektrolit Bileşimi

Çöktürülecek olan metal iyonlarını ve destek iyonlarının bileşimini içerir. Destek iyonlarının veya bileşimin temel fonksiyonu, elektroliti dengede tutmak, çözelti iletkenliğini artırmak, aşırı polarizasyon ve pasifleşmeyi önlemek (özellikle anodik), istenilen kaplama koşullarında uygunluk sağlamaktır.

1.3.2 Eklentiler

Eklentiler genellikle ilave ajanlar olarak bilinir, sıklıkla kaplama çözeltilerine istenilen çökelti karakterini elde etmek için eklenir. Eklentiler genellikle organik veya koloidaldir. Birkaç mg/L gibi küçük konsantrasyonlarda bile büyük etkiler elde edilebilir. Genellikle efektif konsantrasyon aralığı 10^{-4} ile 10^{-2} mol/litre dir.

1.3.2 Kontrollü Kaplama Değişkenleri

Çözelti bileşimi de önemli bir değişkendir. Tamamı (çözelti bileşiminin) çökeltinin yapısı ve özellikleri üzerinde etkilidir. Bu etkiler her zaman tahmin edilebilir değildir ve optimum aralıkları ampirik olarak tayin edilir.

1.3.3 Safsızlık

Bir kaplama çözeltisini pratikte sürekli olarak safsızlığını sağlamak imkansızdır. Yaygın veya potansiyel kaynaklar şunları içermektedir:

- 1.Kullanılan veya bakım için kimyasallar,
- 2.Saf olmayan anotlar
- 3.Düzensiz silinen veya temizlenen anotlar ve filtreler
- 4.Kauçuk veya plastik astar ve hortumlar
- 5.Askı kaplamalar
- 6.Bozunmuş ilave ajanlar
- 7.Bir önceki basamaktan düzensiz ve uygunsuz olarak gelen daldırma
- 8.Kaplama sırasında biriktirilen parçalarda çözülme

9. Kaplama öncesinde iyi temizlenmemiş parçalar
10. Tanka düşen yağ veya kirlilikler
11. Genel olarak kötü temizleme

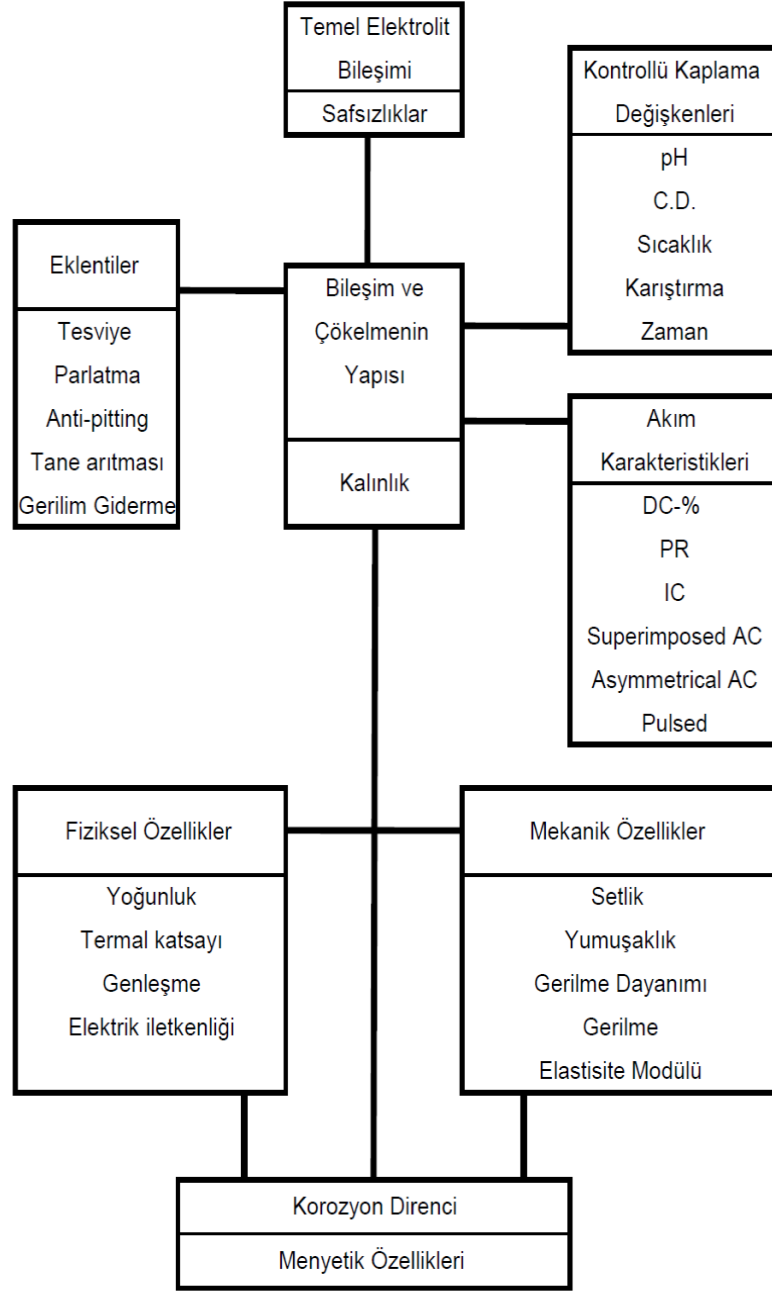
1.3.4 Akım Karakteristikleri

Bütün kaplama prosesleri-birkaç küçük istisna hariç- eş yönlü veya direkt akım (DC) gerektirmektedir. Doğru akımlar motor üreticiler veya refraktörlerdir ve alternatif akımı doğru akıma dönüştürmektedir. [2]

Kaliteli bir kaplama elde etmek için kaplama sırasında akımın minimum bir değişkenlikte tutulabilmesi çok önemlidir. Kullanılan redresörlerin akım değişkenliği toleransı ne kadar hassas ise kaplama da o kadar stabil ve kaliteli olacaktır.

Özellikle uniform bir kaplama kalınlığı elde etmek için akım karakteristiği büyük önem arz etmektedir. Endüstriyel kaplama hatlarında iş parçalarının tamamında aynı kalınlıkta ve kalite de kaplama elde etmek için akım karakteristiklerinin çok iyi bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir.

Çökeltme özelliklerini etkileyen faktörler



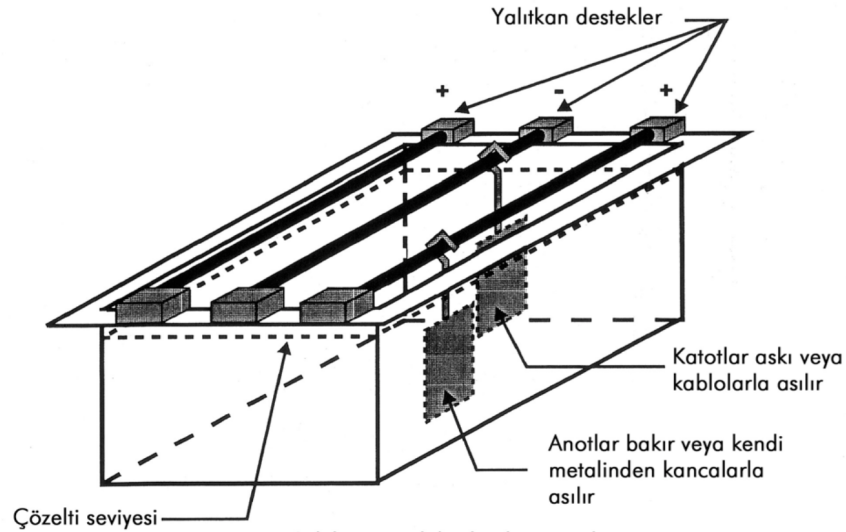
Şekil 1.5 Elektrokimyasal Çöktürme Özelliklerini Etkileyen Faktörler

1.4 Elektrokimyasal Kaplamada Genel Teknikler

Elektrokimyasal kaplama da çeşitli kaplama teknikleri kullanılmaktadır. Endüstride kaplanacak olan metalin ve yapılacak kaplamanın cinsine uygun bir kaplama tekniği seçilmektedir.

1.4.1 Askı (Tank) Kaplama

Bazı kaplamalar askıda yapılır. Genellikle dikdörtgen şeklindedir fakat dairesel veya özel bir şekilde de olabilir. Tipik bir dikdörtgen kaplama tankı Şekil 1.6’ da gösterilmiştir. Bu tankın içinde kaplama çözeltisini bulunur ve seramik, cam, demir, çelik, tahta, kauçuk, fiberglas, plastik gibi değişik yapı malzemelerinden oluşur. Bu yapı malzemeleri kaplama banyosunun yapısına ve çalışma koşullarına göre değişiklik gösterir.



Şekil 1.6 Tipik Bir Kaplama Tankı

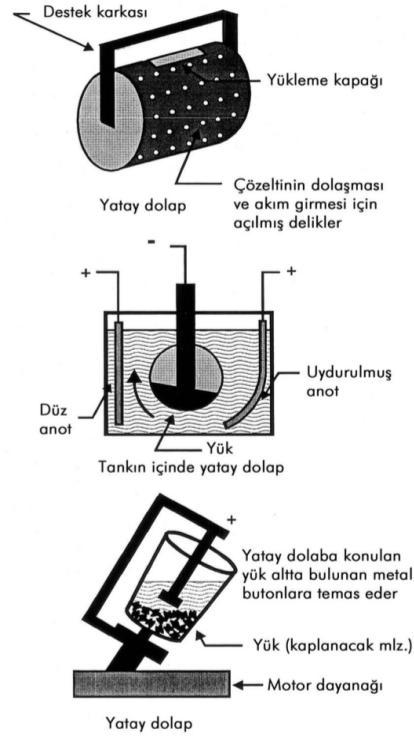
Kaplamaya yardımcı olması için tank boyunca bir veya daha fazla bakır veya pirinç bara yerleştirilmiştir. Buna Katot barası veya malzeme barası denir.

Kaplanacak malzeme bakır çengellerle katot barasına asılır. Bu çengellere askı denir. Askı kaplanacak malzemeyi asmak için kullanılan metal çerçeveden başka bir şey değildir. Genelde bakırdan yapılmıştır ve katoda temas etmesi istenmeyen yerleri plastisol denen kauçuk cinsi bir bileşikle kaplanmıştır.

1.4.2 Dolap (Tambur) Kaplama

Çok küçük ebatla ve fazla sayıda malzemelerin kaplanması gerekiyorsa askı kaplama pratik bir yöntem değildir. Bu durumda dolap kaplama yapılmalıdır.

Dolap kaplamada kaplanacak malzeme genelde küçük hacimlidir, silindirik veya hekzagonal şekilli dolaba boşaltılır (Şekil 1.7) Dolap uzun ekseninde yatay veya açılı şekilde döner. Kaplanan malzemeye elektrik akımı dolaba daldırılmış esnek metal başlıklı bir parçayla (kablo veya zincir) ya da kontak butonlarıyla verilir.



Şekil 1.7 Tipik Kaplama Dolapları

Bu tip kaplamada kaplanan malzemenin (katot) yüzey alanı çoğu durumda tam doğru olarak hesaplanamaz ve ağırlık üzerinden ayarlama yapılır. Bütün yüzeyler aynı anda akım çekiyor gibi düşünülemez. Dolap döndükçe (saniyede 5 ila 20 kez döner) bütün yüzeyler ergeç akım çeker ve metal kaplanır. Eğer dolap doğru şekilde yapılmış ve düzenlenmişse, çok küçük ve aynı şekilli malzeme üzerinde mükemmel uniform kaplama elde edilir.

Kaplama dolaplarının çeşitli türleri vardır. Her birinin üstün ve eksik yönleri mevcuttur. Silindirik veya yatay tip dolapta anotlar anot busbarına bağlıdır ve dolabın dış yüzeyine bazı durumlarda uyar bazen uymaz. Açılı tip dolapta anot çözeltinin içinde ve kaplanan malzemenin üzerindedir. Bununla beraber özel tasarlanmış açılı tip dolaplar delikli olup anotlar dolabın dışındadır. Basit bir açılı tip dolabın düşük elektriksel dirençten dolayı üstünlükleri vardır fakat kaplama bittikten sonra içindeki çözelti boşaltılmalıdır. Ayrıca çözünmez anot veya torba kullanılmazsa anot parçacıkları kaplanan malzemenin üzerine çöker ve bozuk kaplamaya neden olur.

1.4.3 Otomatik Kaplama Makineleri

Otomatik Kaplama Makineleri bir günde çok sayıda parçanın kaplandığı büyük kaplama atölyelerinde ve fabrikalarda kullanılır. Bu makinelerle çalışırken kaplanacak malzeme genelde askıya asılır, otomatik olarak taşınır, taşıyıcı bantla bir dizi kaplama işlemi arasında (temizleme, durulama, aside daldırma, kaplama, durulama ve kurutma) nakledilir. Bir kaplama işlemini bir başkası takip eder, durulama, kurutma ve boşaltma ile sona erer. Makinada çok sayıda mekanik sistem çalışır. Kaplama makinası üreticileri her geçen gün daha verimli ve yeni tasarımlar yapmaktadır.

Faraday' ın ilk yasasına göre bir cismin üzerine kaplanan metalin ağırlığı akıma ve zamana bağlıdır. Otomatik kaplama sırasında bunlara bağlı olan değişkenler:

1- Askının hareket hızı, 2- Kaplama tankının uzunluğu (bu iki faktör askının dolapta kalma süresini belirler), 3- Askıdaki akım.

Aslında manuel kaplamadan daha zor değildir ve aynı prensiplere göre yapılır. Yine de kaplama işi sürekli ve hızlı bir şekilde yapıldığından sistemin tüm parçalarının doğru çalışma şartlarında olmasına özel dikkat edilmesi gerekir. Hata ortaya çıkmasını önleyici bakım şarttır. Bu otomatik kaplama makinelerini durdurmak ve tanklardan bir tanesindeki dengesi bozulmuş çözeltinin bakımını yapmak kayıp işgücü ve enerji dolayısıyla tesise çok pahalıya malolur.

1.4.4 Özel Kaplama Teknikleri

Endüstrinin gelişen ihtiyaçlarına göre özel kaplama teknikleri geliştirilmiştir.

1.4.4.1 Fırça ile Veya Seçici Kaplama

Fırça ile kaplama tankta kaplamaya müsait olmayan geniş cisimlerin veya bir bunların kısmının kaplanmasında uygulanır. Kaplama bu işe uygun bir yerde yapılabilir. Fırça ile kaplamada elektrolit pasta veya sıvı formundadır (kalınlaştırılmış elektrolit) ve özel katot fırçası ya da süngeri ile sürülerek bir doğru akım kaynağından elektrik verilir. Kaplanan malzeme katot gibi, fırçanın içindeki metal levha ise anot gibi davranır. Malzemenin fırçalanması ve kaplanması eş zamanlı olarak yapılır. Göreceli olarak küçük alanları ince bir tabaka ile kaplamak için uygundur. Bununla birlikte geçmişte fırçaya sürtünerek döndürülebilen el aletleri vb. onarımında kalın metal katmanları kaplamak için kullanılmıştır.

1.4.4.2 Sprey Kaplama

1960' ların başlarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Korumalı katot üzerindeki belli bir bölgeye çok ince bir tabaka halinde elektrolit püskürtülür. Spreyin memesi anot, kaplanan malzeme katottur. Bu yöntemle küçük bir bölgeye göreceli olarak kalın bir kaplama hassas bir şekil verilerek yapılabilir. Yarıiletken kaplamacılığında kullanılan bir tekniktir.

1.4.4.3 Daldırma Kaplama

Elektrik potansiyel tablosundaki bir metal kendinden aşağıdaki bir metalle yer değiştirebilir. Altın suyuna batırma, renklendirme ve kalaylamada sık kullanılan bir yöntemdir.

1.5. Elektrokimyasal Krom Kaplama

1.5.1 Krom Metali Hakkında Genel Bilgiler

Sembölü Cr
Atom no. 24
Atom ağırlığı 51,996
Yoğunluğu 7,1

E. n. 1765 °C

K. n. 2660 °C

Değerlikleri +2 ; +3 ; +5 ; +6

Elektronları 2 ; 8 ; 12 ; 2

İzotopları 50 (% 4,4) ; 52 (% 83,78) ; 53 (% 9,43) ; 54 (% 2,3)

1797 yılında Sibirya’ da bir maden yatağında Fransız kimyageri *Vauqueli* tarafından bulundu. Ancak 1854 yılında *Bunsen* tarafından elde edilebildi. Krom metalisi ısıya çok dayanıklıdır ve demirden daha güç olarak 1765 °C’ de ergir. Çok sert bir metal olup aşınmaz ve havadan oksitlenmez, parlaklığını korur.

Bu metalin bütün tuzları kuvvetli ve renklendirici olduklarından, adı Yunanca’ da renk anlamına gelen *chrome*’ den gelmektedir. Yerkabuğunun % 0,037 – 0,040’ ını krom tuzları oluşturmaktadır. Krom cevheri (kromit), FeCr_2O_4 ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$) minerali halinde (%68 Cr_2O_3 ve %32 FeO) bulunur. Tabiatta bu oranda olmayıp değişik şekillerde bulunur. Fe yerine (Mg), Cr yerine (Al) veya ferrik demir spinel mineral grubunun bir çeşidi olup, $(\text{Mg}, \text{Fe}^{++})\text{O} (\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe}^{+++})_2\text{O}_3$ şeklinde de gösterilebilir. Yoğunluğu 4,6 ; sertliği 5,5’ tur. Krom metalisi PbCrO_4 şeklinde de bulunur. [3]

Krom birçok atmosferde korozyona karşı direnci olan mavimsi-beyaz ve parlak bir metaldir. Bu nedenle krom kaplama işlemi yaygın olarak bir final yüzey operasyonu olarak kullanılmaktadır. Krom kaplamanın prensipte iki tipi vardır; ince kaplanmış kararmayı önleyen “dekoratif krom kaplama” ve endüstriyel olarak uygulanan ısı dayanımı, korozyon direnci, aşınma direnci, düşük sürtünme katsayısı elde etme gibi özellikler kazandıran ağır kaplamalar “sert krom kaplama” olarak ikiye ayrılmaktadır.

Dekoratif krom genellikle nikel veya bakır gibi kaplamaların üzerine kaplanır, bu alt kaplamalar sayesinde kromun mikro çatlaklarının korozyon oluşturmalarını önler. Dekoratif krom kaplama çökeltileri otomobil parçaları, mobilya parçaları gibi parlaklık, estetik ve görünümün önemli olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Normal bir dekoratif krom kaplama kalınlığı 0,00051mm ile 0,000378 mm aralığındadır, nikel ve bakır gibi alt kaplamalar ile birlikte toplam kaplama kalınlığı 0,0127 mm civarındadır. [4]

Sert krom kaplama aşınma direnci olarak yalnızca çelikler için değil birçok çeşitli diğer metal üzerinde de kullanılan bir kaplamadır. Sert krom kaplama dekoratif krom kaplamadan yalnızca kullanım amacı olarak ayrılmaz aynı zamanda kaplama kalınlığı olarak da farklıdır. Ortalama bir sert krom kaplama kalınlığı 0,0127 mm ile 0,254 mm aralığında değişmektedir.

Sert krom elektro-çöktürmesi bütün metal parçaların aşınma, sürtünme, korozyon direnci hususlarında ömrünün uzatılması amacı ile yapıldığı bilinmektedir. Bu parçalar yenide olabilir, ya da kullanılmış olup hurda olmaktan kurtarılması amacıyla ile de krom kaplanabilir. Sert krom kaplama, düşük yüzey enerjisi nedeni ile çok sıklıkla dönen ve kayan parçalara uygulanmaktadır, bu sebeple motorlar, kompresörler, pompalar, hidrolik ve pnomatik çubukların üzerine kaplanmaktadır. [4]

Krom yalnızca kromik asit (CrO_3) ve su olan çözeltide çöktülemez. En azından bir veya daha fazla asit radikalleri katalizör olarak bulunmalıdır ve kromun katodik çökmesine destek vermelidir. Bunlar genellikle sülfat veya florittir, ya da floritin kompleks formudur. Başarılı bir kaplama operasyonu için, kromik asit oranının toplam katalist asit radikallerine oranı belirli limitlerde tutulmalıdır, tercihen sülfat ve florit gibi katalizörler olması durumunda 100:1 dir. Krom banyolarında en çok kullanılan sülfat kaynağı sülfürik asittir.

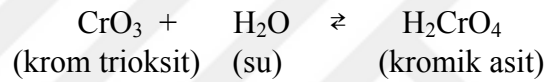
Diğer elektrokimyasal kaplama proseslerine göre voltaj krom kaplama da daha yüksektir, operasyon koşullarına bağlı olarak genellikle 4 ila 10 V arasındadır. Diğer metal kaplamalara göre krom kaplamada gerekli olan elektrik enerjisi daha fazla olsa da, bu dezavantaj krom kaplamanın yaygın bir şekilde kullanılan bir proses olmasının önüne geçememektedir.

Bir krom kaplama sistemindeki kimyasal reaksiyonlar basit değildir. Oksijen ve hidrojen buharlaşmasından başka, pozitif yüklü krom kompleksleri katot yüzeyinde krom metale indirgenir; bir miktar Cr (6) kısmen katot yüzeyine Cr(3) e indirgenir. Hoare'nin önerdiği mekanizmada sülfat ve diğer katalitik iyonların Cr(6) nın Cr metale indirgenmesinde nasıl çift bir rol oynadığı açıklanmaktadır. İlk olarak bir bloklama ajanı olarak rol oynar ve istenilen kromik-dikromat kompleksi dönüşebilir. İkincil olarak da Cr (2) metalini Cr metale indirgenmesini katalize eder. Bu krom katalizör komplekslerinin dağılımı katalizörün konsantrasyonuna bağlıdır. Hoare' nin

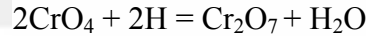
mekanizması bu komplekslerin en iyi oranının kimyasal denklemler doğrultusunda 100:1 kromik asit-sülfat olduğunu göstermektedir. Aslında yıllar öncesinden bu oran deneysel olarak da ulaşılmış ve kullanılmaktaydı. [4]

Kimyasal bir reaksiyonda katalizör, reaksiyonun istenilen kadar ilerlemesini sağlayan ancak kendisi reaksiyonda kullanılmayan bir ajan olarak tanımlanır. Krom kaplama banyolarında sülfat iyonu (SO_4) doğru katalizör görevi görür, sürekli olarak yenilenmelidir ve bunun tek yolu ilerleme sırasında konsantrasyonunu artırmaktır. İstenilen metalik krom üremesinin yanı sıra, birçok istenmeyen reaksiyon oluşur. Bunlardan birisi hidrojen gazı çıkışıdır.

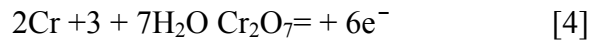
Kromik asit sade olarak kromik asit olarak ticari olarak satılmaz, normalde krom-trioksit veya krom-anhidrat olarak bulunur ve suda çözülene kadar hala asit değildir.



Aslında CrO_4 iyonu Cr_2O_7 ile bir denge halindedir. Devamında çökelme olmaktadır.



Cr_2O_7 deki Cr un valans elektronu + 6 dır. Daha öncede belirtildiği gibi, ek olarak katot yüzeyinde Cr(VI) dan Cr(III) e indirgenme reaksiyonu olmaktadır. Çözünmez kurşun anot yüzeyinde aslında Cr(III) oksijen ile reaksiyona girer ve kendi kompleks tuzunda hegzavalent kroma dönüşür. Eşitlik aşağıdaki gibi verilir;



İş parçasına kaplandıkça banyodaki krom miktarı azalmaktadır, üzerine kromik asit konularak banyoya eklenir. Tatmin edici bir kaplama için krom kompleks tuz olarak ortamda bulunmalıdır. Metalik krom anot olarak kullanıldığında bu tuz formuna çözünmediği için kurşun elektrotlar kullanılmaktadır.

1.5.2 Krom Elektro-Çöktürme Teorisi

Krom tipik bir geçiş elementi olarak, birçok renkli ve paramanyetik formda olabilir. Kromun şu şekilde oksidasyon bölgeleri vardır: -2,-1,0, +1,+2, +3,+4,+5,+6

dır. En yüksek oksidasyon hali +6 dır. Buda 3d ve 4s elektron sayılarına denk gelmektedir. E düşük -2, -1, 0 ve +1 normal oksidasyon durumudur. Bu hallerde krom karbonil, nitrosil, ve organo-metalik kompleksler halinde bulunur. [5]

İki değerlikli +2 oksidasyon basamağındaki krom daha önceleri elektro-çöktürme mekanizmalarında düşünülmemiştir. Kromun pasivizasyonunda rol oynar. Son zamanlarda çöktürme ve çözülme mekanizmalarında rol oynayabileceği tespit edilmiştir.

Krom, Cr^{+3} elementin en kararlı ve önemli oksidasyon halidir. E_0 değerleri göstermektedir ki Cr^{+2} den Cr^{+3} e yükseltgenme değeri ve Cr^{+6} dan Cr^{+3} e indirgenmesi asidik sulu çözeltilerde avantajlıdır.

1.5.3 Krom Kaplama Banyoları

İyi bir krom kaplama hattı kurmak için basit bir şekilde bir krom banyosunun nasıl çalıştığını göstermekten çok daha fazla bilgi gerektirmektedir. [4]

Krom kaplama banyoları, genellikle dekoratif ve sert krom kaplamak amaçlı olarak kullanılmaktadır. hazırlanabilecek en basit banyolardır, ve iki temel içeriği vardır, birincisi suda çözünebilen krom ve ikincisi ise az fakat kritik miktarda anyon, daha iyi bir isimlendirme ile katalizör. Katalizör tek başına sülfürik asitten, başka bir asit radikali ile kombinasyonundan veya filorit, filorobüat veya bunların karışımından elde edilir. [5]

Krom kaplama banyolarında genellikle kromik asit kaynağı olarak genellikle krom trioksit CrO_3 (kromik anhidrat) kullanılır. 110 derece de buharlaşan derin kırmızıdan kırmızımsı-kahverengi kristaldır. Suda çözünebilirliği yüksektir, (0 derece de 165 g/ 100 g ve 100 derecede 206g/100g) $H_2Cr_2O_7$ ve poli-kromik asit karışımı içeren bir çözelti üretir. Birçok üretici küçük miktarda katalizör asit radikallerinin bile etkisini iyi bilmektedir, özellikle krom kaplamada iyi saflıkta kromik asit üretmektedir.

250 g /L kromik asit içeren en popüler bir çözelti yaklaşık % 50 veya 125 g/L krom metali içermektedir. Kayıpsız akım durumunda, hiçbir kayıp olmaması durumunda 200 gram krom 110 m² lik bir yüzeyi 0,156 µm kalınlıkta çökelti ile kaplamaya yeterlidir.

Saf kromik asidin krom kaplama banyosuna dönüştürülmesinde ilave sülfat katalizörleri gereklidir. Çok fazla katalizör eklentisi ters etki yapar, zayıf yapışma gücü oluşur ve sonuçta kaplama gerçekleşmez. Bir sonraki aşamada depolarizasyondan dolayı katotta kolayca Cr(III) birikmesi gerçekleşmektedir. Doğru akımı ve sıcaklığı yeterince yüksek bir değere artırınca, kaplama çok düşük bir oranda gerçekleştirilebilir. (10:1 e kadar) Kromik asit sülfat çözeltisinin doğası gereği krom kaplama banyolarının bileşiminin esas temel kriteri ağırlık olarak kromik asitin sülfata oranıdır. Bu oran 50:1 ila 250:1 aralığında korunmalıdır, genelde tercihen 100:1 dir. 90:1 oranı genelde yaygındır, ancak 70:1 ve 80:1 oranları da sert krom kaplama banyolarında özellikle yüksek sıcaklıklarda tercih edilir.

Sülfatın katalizör asit radikali olarak kullanıldığı krom kaplamada tipik bir formül Tablo 1.1 de verilmiştir.

	Seyreltilmiş	Banyo	Standart	Banyo	Yoğun	Banyo
	g/L	Molarite	g/L	Molarite	g/L	Molarite
Kromik Asit, CrO ₃	100	1.0	250	2.5	400	4.0
Sülfat, SO ₄ ²⁻	1.0	0.001	2.5	0.026	4.0	0.042

Tablo 1.1 Temel Standart Krom Kaplama Banyoları

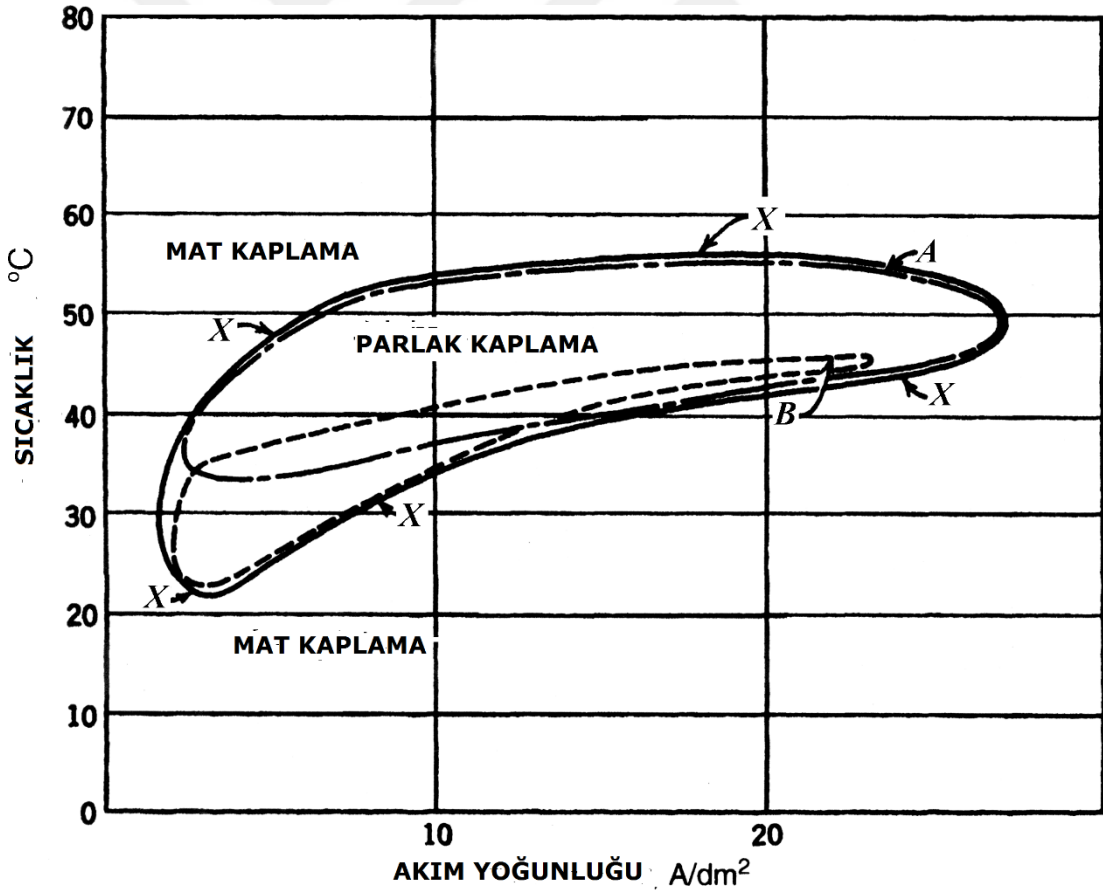
Birçok ticari banyolar 150 ila 400 g/L arasında konsantrasyonlardadır. Hala yüksek konsantrasyonlar çok düşük akım verimlilikleri vermektedir. Önemli gereksinim olan uygun oran seçimi hususu zaten önemlidir.

200 g/L kromik asit içeren banyolar, daha yoğun (konsantre) çözeltilere göre çok azda olsa daha fazla akım verimliliğine sahiptir. Bu banyolar aynı zamanda düşük iletkenliğe sahiptir ve bu nedenle verilen doğru akımdan daha fazla voltaj gerek-

lidir. Daha seyreltik banyolar aynı zamanda katalizör asit radikallerinin az veya çok oluşuna karşı daha hassastır. Bu nedenle bakım için daha sık ve daha dikkatli ayarlamalar gereklidir. Genellikle daha konsantre (yoğun) banyolar özellikle dekoratif uygulamalar için, daha seyreltik banyolar ağır sert krom kaplamalar için kullanılır. [5]

1.5.3.1 Krom Kaplama Banyoları Çalışma Koşulları

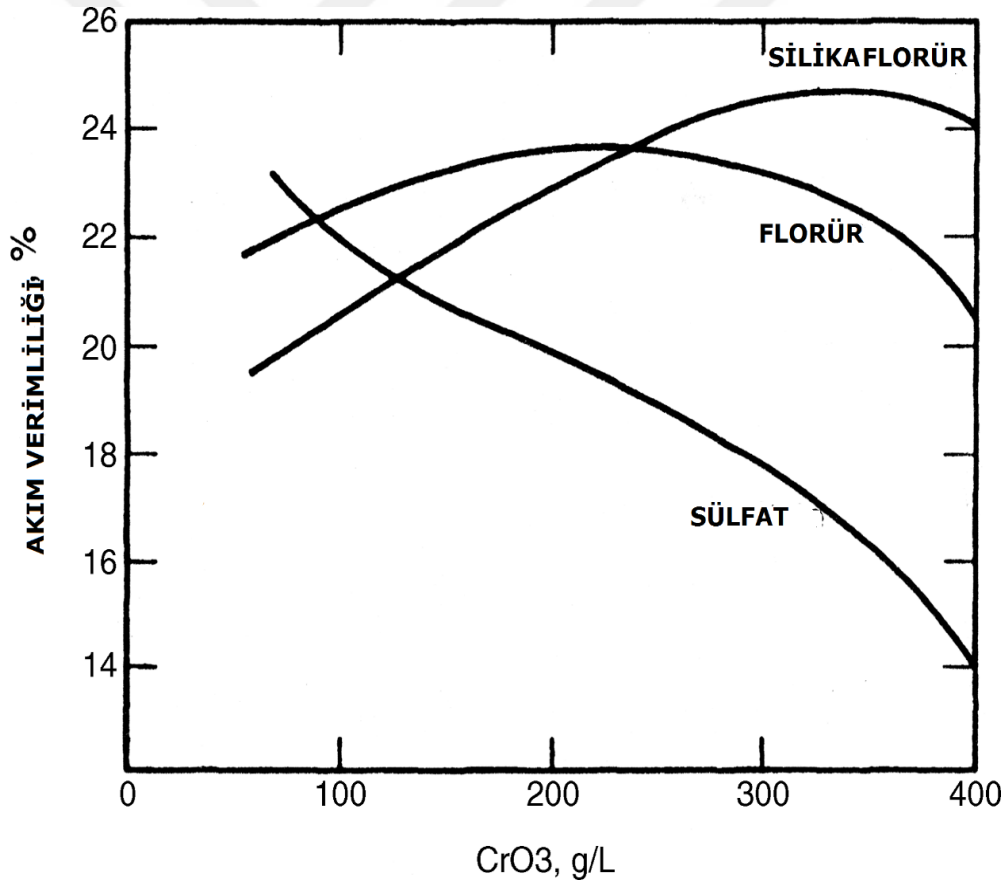
Genel olarak, parlak kaplama elde etmek için sıcaklığı ve akım yoğunluğunu belirli limitlerde tutup, aynı zamanda banyonun kromik asit konsantrasyonunun katalizöre oranı da dikkate alınmalıdır. Şekil 1.8 de parlak kaplama koşullarını gösteren kullanışlı pratik bir grafik verilmiştir.



Şekil 1.8 Parlak Kaplama Aralığı

Bu grafikte yarı-kesikli çizgi ile gösterilen A 250 g/L CrO_3 içeren çözelti için parlak kaplama alanını çevreler ve kesikli çizgi ile gösterilen B X ile birlikte oluşturduğu çember birçok krom kaplama banyosunun karakterini gösterir. Bu nedenle 40 derece de 250 g/L kromik asit 2,5 g/L sülfat içeren bir çözeltide parlak krom kaplama elde etmek için 3 ila 16 Adm^{-2} katot akım yoğunluğu kullanılmalıdır, 45 derece de ise akım % 50 daha fazla olmalıdır.

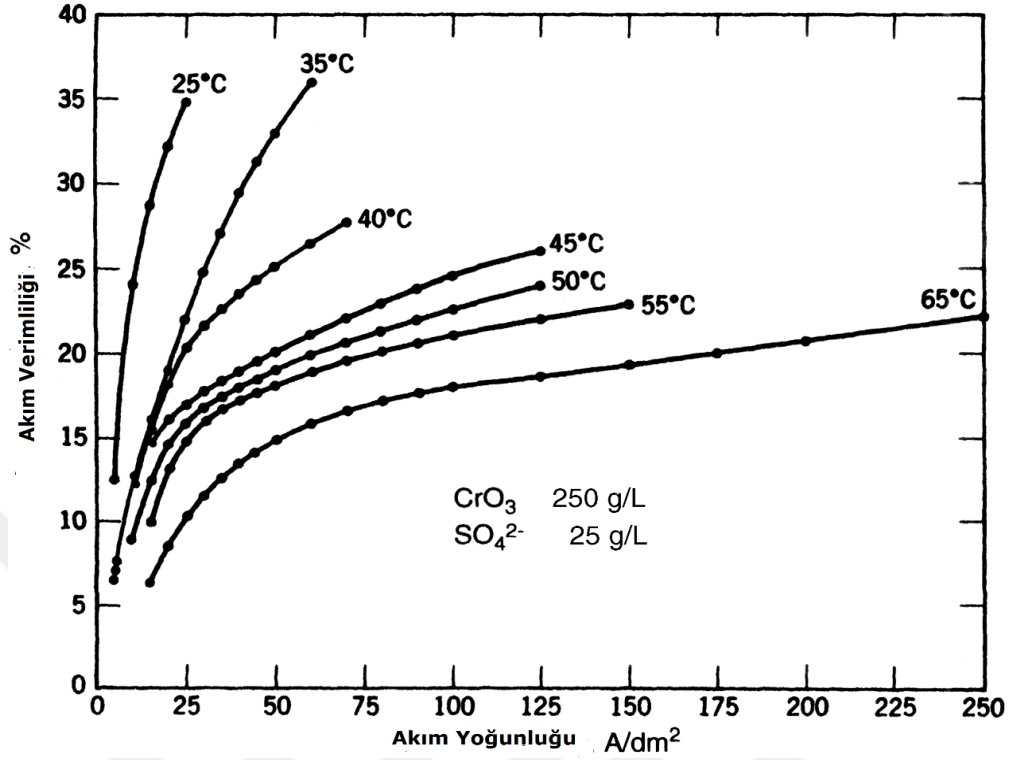
Eğer hızlı bir kaplama isteniyor ve yeterli seviyede DC akım gücü varsa, sıcaklık 55 dereceye çıkarılabilir bu durumda akım yoğunluğu 30 Adm^{-2} olmalıdır. Endüstriyel amaçlı ağır bir kaplama yapabilmek için 250 g/L lik bir çözelti kullanıldığında bu koşullar altında saatte krom kaplama hızı yaklaşık 25 μm dir. 80:1 oranında yüksek akım yoğunluklarında yüksek kaplama hızları elde etmek mümkündür fakat bu durumda çökelti azda olsa kaba taneli ve yumru şeklinde olacaktır, ancak kaplama sürekli devam ediyorsa bunlar problem değildir.



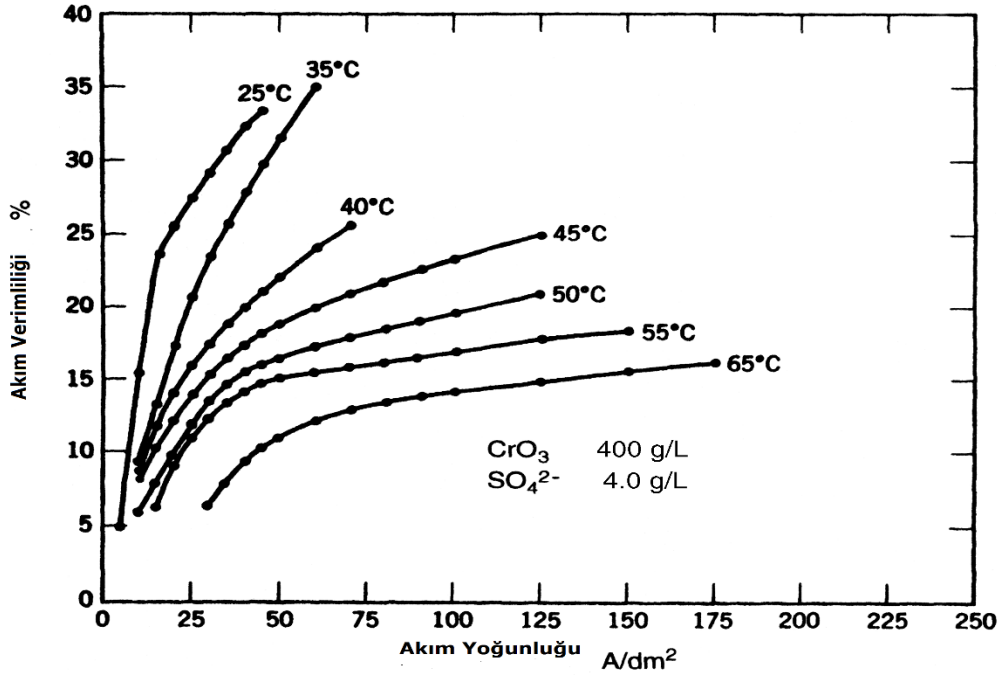
Şekil 1.9 400 g/L lik 100:1 Çözeltide Krom Kaplama Hızı

Aşağıda Şekil 1.9, Şekil 1.10, Şekil 1.11, Şekil 1.12 daki grafiklerde laboratuvarında tespit edilen iki krom kaplama çözeltisinin akım verimlilikleri ve kaplama

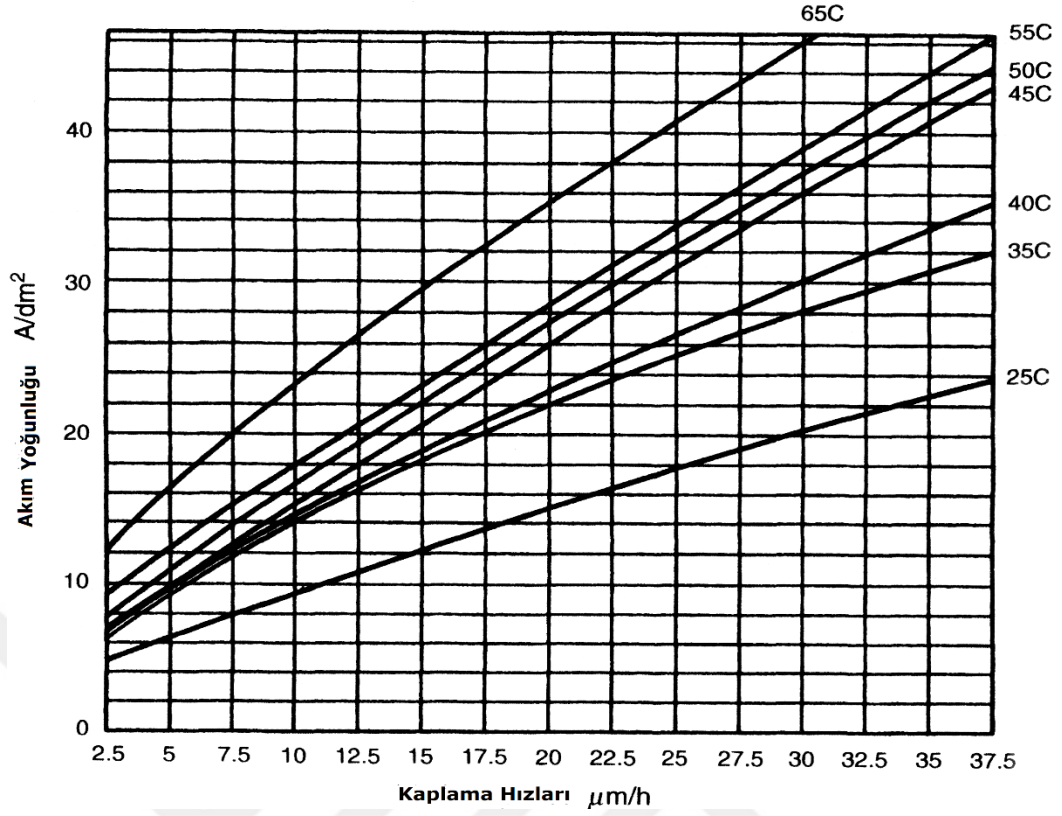
hızları verilmiştir. Gerçek krom kaplama hızları grafiklerde verilen değerler ile birebir örtüşmeyebilir nedeni ise laboratuvar şartları ile ticari şartların farklı olmasıdır.



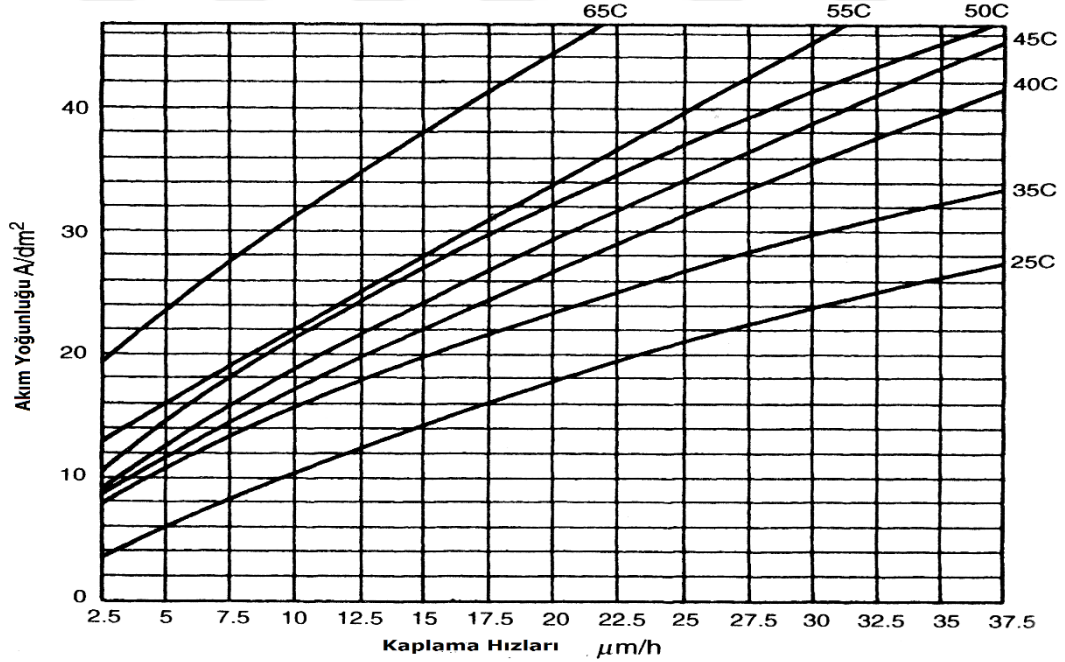
Şekil 1.10 250 g/L lik CrO₃ ve Sülfat, Florür ve Silikaflorürlü Banyoda Akım Verimliliği



Şekil 1.11 CrO₃ Konsantrasyonu Karşısında Akım Verimliliği



Şekil 1.12 250 g/L lik CrO₃ Banyosunda Akım Verimliliği



Şekil 1.13 400 g/L lik CrO₃ Banyosunda Akım Verimliliği

CrO₃ konsantrasyonu 75 g/L ye düştüğünde akım verimliliği düzenli olarak artmaktadır. Bu grafikler küçük miktarlarda bile kromik asit konsantrasyonu değişikliklerinde kaplama hızlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. [5]

1.5.3.2 Krom Kaplama Banyolarının Bakım ve Kontrolü

Krom banyoları çok stabildir ve banyo bileşimleri fiziksel analiz veya daha hassas kimyasal ve enstrümental analizler ile kolayca bakımı yapılabilir. Eğer banyo hatasız bir şekilde kullanılmak istenirse, banyo bileşiminde sürekli doğrulama ve banyo bileşiminin kontrolü kaçınılmazdır. Krom kaplama da çökeltme çok hassastır ve çok küçük miktarlarda katalizör etkilidir, ilk zamanlardan beri katalizörlerin oranının tayininin ve bakımın çok önemli olduğu bilinmektedir.

Sülfat içeriği analizi karmaşık bir prosestir. En basit yöntem santrifüj yöntemidir. Bu metot rutin kontrol için uygundur ve eğer istenirse daha hassas ayrıntılı gravimetrik metod literatürde verilmiştir. [6-9]

1.5.4. Elektrokimyasal Krom Kaplamanın Kalitesine Etki Eden Faktörler

Kaliteli, iyi bir elektrolitik kaplama için banyo terkibi ve cinsi, elektrolitte kullanılan parlaticı, parlak taşıyıcı ve nemlendirici, stabilizatör gibi adlarla üretici veya mümessil (temsilci) firmalar aracılığıyla satılan kimyasallar da çok önemlidir. Bu maddelerin seçimi ve kullanımı çok iyi yapılmalıdır. Kullanılan kimyasalların menşei de çok önemlidir. Bir Degussa siyanürü (NaCN veya KCN) ile Uzakdoğu malı asla kıyaslanamaz. Ayrıca elektroliti (bakır-nikel-krom) hazırlarken kullanılacak su da çok önem arzeder. Sertliği çok yüksek olan kuyu ve artezyen suları asla kullanılmamalıdır. En iyisi deiyonize su kullanmaktır.[10] Bu bölümde krom kaplama kalitesine etki eden faktörler incelenmiştir. Endüstriyel krom kaplama banyolarında kaplama sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar verilmiştir.

1.5.4.1 Akım Yoğunluğu

Galvanoteknikte direkt akım şiddetinin yerine elektrotların birim yüzeyine isabet eden akım şiddeti alınır. Buna Akım Yoğunluğu denir. Birim yüzeyi [dm^2] dir.

$$d = i [\text{amper}] / S [\text{dm}^2] = \dots [A / \text{dm}^2] \text{ ile gösterilir.}$$

Akım yoğunluğundaki artışının kaplamanın yapısı bakımından birbirine zıt iki etkisi vardır: Akım yoğunluğu artınca kristallerin oluşma hızı artar ve kaplama ince yapılı olur. Fakat akım yoğunluğu daha da artınca katot dolayında de arj olan metal iyonları çözelti içinden gelenlerle yeterince karşılanamadığından katotta bir fakir-

leşme meydana gelir. Bunun sonucu kaplama homojen olmaz ve kalite bozulur, siyah ve süngerimsi kaplamalara yol açar. Katotta fazla hidrojen gazı çıkışı, akım yoğunluğunun artmış olduğunun işaretidir. [3]

1.5.4.2 Konsantrasyon ve Karıştırma

Kaplamanın yapısı üzerinde konsantrasyonun etkisi büyüktür. Kristallerin oluşum hızı büyük olacağından ince yapılı ve temel metale iyice yapışık, sağlam bir kaplama elde edilir. Katottaki yerel fakirleşmeyi karşılamak amacıyla banyodaki kaplanacak malzemeye hareket verilmelidir. Ayrıca banyonun belli periyotlarda filtre edilmesi çok faydalıdır. Bazı özel banyolar da devamlı filtrasyona tabi tutulur. Bazı banyolarda da elektrolite düşük basınçla hava tatbik edilerek elektrolitin hareketi sağlanır. Burada dipteki tortuların devamlı sirkülasyondan etkilenerek kaplanacak parçaların üzerine yapışma ihtimali vardır. [3]

Çözeltinin bileşimi ve katalizör miktarı özellikle kaplamanın sertliğini önemli ölçüde etkiler. Yapılan çalışmalar sonucunda çözeltideki kromik asit miktarı arttıkça kaplama sertliğinin azaldığı belirlenmiştir. [11]

1.5.4.3 Sıcaklık

Sıcaklığın iki karşıt etkisi vardır. Bir taraftan difüzyonu artırdığından kristallerin oluşum hızı artar ve böylece küçük kristalli yapılar elde edilir. Fakat diğer taraftan katot polarizasyonunu azaltır ve böylece büyük kristallerin oluşumuna ve bunların büyümesine neden olur. Ayrıca hidrojen aşırı gerilimi de azalacağından hidrojen çıkışı kolaylaşacak ve kaplama süngerimsi yapıda olacaktır. Her banyonun belli çalışma sıcaklığı vardır. [3]

Krom kaplama banyolarında banyo sıcaklığı 35 derece ile 75 derece arasında arası da seçilir. [11]

1.5.4.4 Temel Metalin ve Elektrolitin Tabiatı

Kaplamanın kalitesi üzerinde temel metalin özelliğinin etkisi büyüktür. Boşluklu bir yapıya sahip olan parçalarda kaplama sonrasında bu yapı devam eder. Kaplama sonrasında kabarcıklar oluşur bu kaplamanın kötü olmasından ziyade ana metalin boşluklu yapısından dolayıdır.

Elektrolitlerin tabiatına gelince, kompleks tuzların elektroliziyle elde edilen kaplamaların, normal tuzlarla elde edilenlerden daha üstün olduğu uzun zamandan beri bilinen bir gerçektir. Özellikle kadmiyum, çinko, bakır, altın ve gümüş kaplamalarında bu metallerin çifte tuzlarını eritmek suretiyle “elektrolitler” hazırlanır. Çifte tuzlarda metallerin ayrışması iki kademede olur.

Potasyum – gümüş – siyanür kompleks tuzunun ayrışması: Az olmakla beraber ikinci iyonlaşma sonucu katot dolayında az miktarda Ag^+ iyonları bulunur. Bunlar K^+ iyonlarına nazaran tercihan deşarj olurlar. Siyanür banyolarında altın, bakır, çinko ve kadmiyumun ayrılması da aynı şekilde olur.

Kompleks tuzların elektrolizi ile, basit tuzların elektrolizine göre katot polarizasyonu daha fazla olur. Yani daha fazla potansiyel uygulanır ve bu da taneciklerin kristal yapılarının iyi kalitede olmasını sağlar. Bir başka önemli nokta da; hidroliz sonucunda kolloidal cisimler meydana gelmesidir ki, bunun sonucunda kaliteli kaplamalar elde edilir.

Kolloidlerin etkisi, banyolara ilave edilen parlatici, parlak taşıyıcı ve iletkenlik katkı maddelerinin cinsleri, banyolara katılış biçim ve miktarlarıyla da önem kazanır. Bu maddelerden bir veya birkaçının aşırısı zararlı olabilir. Az katılırsa da görevini yapmaz. Bu maddelerin çoğu kolloid veya redüktördür, çoğu da yüzey aktif (tansio-aktif) maddelerdir. Bunlar kristal zerreleri üzerinde absorblanıp, büyümelerini önlerler. Böylece ince taneli kristal yapılar elde edilir. Banyolara katılmadan önce gereken miktarda, bazıları 3-4 misli suda eritilerek katılırlar, bazıları da verilen çalışma talimatlarında belirtildiği gibi direkt olarak katılırlar. [11]

1.5.4.5. PH Etkisi

Elektrolitler ya asidik (nikel, asitli bakır, asitli çinko ve asitli kalay), ya da alkalik karakterde; alkalik-siyanürlü ve alkalik-siyanürsüz (çinko, kadmiyum, sarı – “pirinç”, altın ve gümüş) hazırlanırlar.

Elektrolitlerin belirtilen pH değerlerinin altında veya üstünde olması kaplama kalitesini derhal etkileyecek ve bozacaktır. Sürekli kaplamalarda, ara yıkamalar alkali banyolardan asit kaplamalara geçerken nötrleme vs. gibi pH değerini etkileyecek faktörlere çok dikkat edilmelidir. [11]

Küçük negatif pH değerlerinde ve normal asitlik ortamda pH ölçeği aralığında cam elektrot ile ölçümler yapılmıştır. [12]

1.5.4.6. Dağılma Gücü (Kaplama Gücü)

Elektrolitik kaplamada, kaplamanın sadece görünümünün ve özelliklerinin istenen şekilde olması yeterli değildir. Aynı zamanda kaplamanın, malzemenin tüm yüzeyinde aynı kalınlıkta olması da gereklidir. Ekonomik bakımdan kaplamanın minimum kalınlıkta olması istenir. Düzgün olmayan, dekoratif amaçlı şekillendirilmiş bir malzeme üzerinde oldukça düzgün bir kaplama elde edilmesi için çözeltinin (elektrolitin) gösterdiği özelliğe “dağılma gücü” (throwing power) denir. Bu anlam “kaplama gücü” (covering power) terimiyle daha iyi mana kazanır.

Dağılma gücü son yıllarda kaplama dağılımının, yani şekillendirilmiş eşyanın çeşitli kısımlarındaki kaplama kalınlığının bir ölçüsü olarak kullanılmaya bağlanmıştır. Bu iki deyim pratikte sıkı sıkıya birbirine bağlıdır. Düzgün olmayan, dekoratif bir parça kaplanmak istenildiğinde, anoda daha yakın olan kısımlar daha uzaktakilere göre daha kalın bir tabaka ile kaplanırlar. Zira Ohm Kanunu’ na göre; yakın olan noktalar arasında direnç daha azdır. Anoda yakın olan bir nokta öteki noktalara göre daha yüksek bir akım yoğunluğuna tabi tutulduğunda, bir süre sonra bu nokta metalik iyon bakımından fakirleşmiş olur ve polarizasyon kendini gösterir, karşıt bir e.m.k. (elektromotor kuvveti) meydana gelir ki bu, düşünülen nokta ile anot arasında elektrolit direncinin artmasına karşılıktır. Bunun sonucu olarak, anoda uzak olan nokta hesabın gösterdiğinden daha büyük bir akım alır ve böylece kaplama gücü artar. Eğer polarizasyon meydana gelmemiş olsa, anoda yakın noktalar daha yaklaşmış olacağından kaplama saçaklı olur.

Çözelti iletkenliğinin fazlalığı sonucunda polarizasyon fazladır. O halde, iletkenliği fazla olan elektrolitlerde kaplama gücü fazladır. Sıcaklık artışı iletkenliği artırırsa da, polarizasyonu daha fazla artıracığından kaplama gücünü azaltmış olur. Kaplama kalınlığı mikron [μ] olarak, parçanın banyoda kalma (kaplama) süresi [dakika] ve akım yoğunluğu [A / dm^2] ile ilgilidir. [3]

Diğer kaplama banyoları çok düşük akım yoğunluklarında metal çökmesine izin verirken, kaplama özelliklerine bağlı olarak krom banyolarında 1 A dm² nin altındaki akım yoğunluğunda kaplama yapmak mümkün değildir. Kritik akım yoğunluğunun altında bazen metalik çökme oluşmaktadır ancak bunlar gök kuşağı şeklindedir. [5] Pan' a göre farklı açılardaki açılı katotlar, çeşitli kenar uzunlukları, delikli katotlar ve yarıklı hücreler normalde kaplama gücünün tayininde kullanılmaktadır. [13]

Kaplama gücü elektrolizin durumuna, yapısına, yapılan ön hazırlıklara ve kaplanacak olan metalin yüzeyinin durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Akım yoğunluğu arttıkça kaplama gücü artmaktadır ve bu durum özellikle krom kaplama da kullanılmaktadır. [5]

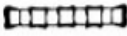
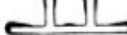
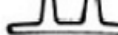
1.5.4.7 Askılama ve Parça Geometrisi

Krom kaplama da iyi bir kaplama yapılabilmesi ve uniform bir şekilde tüm yüzeylerin krom kaplanabilmesi için banyo içerisine parçaların daldırılması sırasındaki askılama şekli ve parça geometrisi de büyük önem arz etmektedir. Tablo 1.3'de çeşitli parça geometrilerinin krom kaplama yönünden incelenmesi mevcuttur. Parçanın kolay ve hızlı bir şekilde kaplanabilmesi için tasarımda olması gereken özellikler verilmiştir.

Elektro kaplama metalin metal yüzeyine kaplandığı bir prosestir. Bu noktada kaplamanın kalitesi akımın kalitesine bağlıdır, bu nedenle kaplanacak olan metalin yüzey alanı iyi hesaplanmalıdır. Tablo 1.2 de bazı geometrik şekillerin yüzey alanı hesaplama formülleri verilmiştir.

Geometrik Şekil	Formül
Kare	a^2 (a: bir kenar uzunluğu)
Dikdörtgen	ab (a ve b kenar uzunluklarıdır.
Üçgen	$\frac{hb}{2}$ (b alt kenar ve h yükseklik)
Daire	πr^2 (r: yarıçap)

Tablo 1.2 Bazı Geometrik Şekillerin Yüzey Alanları

Temel Geometri	Kaplanabilirlik Üzerindeki Etkisi	Uygun Dizayn
Dizayn Özelliği		
	Konveks Yüzey ideal form Üniform bir şekilde kaplamaya uygundur.	
	Düz Yüzey yüzeyde tepelenme bombe olmamalıdır.	
	Keskin Köşe İstenilmez kaplamada keskin köşeler istenmez, köşelerde minimum 0,5 mm radius olmalıdır.	
	Flanş Flanşların keskin dip köşeleri de kaplama maliyetini artırır	
	Delikler dar ve birbirine çok yakın olan delikler eğer köşeler yuvarlatılmamışsa iyi kaplanmaz	
	Kör Delikler Genellikle minimum kalınlık gereksiniminden muaf tutulmalıdır	
	Keskin Kademelendirme kaplama süresini uzatır köşelerin kaplama alması için ve maliyeti artırır	
	Yiv-set yapısı Mümkün olduğu kadar köşeler yuvarlatılmalıdır.	
	V Biçimli Yapılar Derin yivler ancak yuvarlatılırsa kaplanabilir	
	Paletler kaplama zamanının artmasına ve maliyet artışına neden olur	
	Elekler Dar elekler özellikle de keskin köşeli ise kaplanabilirliği azdır	
	Derin Kepçe kaplama zamanı uzundur	
	Mızraklı çıkıntı eğer sivri kısmı yuvarlatılmazsa krom birikir	
	Yüzük Tipi Köşeli bir yapı olmadığı zaman daha iyi kaplanır	

Tablo 1.3 Krom Kaplamada Parça Geometrisinin Kaplamaya Etkisi [4]

1.5.5 Krom Kaplamada Anotlar

En basit tarifiyle ANOT galvanoteknikte, elektrik devresinin bir kısmı olarak elektrolitik kaplama kabına (banyoya) konulduğunda cereyanın (doğru akımın) geçmesine ve metal tortusunun (kaplama) katotta yerleşmesine izin veren bir metaldir.

Anodun gerçek önemi aşağıda özetlenen anot reaksiyonlarına bağlıdır:

- Metal erimesi: Elektrolitte eksilen (fakirleşen) metali tamamlar.
- Oksijen çıkması: Anot tesir derecesinin başlıca kaynağıdır.
- Oksidatif reaksiyonlar: Anodun veya çözelti olarak metal iyonlarının reaksiyonları

Anot malzemesi seçilirken en önemli husus, anodun istenildiği şekilde imali için uygun olması ve en uygun elektrik bağlantı düzenlerinin imali için elverişli olmasıdır. Anotlar “eriyen” (Cu, Ni, Zn, Sn gibi) veya “erimeyen” (% 7 Sn + % 93 Pb : kurşun, platin ve paslanmaz) olmak üzere iki tiptir.

Erimeyen anotlara “çözünmeyen” adı verilir. Çözünen anotlarda, elektrolitteki metal iyonları sürekli olarak anot çözünmesiyle sabit kalır. Erimeyen anotların fonksiyonları ekseriya sınırlıdır. Fiziksel özellikleri iyi bir elektriksel iletkenlik, güç ve şekillendirme kabiliyeti ihtiva etmelidir.

Korozyona karşı dayanıklılık da önemlidir. Zira elektrolitik işlem esnasında erimemelidir. Aynı zamanda, çalışmadığında da sabit olmalıdır.

En iyi çözünmeyen anot “platin”dir. Saf platin pahalı olduğundan, platine edilmiş titan içeren alaşımı kullanılmaktadır. “Titan”ın kendisi de uygundur fakat, Pt anot kullanılması aksiyon potansiyelini 1,5 V daha azaltır. Paslanmaz çelik de bazı özel durumlarda anodik oksidasyonlarda katot olarak kullanılmaktadır.[10]

Kromik asit sülfat banyoları anodu şiddetle pasifleştirir. Bu nedenle daima inert anot kullanılır. Buna örnek koroziyon polarizasyonla kaplanan kurşundur. Kalay, antimon, gümüş gibi anodun mekanik özelliklerini artıran elementler kurşun içine eklenir. Bunlar oksijen çıkışı aşırı gerilimini düşürürler, esas anotlardan başka kaplanacak parçadaki delik ve oyuk gibi yerleri kaplamak amacı ile yardımcı anotlarda kullanılmaktadır. [14]

Krom kaplamada kurşun anotlar endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Krom için, peroksitle kaplı kurşun anot elektro çökeltisi sabit kalır, erimez, düşük elektriksel bir dayanıklılığı haizdir ve (+3) değerlikli kromu (+6) değerlikli kroma okside eder. Krom banyolarında kullanılan anotların yüzeyindeki istenmeyen film

tabakasının temizlenmesi için %10 HCl + % 10 NaCl içeren bir çözeltide tel fırça tatbiki gerekir. Temizlemeyi yapan kişinin koruyucu gözlük ve eldiven takması zorunludur. Diğer bir yöntem de 90 gr /lt senyet tuzu + 90 gr /lt NaOH içeren bir çözeltide bir gece tutmak ve bilahare tel fırça ile temizlemektir. [10]

Kurşun ve kurşun alaşımları kromik asit kaplama banyolarında iki anahtar rol oynamaktadır; (1) verimli akım dağılımı sağlamak, (2) Cr(III) ü Cr(VI) ya re-okside etmek. [5]

Tipik bir kurşun alaşım anotta %94 kurşun ve % 6 antimondur. Ancak ağırlık ve uzunluk açısından %97 kurşun ve %7 tin de olmaktadır. Tin-Kurşun anotlar daha iyi iletken iken, antimon-kurşun anotlar daha rijittir. Florür banyolarında tin-kurşun alaşımı anotlar kullanılmaktadır. [4]



Şekil 1.14 Anotların Kesit Alanları

Şekil 1.14’de kesit alanları verilen krom kaplama banyolarında kullanılabilecek çeşitli tipte anotlar gösterilmiştir. Gerekli yüksek akım iletmek için yeterince kalın anotlar ve yeterince fazla sayılarda anot kullanılması çok önemlidir. Çok ince anotlar fazla ısınacağı için aşınmaya ve yıpranmaya meyillidir. En çok kullanılan anot yuvarlak kesitli anotlardır. [4]

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Hafif Silahlarda Krom Kaplama Uygulamaları

Savunma sanayi içerisinde bulunduğumuz yüzyılda bir ülkenin en hassas ve kritik sanayi alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Savunma teknolojilerinde büyük, orta ve küçük çaplı tüm projelerde en yüksek verimlilik ve hassasiyet elde etmek esastır. Ülkeler bu alanlarda birçok Ar-Ge yatırımları yapmaktadırlar. Bu alanda yapılan projelerde elektrokimyasal kaplamaların önemi çok büyüktür. Özellikle hafif silah alanında kritik silah parçalarına sürtünme kayıplarını aza indirmek, yüzey sertliği kazandırmak, korozyon direnci sağlamak, aşınma dayanımını artırmak için krom kaplama uygulamaları yapılmaktadır. Bunların yanı sıra dekoratif olarak da iyi bir görünüm elde edebilmek için sert krom kaplama uygulamaları yapılmaktadır.

Hafif silah tasarımında malzeme seçimi gibi kritik bir aşamadan sonra seçilen malzemenin kaplanması da en az malzeme seçimi kadar kritik ve önemli bir aşamadır. Günümüzde kullanım şekline ve amacına göre çeşitli elektrokimyasal kaplamalar yapılabilmektedir ancak hafif silah alanında en yaygın olarak kullanılan kaplama elektrokimyasal krom kaplamadır.

Bu tez çalışmasında hafif silah parçalarına sert krom kaplama uygulamaları yapılmış ve bu uygulamaların silahın balistik performansına etkisi üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışma da hem kaplama parametreleri geliştirilerek sert krom kaplama elde edilmiş hem de standart uygulamanın dışına çıkılarak özel prosesler geliştirilmiştir. Ayrıca Silahların namlu ve ateşleme iğnesi gibi kritik ve balistik öneme sahip parçalarına da sert krom kaplama uygulaması yapılarak, bu uygulamanın silahın balistik performansına etkileri üzerinde çalışma yapılmıştır. Yapılan sert krom kaplama öncesinde ve sonrasında aynı tabanca ile NATO Test Regulations D14 standardı esas alınarak test yapılmış ve sonuçlar mukayese edilmiştir. Yapılan krom kaplama uygulamaları Girsan Silah Fabrikası Krom Kaplama Tesisinde çalışılmış olup, standart sert krom kaplama yerine kaplama parametreleri üzerinde yapılan optimizasyon çalışmasının ardından silah endüstrisine has ve bu çalışmaya has bir proses ile yapılmıştır. Kaplamalar MC 28 SA model yarı otomatik tabanca üzerine yapılmıştır. Balistik olarak silahın performansına en çok etki eden parçası namlu olduğu için MC 28 SA

model tabancanın namlusunun yivset kısmı ve dış kısmı sert krom kaplanmıştır. Krom kaplama öncesi ve sonrası NATO Test Regulations D14 e göre testler yapılmış ve elde edilen neticeler kıyaslanmıştır. Yapılan elektrokimyasal kaplamanın balistik özelliklere ve tabancanın test performansına olan etkileri incelenmiştir.

2.2 Hafif Silahlar

Hafif silahların birçok fakat birbirine yakın tanımı vardır. En genel halde, hafif silahlar, kullanıcısı tarafından taşınabilen, görece düz bir yörüngeye atış yapan, birçok tipi omuz destekli, 12,7mm'ye kadar kalibrede, esas kullanım amacı düşmanı mermi veya parçacık atmak suretiyle etkisiz hale getirmek veya baskı altına almak olan silahlardır. [18]

NATO Panel III, 2000 yılında, hafif silah ailesini aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. Bunlara, keskin nişancı tüfeği ve muharebe av tüfeği maddelerini de eklemek mümkündür. [18]

- Kişisel savunma silahı (Personal Defense Weapon, PDW)
- Bireysel muharebe silahı (An Individual Combat Weapon, ICW)
- Orta büyüklükte destek silahı (A Medium Support Weapon, MSW)

Bu tanımlardan hareketle yivsiz setsiz av tüfekleri, yivli setli av tüfekleri, bolt action av tüfekleri, keskin nişancı tüfekleri ve tüm tabancalar hafif silah tanımına girmektedir.

Hafif silahlar kolluk kuvvetlerinin ve/veya diğer atıcıların sürekli yanında taşıdıkları ve direkt olarak muharebe sahasında kullanılan silahlar olması nedeni ile gerek imalat toleransları gerekse de taktik anlamdaki tasarımsal süreçleri çok hassas bir şekilde planlanır.

Bu silahların balistik olarak istenilen teknik özellikleri gösterebilmesi ve uzun ömürlü olabilmesi açısından kritik parçalarının ve birbiri ile temaslı çalışan parçalarının sürtünme kuvveti, uzun ömür, korozyon, aşınma dayanımı gibi hususlarda avantaj elde etmek için krom kaplama uygulamaları yapılmaktadır.

2.2.1. Tabancalar

Tabancalar kullanıcının tek elle veya çift elle kullanımına uygun, kısa namlulu, belirli bir kilitleme sistemi olan hafif ateşli silahlardır. Tabancalar, çalışma prensiplerine ve mermi muhafaza bölümlerinin şekline göre, şarjörlü (pistol) veya toplu (revolver) olarak adlandırılırlar ve kullanılan mermilerin çaplarına göre sınıflandırılırlar.

Tabancalar yaygın olarak dünyada 9mm, 7,65mm, .380 ACP, .45 Auto, .40 S&W, .357 Magnum çaplarında tasarlanır ve imal edilirler.



Şekil 2.1 Hafif Silahlardan Olan Polimer Gövdeli Tabanca (MC 28 SA)

2.2.2. Yivsiz Setsiz Av Tüfekleri

Namlusunda yiv-set yapısı olmayan, genellikle Av amaçlı ve spor amaçlı olarak kullanılan tüfeklerdir. İçerisinde çelik saçmalar bulunan farklı çaplarda fişekleri atabilmektedirler. Av fişekleri 12, 20, 36 numara olarak sınıflandırılır ve 24 gramdan 64 grama kadar geniş bir barut ağırlığı aralığında kullanılırlar.



Şekil 2.2 Yivsiz Setsiz Yarı Otomatik Taktik Av Tüfeği (MC 312 model)

2.2.3. Yivli Setli Bolt Action Av Tüfekleri

Namlusu yivli setli olan mekanizması bir kol (bolt) ile kurulan genellikle büyük cüsseli hayvanları avlamak için kullanılan tüfeklerdir.



Şekil 2.3 Bolt Action Av Tüfeği

2.2.4 Yivli Setli Piyade Tüfekleri

Yarı otomatik ve/veya ful otomatik olarak atış yapabilen uzun namlulu, namlusunda yiv-set olan tüfeklerdir. Genellikle askeri amaçlı olarak kolluk kuvvetleri tarafından kullanılmaktadır. Bu tüfekler genellikle 5.56mm ve 7,62 mm çaplarında fişek atabilecek şekilde tasarlanıp imal edilirler.



Şekil 2.4. Piyade Tüfeği (HK 417)

2.2.5. Keskin Nişancı Tüfekleri

Uzun namlulu, yivli setli, askeri amaçlı üretilmiş olan tüfeklerdir. Uzun mesafe atışlarında keskin nişancılar tarafından kullanılmak üzere özel tasarlanmış tüfeklerdir.



Şekil 2.5 Keskin Nişancı Tüfeği

2.3. Krom Kaplama İşlemi Uygulanan Hafif Silah Parçaları

Hafif silah endüstrisinde gerek Türk Silahlı Kuvvetleri, gerekse de Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan aynı zamanda sivil alanlarda da kullanımı söz konusu olan birçok tüfek ve tabanca modeli mevcuttur. Bu silahların uzun ömürlü, hassas, kullanışlı ve taktik açıdan üst seviyede olması için balistik açıdan kritik parçalarının üretim sonrasındaki kaplama aşaması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada özellikle mekanizma, namlu, alt ve üst gövde, iğne, namlu başlığı gibi kritik parçalarına gerek korozyon direnci kazanmaları gerekse de minimum sürtünme direnci ile çalışmaları için krom kaplama uygulaması yapılacaktır.

2.3.1. Yivsiz Setsiz Tüfeklerde Krom Kaplanan Parçalar

Yivsiz setsiz av tüfeklerinde mekanizma, namlu, tetik, horoz, namlu başlığı, döner kafa, ateşleme iğnesi, fişek kaşığı, gövde yan sacı, mekanizma çekme kolu, döner kafa kam pimi parçaları elektrokimyasal krom kaplama işlemine tabi tutulmaktadır.

2.3.2. Yivli Setli Tüfeklerde Krom Kaplanan Parçalar

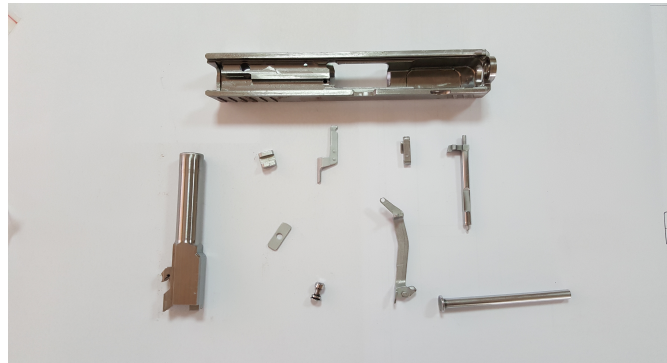
Bu tüfek sınıfına piyade tüfekleri, yivli av tüfekleri, keskin nişancı tüfekleri de girmektedir. Bu tüfeklerin namluları, tetikleri, mekanizmaları ve diğer küçük parçaları krom kaplanmaktadır.



Şekil 2.6 Krom Kaplanan Bazı Yivli Setli Tüfek Parçaları

2.3.3. Tabancalarda Krom Kaplanan Parçalar

Tabancalarda alt gövde, üst kapak, namlu, ateşleme iğnesi, tetik, horoz, emniyet mandalı, sökme takma mandalı ve diğer küçük parçaları krom kaplanabilmektedir.



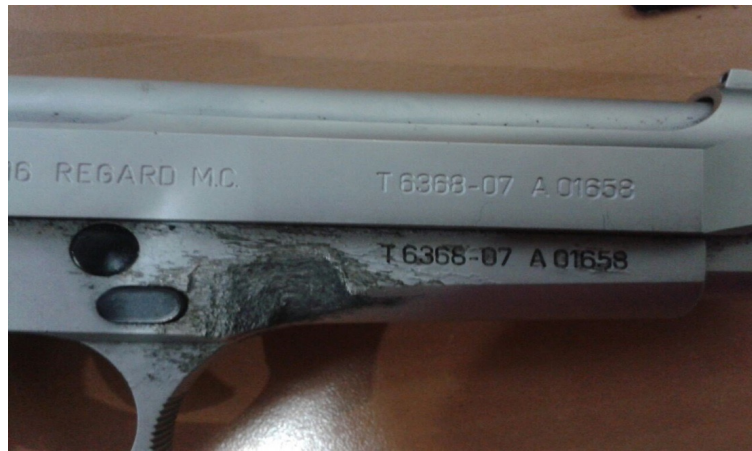
Şekil 2.7 Krom Kaplanan Tabanca Parçaları (MC 28 SA model Tabanca)

2.4. Mevcut Tabanca Parçalarında Krom Kaplama Sonrası Yaşanan Sorunlar

Tabanca parçalarının içerisinde silahın teknik özelliklerini, balistik özelliklerini ve ömrünü etkileyen en önemli parçalar alt gövde, üst kapak, ateşleme iğnesi ve namludur. Bu parçalar bir tabancanın karakteristik özelliklerinin oluşmasında birincil derecede rol oynarlar. Bu nedenle bu parçaların korozyon direnci, aşınma dayanımı yüksek, sürtünme kuvveti düşük olmalıdır. Bu bakımdan bu parçalara sert krom kaplama uygulaması yapılmaktadır. Ne kadar kaliteli bir kaplama yapılırsa bu parçalar tabanca üzerinde görevlerini o kadar iyi yaparlar.

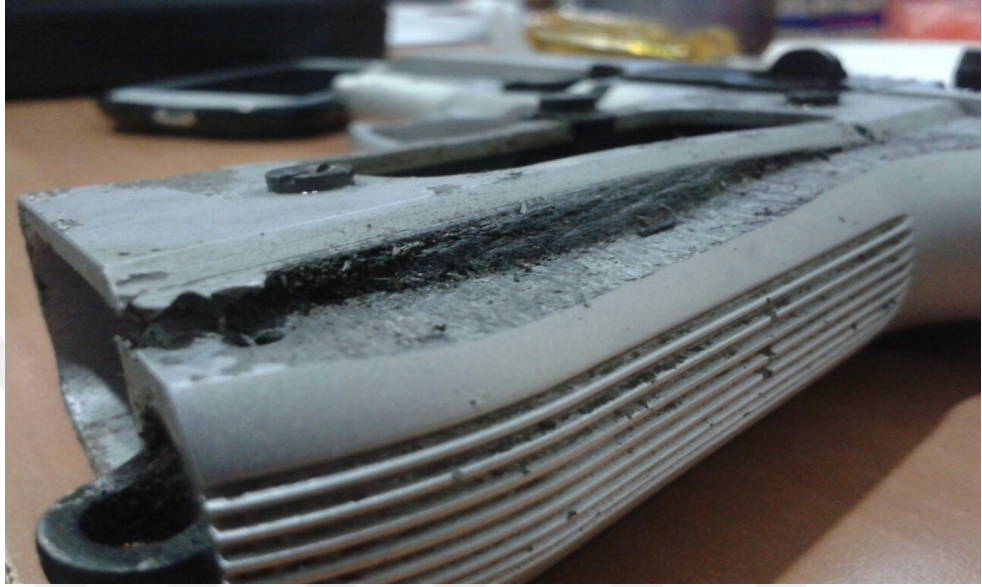
Bu tez çalışmasında balistik öneme sahip tabanca parçalarına sert krom kaplama uygulaması yapılacaktır. Yapılacak olan çalışmalar ile kaplama kalitesinin artırılması, tabancaya üstün balistik özellikler kazandırılması ve daha uzun ömürlü olması planlanmaktadır. Namlusuna krom kaplanan tabancanın “NATO test specification D14” test standardına göre test edilerek sonuçlar değerlendirilecektir. Namlusunda krom olmayan (sadece dışında lak boya olan) tabanca ile kıyaslanacaktır.

Özellikle nemli ve sıcak olan ortamlarda tabancalarda krom kaplamalarında korozyon ve kaplama atması gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Şekil 2.8 de Guatemala ve Şekil 2.9’de Honduras gibi ülkelerde hasara uğramış kromlu silah resimleri verilmiştir. Aynı zamanda vücut ile temas halinde taşınan silahlarda da benzeri kaplama sorunları da gözlendiği ve insan terinin bu korozyon ve krom atmasını tetiklediği düşünülmektedir.



Şekil 2.8 Krom Kaplaması Hasara Uğramış Tabanca Gövdesi (Guatemala 2014)

Kolluk kuvvetlerinin sahada özellikle operasyonel şartlarda değişik çevresel koşullar altında (sıcaklık, nem, basınç) faaliyetlerini yürütürken birçok hafif silahın kaplamasında korozyon, aşınma gibi problemlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu silahların ömürlerini ve performanslarını artırmak, ülkemizin milli servetlerini korumak ve kaynakların israfını önlemek için de bu kaplamaların geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.9 Korozyona Uğramış ve Krom Kaplaması Soyulmuş 7075 Alüminyum Gövde (Honduras 2014)

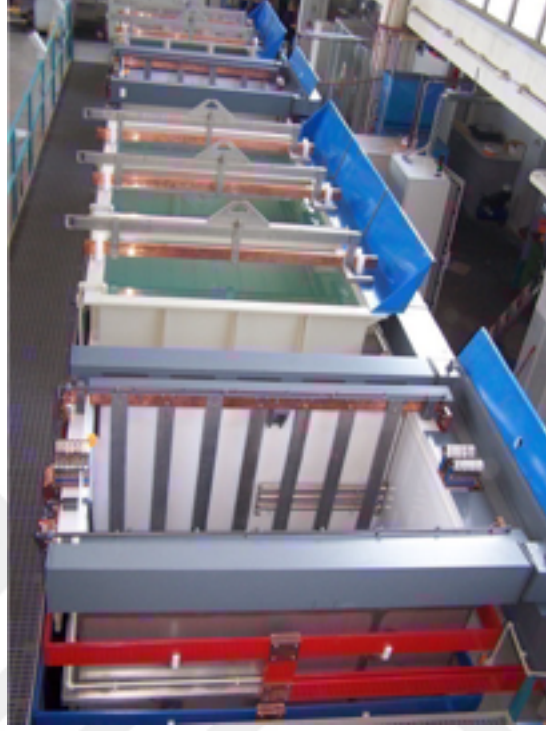
2.5. Tabanca Parçalarına Krom Kaplama Uygulamaları

Hali hazırda mevcut durumda silah endüstrisinde uygulanan krom kaplama işlemleri elektrokimyasal yöntemle yapılmaktadır. Bu kaplamalar özel krom kaplama banyolarının olduğu kaplama hatlarıdır.

Tabanca parçalarına korozyon direnci kazandırmak, düşük sürtünme katsayısı elde etmek, yüksek aşınma dayanımı elde etmek ve tüm bunların yanı sıra balistik özellikleri artırmak, yoğun atışlardan sonra bile daha az bakım gereksinimi elde etmek amacı ile sert krom kaplama uygulanmaktadır. Ayrıca sert krom kaplama parlak ve mat olmak üzere müşteri gereksinimleri ve kolluk kuvvetlerinin gelişen taktik ihtiyaçlarına göre kaplanabilmektedir.

Tabancalarda üst kapak, alt gövde, namlu, tırnak, ateşleme iğnesi, fişek atacağı gibi balistik öneme haiz parçaların yanı sıra diğer birçok parça tabancanın kullanım

amacına göre sert krom kaplama uygulamasına tabi tutulmaktadır. Bu tez çalışmasında MC 28 SA model tabancanın namlu ve ateşleme iğnesi parçalarına Girsan Silah Fabrikası tesislerinde sert krom kaplama uygulaması yapılmıştır.



Şekil 2.10 Sert Krom Kaplama Hattı

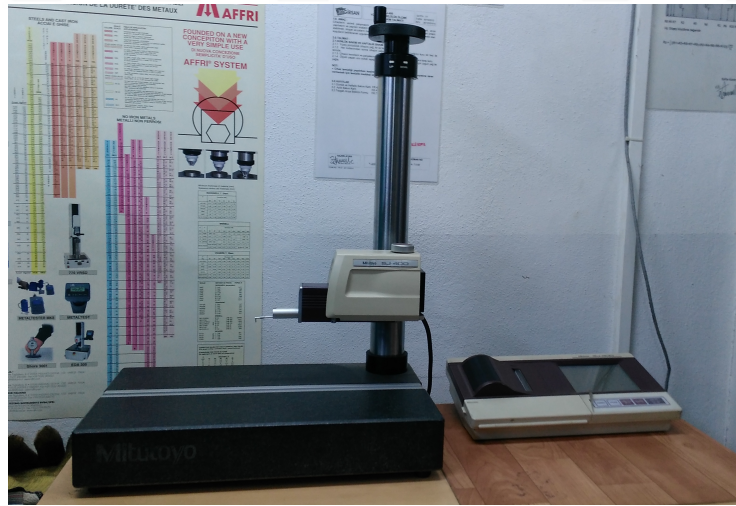
2.5.1 MC 28 SA Model Tabanca Namlusuna Sert Krom Kaplanması

Girsan Silah fabrikası tesislerinde MC 28 SA model tabancalara ait 20 adet namlu sert krom kaplama işlemine tabi tutulmuştur. Namlular 1’den 20’ye kadar numaralandırılmıştır. Namlular 32NiCrMo12-10 çelik malzemeden (DIN 1.6655) imal edilmiştir. Talaşlı imalat sonrasında ısıtıl işlem uygulanmış ve 40-44 HRC sertlik verilmiştir. Kaplamadan önce parçanın üzerindeki çapaklar tesviye edilmiş, polisaj işlemleri yapılmıştır.



Şekil 2.11 Sert Krom Kaplama Öncesinde 20 Adet Tesviyesi Yapılmış MC 28 SA Tabanca Namluları

Namlu numunelerinin yüzey pürüzlülüğü değeri kaplama öncesinde mitutoyo marka SJ 400 model yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Tablo 2.1 de kaplama öncesi yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları verilmiştir.



Şekil 2.12 YüzeyPürüzlülüğü Ölçüm Cihazı Mitutoyo SJ 400

Namlu Numune No	Kaplama Öncesi Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Kaplama Öncesi Yüzey Pürüzlülüğü (Rz)
Numune 1	0,74	4,7
Numune 2	0,77	4,6
Numune 3	0,76	4,5
Numune 4	0,75	4,7
Numune 5	0,77	4,7
Numune 6	0,74	4,8
Numune 7	0,75	4,6
Numune 8	0,75	4,7
Numune 9	0,76	4,7
Numune 10	0,76	4,7
Numune 11	0,75	4,5
Numune 12	0,75	4,6
Numune 13	0,74	4,6
Numune 14	0,75	4,6
Numune 15	0,76	4,5
Numune 16	0,74	4,7
Numune 17	0,74	4,6
Numune 18	0,76	4,6
Numune 19	0,75	4,7
Numune 20	0,75	4,7

Tablo 2.1 Krom Kaplama Öncesi Namluların Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri

Namlu sert krom kaplama parametreleri

Akım yoğunluğu: 800 A

Kaplama süresi: 20 dakika

Banyo Ph değeri: 4.2

Sıcaklık: 57 ° C

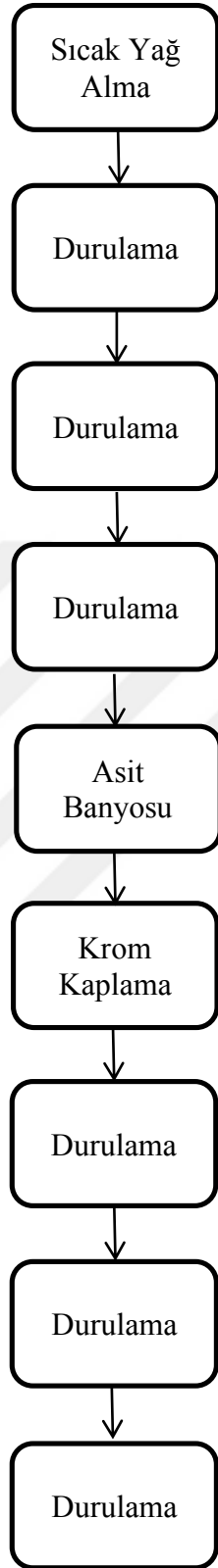
Yukarıda verilen parametrelere sahip olan kaplama hattında 20 adet namlu sert krom kaplanmıştır.



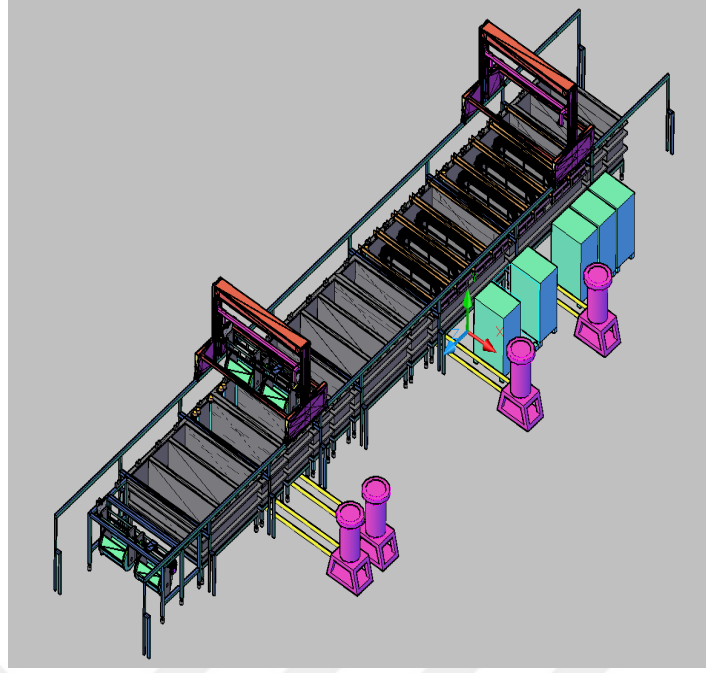
Şekil 2.13 Kaplama Öncesinde Namluların Aparata Dizilimi

Verimli ve iyi bir kaplama elde etmek için namluların banyonun içine daldırılmadan evvel doğru bir şekilde geometrisine uygun aparatlarla askılanması çok önemlidir. Bu tez çalışmasında Şekil 2.13 de verilen şekildeki gibi bir aparatlama modeli ile namlular askılanmıştır.

Askılanan namlular öncelikle üzerindeki yağ ve kalıntıları almak için sıcak yağ alma işlemine tabi tutulmuştur, bunun için kaplama hattındaki yağ alma kazanına daldırılmaktadır. Ardından art arda 3 defa farklı durulama tanklarına daldırılmaktadır. Ardından aşındırma ve asit banyolarına daldırılmaktadır. Devamında sert krom kaplama kazanında 20 dakika tutulmaktadır. Sert krom kaplanan namlular ardından 3 farklı durulama banyosuna daldırılmıştır. 20 adet namlu bu prosese göre imal elektro-kimyasal olarak krom kaplanmıştır. Şekil 2.14 de krom kaplamanın şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.14 Krom Kaplama Hattının Şematik Gösterimi



Şekil 2.15 Krom Kaplama Hattının CAD Çizimi

Kaplama sonrasında 20 adet namlunun hazne üst, namlu silindir, namlu ayak kısımlarından EBAN 2000 marka kaplama kalınlığı ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Tablo 2.2 de kaplama kalınlığı ölçüm sonuçları verilmiştir. Ölçümler namlunun üç ayrı noktasından yapılmıştır.



Şekil 2.16 EBAN 2000 Kaplama Kalınlığı Ölçüm Cihazı

Namlu Numune No	Kaplama Kalınlığı Hazne Üst (μ)	Kaplama Kalınlığı Namlu Silindir (μ)	Kaplama Kalınlığı Namlu Ayak (μ)
Numune 1	11	12	11
Numune 2	10	12	11
Numune 3	11	11	10
Numune 4	10	11	10
Numune 5	11	11	10
Numune 6	11	11	10
Numune 7	10	11	10
Numune 8	10	11	10
Numune 9	10	11	10
Numune 10	10	11	10
Numune 11	10	11	10
Numune 12	11	11	10
Numune 13	10	12	10
Numune 14	10	11	10
Numune 15	10	12	10
Numune 16	10	12	11
Numune 17	10	11	11
Numune 18	10	11	11
Numune 19	11	11	10
Numune 20	10	11	11

Tablo 2.2 Numune Namluların Sert Krom Kaplama Sonrası Kaplama Kalınlıkları

Tablo 2.2 de görüleceği üzere namlular yaklaşık 10 μ civarı sert krom kaplanmıştır. Silah endüstrisinde montajın kolay olması ve çalışma boşluklarının istenildiği gibi elde edilebilmesi için kaplama kalınlığının minimum ancak kaplama tutunma kuvvetinin maksimum olması istenilmektedir. Yapılan ölçümlerde namluların oldukça homojen bir şekilde sert krom kaplandığı tespit edilmiştir.

Kaplama sonrasında namluların yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüş ve Tablo 2.3 de verilmiştir

Namlu Numune No	Kaplama Sonrası Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Kaplama Sonrası Yüzey Pürüzlülüğü (Rz)
Numune 1	0,04	0,3
Numune 2	0,04	0,4
Numune 3	0,05	0,4
Numune 4	0,03	0,3
Numune 5	0,04	0,3
Numune 6	0,04	0,3
Numune 7	0,04	0,4
Numune 8	0,03	0,4
Numune 9	0,03	0,4
Numune 10	0,03	0,4
Numune 11	0,04	0,4
Numune 12	0,03	0,4
Numune 13	0,03	0,4
Numune 14	0,03	0,3
Numune 15	0,05	0,3
Numune 16	0,04	0,3
Numune 17	0,04	0,4
Numune 18	0,04	0,4
Numune 19	0,04	0,4
Numune 20	0,04	0,3

Tablo 2.3 Kaplama Sonrası Namluların Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri

2.5.2 MC 28 SA Model Tabanca Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanması

Bu çalışmada MC 28 SA model yarı otomatik, iğneden kurmalı, polimer gövdeli tabancanın ateşleme iğnesi de sert krom kaplama işlemine tabi tutulmuştur. Ateşleme iğnesi, tabancanın çalışması esnasında fişğin kapsülüne gerekli kuvveti uygulayarak fişğin patlamasını sağlayan, tabanca için çok kritik ve balistik öneme haiz bir parçadır. Kolluk kuvvetlerimizin gelişen taktik ihtiyaçlarını karşılanması için uzun ömürlü ve yüksek tesirli bir tabanca tasarlamak ve imal etmek büyük önem taşımaktadır. Yeni nesil polimer tabancaların çoğu ateşleme iğnesinden kurmalı (horrosuz) tabancalardır. Bu tabancalar için sistemin en kritik parçası bu ateşleme iğnesidir. Silah endüstrisinde ateşleme iğnesinin en çok maruz kaldığı problemler korozyon, yüksek sürtünme katsayısı ve aşınmadır. Yüksek atım rakamlarına ulaşmak için ateşleme iğnesinin uzun ömürlü olması, yüksek mukavemet göstermesi gerekmektedir. Tüm tabancalarda ateşleme iğnesi sistem kurulunca bir yay vasıtası ile üzerinde potansiyel enerji depolar ve tetik çekildiğine bu enerjiyi fişğin kapsülüne aktarır, bu yol boyunca iğnenin hem yaya temas eden yüzeyinde hem de dış yüzeyindeki sürtünmelerin minimum seviyede olması gerekmektedir. Zira sürtünme ile kaybedilen enerji ateşleme iğnesinin kapsüle veremediği enerjidir ve silahın fişği patlatamaması tehlikesi ortaya çıkmaktadır. Silahın fişği patlatmama tehlikesine karşı ateşleme iğnesi parçasının olabildiğince çok kaygan ve pürüzsüz bir yüzeyi olmalıdır. Özellikle çevresel koşullar ateşleme iğnesinin zamanla korozyona uğramasına ve ömrünün daha kısa olmasına neden olabilmektedir, bu nedenle ateşleme iğnesinin korozyona karşı dirençli bir kaplama işlemine tabi tutulması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada mevcut iğne parçasının krom kaplandıktan sonra balistik performansı incelenmiş ve kaplanmamış hali ile kıyaslanmıştır.

Bu çalışmada ateşleme iğnesi parçası aşağıdaki değerlere sahip krom banyosunda sert krom kaplama işlemine tabi tutulmuştur.

Akım yoğunluğu: 750 A

Kaplama süresi: 15 dakika

Banyo Ph değeri: 4.2

Sıcaklık: 55 ° C



Şekil 2.17 Sert Krom Kaplama Öncesi MC 28 SA Ateşleme İğnesi Numuneleri

50CrV4 malzemeden imal edilmiş ve kaplama öncesinde 44 HRC sertliğe çıkarılmış olan ateşleme iğneleri sert krom kaplama için hazırlanmıştır.

Sert krom kaplama öncesinde ateşleme iğnelerinin yüzey pürüzlülükleri Mitutoyo marka SJ 400 model yüzey pürüzlülüğü cihazı ile ölçülmüş ve elde edilen değerler Tablo 2.4 de verilmiştir.

Ateşleme İğnesi Numune No	Kaplama Öncesi Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Kaplama Öncesi Yüzey Pürüzlülüğü (Rz)
Numune 1	0,98	5,56
Numune 2	0,98	5,54
Numune 3	0,97	5,56
Numune 4	0,97	5,55
Numune 5	0,97	5,55
Numune 6	0,98	5,55
Numune 7	0,98	5,56
Numune 8	0,98	5,56
Numune 9	0,98	5,56
Numune 10	0,97	5,56
Numune 11	0,98	5,55
Numune 12	0,97	5,56

Tablo 2.4 Krom Kaplama Öncesinde Ölçülen Ateşleme İğnesi Yüzey Pürüzlülük Değerleri

12 adet numune ateşleme iğnesi sert krom kaplama hattında krom kaplama işlemine tabi tutulmuştur. Kaplama sonrasında numune iğnelerin kaplama kalınlıkları ölçülerek tablo 2.5 da verilmiştir.

Ateşleme İğnesi Numune No	Kaplama Kalınlı- ğı İğne Uç Kısmı (μ)	Kaplama Kalınlı- ğı İğne Orta Düz Kısmı (μ)	Kaplama Kalınlı- ğı İğne Arka Kısmı (μ)
Numune 1	10	11	10
Numune 2	9	11	10
Numune 3	10	10	11
Numune 4	10	10	11
Numune 5	10	10	10
Numune 6	10	10	11
Numune 7	9	10	11
Numune 8	10	11	10
Numune 9	11	10	11
Numune 10	11	11	11
Numune 11	10	11	10

Tablo 2.5 Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplama Sonrası Kaplama Kalınlıkları



Şekil 2.18 Sert Krom Kaplama İşlemi Uygulanmış Numune İğneler

Sert krom kaplama uygulanan 12 adet numune iğnenin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüş ve Tablo 2.6 da verilmiştir.

Ateşleme İğnesi Numune No	Kaplama Sonrası Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Kaplama Sonrası Yüzey Pürüzlülüğü (Rz)
Numune 1	0,04	0,3
Numune 2	0,04	0,3
Numune 3	0,03	0,3
Numune 4	0,03	0,3
Numune 5	0,03	0,3
Numune 6	0,03	0,3
Numune 7	0,04	0,3
Numune 8	0,04	0,3
Numune 9	0,04	0,3
Numune 10	0,04	0,3
Numune 11	0,04	0,3
Numune 12	0,04	0,3

Tablo 2.6 Sert Krom Kaplama Sonrası Ateşleme İğnesi Yüzey Pürüzlülük Değerleri

2.6 MC 28 SA Model Tabancalara Uygulanan Kritik NATO Testleri

Tabancalar için NATO test standardı D14 de belirtilen ve en kritik testlerden olan namlu çıkış hızı testi, dağılım doğruluk ve etkili menzil testi, tuz sisi testi (korozyon testi), düşük sıcaklık testi, yüksek sıcaklık testi ve ömür mukavemet testleri namlu ve ateşleme iğnesi parçalarına sert krom kaplama öncesinde ve sonrasında MC 28 SA model tabancalara uygulanmıştır. Bu testlerde kullanılan MC 28 SA model tabancalar, polimer gövdeli, iğneden kurmalı (striker fire), 9x19 mm yarı otomatik tabancalardır.

2.6.1 Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplama Öncesinde Yapılan Kritik NATO Testleri

Namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplama işlemine tabi tutulmadan önce 10 adet numune tabancaya kritik NATO testleri uygulanmıştır. Testler öncesinde tabancaların fonksiyon kontrolleri yapılmıştır. Namlusu ve ateşleme iğnesi krom kaplanmamış MC 28 SA tabancalardan bir tanesi Şekil 2.19 da gösterilmiştir.



Şekil 2. 19 Namlusu Ve Ateşleme İğnesi Krom Kaplanmamış Olan Tabanca

2.6.1.1 Namlu Çıkış Hızı Testi

Namlusu ve ateşleme iğnesi krom kaplanmadan önce numune olarak montaj edilen 10 adet tabanca NATO test standardı D14 e göre ilk hız testine tabi tutulmuştur. İlgili standarda göre tabancalar ile 12 şer adet atış yapılarak fişegin namludan çıkış hızı her seferinde kaydedilmelidir. En yüksek ve en düşük iki atış değeri hesaplama dışı bırakılarak kalan 10 atışın ortalaması o tabancanın ilk hız değerini vermektedir.

Tabancaların namlu çıkış hızları Oehler marka ilk hız ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 2.20 Namlu Çıkış Hızı Ölçüm Cihazı Düzeneği

Her bir tabanca ile 12 adet 9x19 mm Makine Kimya Endüstrisi Kurumu FMJ (full metal jacket) 124 grain size 8 gr çekirdek ağırlığında standart ve aynı kafilenden fişek kullanılarak testler icra edilmiştir. Numune tabancaların namlu çıkış hızları Tablo 2.7 de verilmiştir.

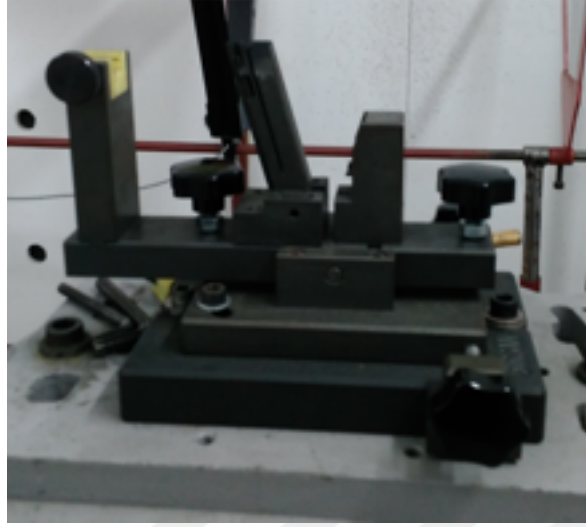
Tabanca Numune No	Namlu Çıkış Hızı (m/s)
Numune 1	343
Numune 2	345
Numune 3	346
Numune 4	344
Numune 5	345
Numune 6	345
Numune 7	345
Numune 8	344
Numune 9	346
Numune 10	346

Tablo 2.7 Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanmadan Önce MC 28SA Tabancaların Namlu Çıkış Hızları

2.6.1.2 Doğruluk, Dağılım ve Etkili Menzil Testi

25 m mesafede, 10 adet fişek ile deneme atışları tamamlandıktan sonra 10 adet fişek ile yapılmıştır. Dağılım atışları tabanca atış sehпасına sabitlenmiş şekilde yapılmıştır. Yapılan 10 adet atım hedef kağıdı üzerinde izler bırakır, atım sonrasında hedef kağıdında birbirine en uzak iki vuruşun merkezleri arasındaki dik uzaklık 12 cm den fazla olmaması gerekmektedir. Bir tabanca için hedef hassasiyeti noktasında en kritik öneme sahip olan testlerden birisidir. Bu testte tabancanın insan faktörü olmadan kendi sistemi içerisindeki hedef hassasiyetinin ölçülmesi planlanmaktadır. Bu nedenle atışlar bir atıcı tarafından değil sabit bir aparat ile yapılmalıdır. Bu test için Şekil 2.21 de görülen özel bir aparat tasarlanmıştır.

Her bir tabanca aparata sabitlenerek NATO test prosedürüne göre atışlar yapılmış ve dağılım test sonuçları ölçülerek kaydedilmiştir. Numune tabancaların dağılım sonuçları Tablo 2.8 de verilmiştir.



Şekil 2.21 Dağılım Testi Tabanca Sabitleme Aparatı

Tabanca Numune No	Dağılım Sonucu (cm)
Numune 1	14
Numune 2	10
Numune 3	12
Numune 4	14
Numune 5	14
Numune 6	13
Numune 7	14
Numune 8	13
Numune 9	14
Numune 10	14

Tablo 2.8 Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanmadan Önce MC 28SA

Tabancaların Dağılım Ölçüm Sonuçları

Testler icra edilirken Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu imalatı olan 9x19 mm FMJ (full metal jacket) 124 grain size, 8 gram çekirdek ağırlığına sahip ve aynı kafileden fişekler kullanılmıştır.

2.6.1.3 Tuz Sisi Testi (Korozyon Testi)

MLT-STD-810, Metot 509,4 standardına göre çözelti hazırlanmalıdır. Bu standarda göre ağırlıkça % 5 sodyum klorür, % 95 su içeren bir çözelti hazırlanmıştır. Tabancalara boş şarjörleri takmak sureti ile mühimmatsız bir şekilde tuz sisi (korozyon) test cihazı kabinine bırakılmıştır. Tuz sisi test kabini 24 saat MIL-STD-810 a göre çalıştırılmıştır.[19]



Şekil 2.22 Tuz Sisi Test Kabini

24 saatlik maruz kalma işleminden sonra tabancalar test kabininden çıkarılarak kapak takımı geri çekilmiş ve namlusundan içerisindeki sular süzölmüştür. Tuz sisi-ne maruz kalan tüm tabancalar ve şarjörler 24 saat için standart ortam koşullarında ($25 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ve %20-%80 RH) depolanmıştır. Bu döngü tüm tabancalar için bir kere daha tekrarlanır.

Tuz sisi testi sonrasında tabancaların namlu, ateşleme iğnesi parçalarında korozyon tespit edilmiştir.

2.6.1.4 Düşük Sıcaklık Testi

Nato test standardı D 14 e göre tabancalar dolu şarjör ile birlikte -55 ° C de soğuk hava dolabına haznesinde fişek varken bırakılmıştır. Bu şekilde 8 saat boyunca tabancalar soğuk hava dolabında bekletilmiş ve 8 saatin sonunda dolaptan çıkarılarak hemen atış yapılmıştır, tabancaların tutukluk yapmadan bir şarjör (15 fişek) atış yapması gerekmektedir. Tabancaların düşük sıcaklık testi sonuçları Tablo 2.9 da verilmiştir.

Tabanca Numune No	Düşük Sıcaklık Testi Sonucu
Numune 1	Atış Başarılı
Numune 2	2 Tutukluk (Kapağın Yeterince Geri Gelmemesi)
Numune 3	1 Tutukluk (Kapağın Yeterince Geri Gelmemesi)
Numune 4	Atış Başarılı
Numune 5	Atış Başarılı
Numune 6	1 Tutukluk (Kapağın Yeterince Geri Gelmemesi)
Numune 7	Atış Başarılı
Numune 8	Atış Başarılı
Numune 9	Atış Başarılı
Numune 10	1 Tutukluk (Kapağın Yeterince Geri Gelmemesi)

Tablo 2.9 Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanmadan Önce Numune Tabancalar ile Yapılan Düşük Sıcaklık Testi Sonuçları

Testler icra edilirken Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu imalatı olan 9x19 mm FMJ (full metal jacket/ ful metal gömlek) 124 grain size, 8 gram çekirdek ağırlığına sahip ve aynı kafilenden fişekler kullanılmıştır.

2.6.1.5 Yüksek Sıcaklık Testi

Nato test standardı D 14 e göre tabancalar dolu şarjör ile birlikte +55 ° C de sıcak hava dolabına haznesinde fişek varken bırakılmıştır. Bu şekilde 8 saat boyunca tabancalar sıcak hava dolabında bekletilmiş ve 8 saatin sonunda dolaptan çıkarılarak hemen atış yapılmıştır, tabancaların tutukluk yapmadan bir şarjör (15 fişek) atış yapması gerekmektedir. Tabancaların yüksek sıcaklık testi sonuçları Tablo 2.10 da verilmiştir.

Tabanca Numune No	Yüksek Sıcaklık Testi Sonucu
Numune 1	Atış Başarılı
Numune 2	Atış Başarılı
Numune 3	Atış Başarılı
Numune 4	Atış Başarılı
Numune 5	Atış Başarılı
Numune 6	Atış Başarılı
Numune 7	Atış Başarılı
Numune 8	Atış Başarılı
Numune 9	Atış Başarılı
Numune 10	Atış Başarılı

Tablo 2.10 Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanmadan Önce Numune Tabancalar ile Yapılan Yüksek Sıcaklık Testi Sonuçları

Testler icra edilirken Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu imalatı olan 9x19 mm FMJ (full metal jacket/ful metal gömlek) 124 grain size, 8 gram çekirdek ağırlığına sahip ve aynı kafileden fişekler kullanılmıştır.

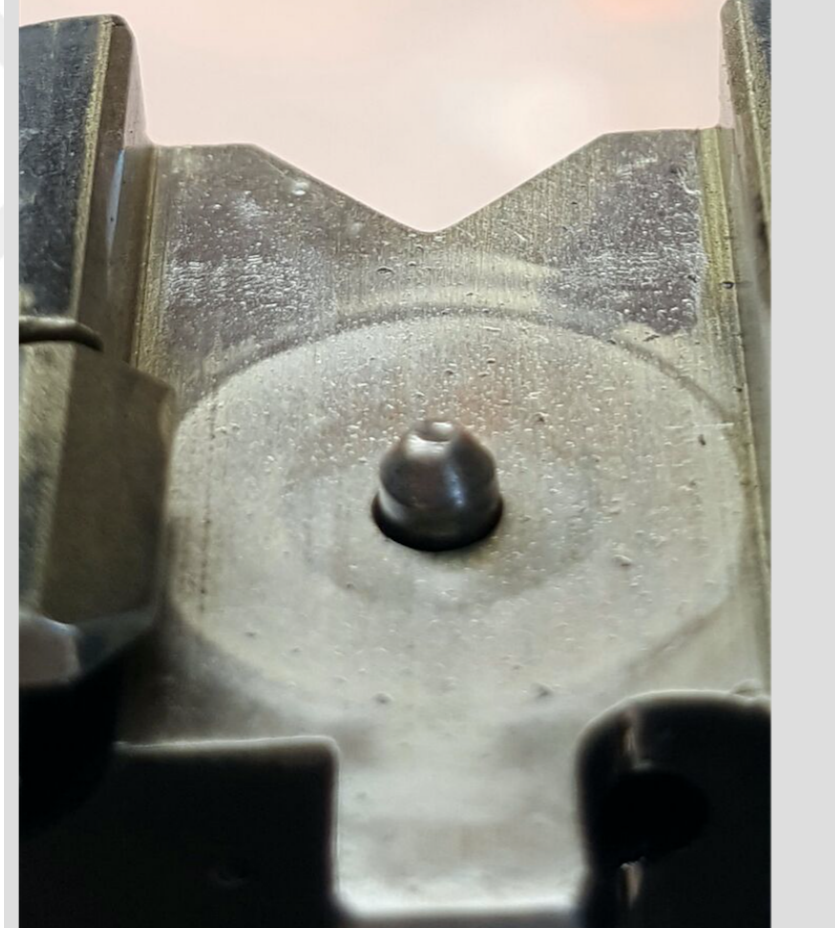
2.6.1.6 Ömür Mukavemet Testi

Namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanmamış, bu tez çalışmasında kullanılan 10 adet tabancanın haricinde bir MC 28 SA model tabanca ile ömür mukavemet testi yapılmıştır. Ömür mukavemet testinde tabancalara tahribatlı bir test yapıldığı için aynı tabanca ile sert krom kaplama öncesi ve sonrası test yapmak teknik olarak mümkün değildir, bu nedenle aynı şartlarda hazırlanmış iki tabancadan birisinin ateşleme iğnesi ve namlusu sert krom kaplanmamış olarak, diğer tabancanın ise kaplanmış olarak mukavemet testi yapılmıştır.

Ömür mukavemet testinde Makine Kimya Endüstrisi Kurumu üretimi olan 9x19 mm FMJ (full metal jacket) 124 grain size, 8 gram çekirdek ağırlığına sahip ve aynı kafileden fişekler kullanılmıştır. NATO test standardı D 14 e göre tabanca her 120 atışta bir, bir dakika boyunca havayla soğutularak atış yapılmış, her 600 de bir ara bakım ve her 1200 de bir genel bakım uygulanmıştır. Bu şekilde toplamda 10 000 atım yapılmıştır. Bu testte tabancanın ömrünün (servis süresinin) tayin edilmesi amaçlanmaktadır, tabancanın ömrü ise direkt olarak namlu ömrü ile ilgilidir. Namlu ömrü ise namlunun içerisindeki yiv ve setlerin boyut değişimi ile tayin edilir. Yapılan 10 000 atım sonrasında MC 28 SA model test tabancasının set çapının 0,05 mm genişlediği ölçülerek tespit edilmiştir. Şekil 2.23 de krom kaplanmayan namlu yiv-set yapısının genişlemiş kesiti verilmiştir. Aynı zamanda ateşleme iğnesinin uç kısmında kraterleşme tespit edilmiştir. Şekil 2.24 de krom kaplama öncesinde ateşleme iğnesinin uç kısmında oluşan kraterleşme gösterilmiştir.



Şekil 2.23 Genişleyen Namlu Yiv-Set Kesiti (Krom Kaplanmamış Namlu)



Şekil 2. 24 Ateşleme İğnesi Uç kısmında Oluşan Kraterleşme

2.6.2 Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanan Tabancaların Kritik NATO Testleri

10 adet numune MC 28 SA model tabanca montaj edilmiştir, bu tabancalarda sert krom kaplanan namlu ve ateşleme iğneleri kullanılmıştır.



Şekil 2.25 Namluları Ve Ateşleme İğneleri Krom Kaplanmış Olan MC 28 SA Model Tabancalar

Montaj edilen tabancaların fonksiyon kontrolleri yapılmış ve atışa hazır hale getirilmiştir.

2.6.2.1 Namlu Çıkış Hızı Testi

Numune olarak montaj edilen 10 adet tabanca NATO test standardı D14 e göre ilk hız testine tabi tutulmuştur. İlgili standarda göre tabancalar ile 12 şer adet atış yapılarak fişegin namludan çıkış hızı her seferinde kaydedilmelidir. En yüksek ve en düşük iki atış değeri hesaplama dışı bırakılarak kalan 10 atışın ortalaması o tabancanın ilk hız değerini vermektedir.

Nato test standardı D 14 e göre 10 adet namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanmış tabanca ilk hız testine tabi tutulmuştur. Ölçümler Oehler marka ilk hız ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Tablo 2.11 de bu 10 tabancanın ilk hız değerleri verilmiştir.

Tabanca Numune No	Namlu Çıkış Hızı (m/s)
Numune 1	385
Numune 2	384
Numune 3	386
Numune 4	380
Numune 5	389
Numune 6	387
Numune 7	386
Numune 8	386
Numune 9	385
Numune 10	380

Tablo 2.11 Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanan MC 28SA Tabancaların Namlu Çıkış Hızları

2.6.2.2 Doğruluk, Dağılım ve Etkili Menzil Testi

Herbir tabanca aparata sabitlenerek NATO test prosedürüne göre atışlar yapılmış ve dağılım test sonuçları ölçülerek kaydedilmiştir. Numune tabancaların dağılım sonuçları Tablo 2.12 de verilmiştir.



Şekil 2.26 Dağılım Test Atış Düzeneği ve Tabanca

Tabanca Numune No	Dağılım Sonucu (cm)
Numune 1	7
Numune 2	5
Numune 3	6
Numune 4	8
Numune 5	7
Numune 6	6,5
Numune 7	7
Numune 8	6,5
Numune 9	7,5
Numune 10	7

Tablo 2.12 Namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanan MC 28SA tabancaların dağılım ölçüm sonuçları

2.6.2.3 Tuz Sisi Testi (Korozyon Testi)

MLT-STD-810, Metot 509,4 standardına göre çözelti hazırlanmalıdır. Bu standarda göre ağırlıkça % 5 sodyum klorür, % 95 su içeren bir çözelti hazırlanmıştır. Tabancalara boş şarjörleri takmak sureti ile mühimmatsız bir şekilde tuz sisi (korozyon) test cihazı kabineye bırakılmıştır. Tuz sisi test kabini 24 saat MIL-STD-810 a göre çalıştırılmıştır.

24 saatlik maruz kalma işleminden sonra tabancalar test kabinden çıkarılarak kapak takımı geri çekilmiş ve namlusundan içerisindeki sular süzölmüştür. Tuz sisi-ne maruz kalan tüm tabancalar ve şarjörler 24 saat için standart ortam koşullarında ($25 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ve %20-%80 RH) depolanmıştır. Bu döngü tüm tabancalar için bir kere daha tekrarlanır. Tuz sisi testi sonucunda hiçbir tabanca parçasında korozyon gözlemlenmemiştir.



Şekil 2.27 Tuz Sisi Test Düzeneği

2.6.2.4 Düşük Sıcaklık Testi

Nato test standardı D 14 e göre tabancalar dolu şarjör ile birlikte -55°C de soğuk hava dolabına haznesinde fişek varken bırakılmıştır. Bu şekilde 8 saat boyunca tabancalar soğuk hava dolabında bekletilmiş ve 8 saatin sonunda dolaptan çıkarılarak hemen atış yapılmıştır, tabancaların tutukluk yapmadan bir şarjör (15 fişek) atış yapması gerekmektedir. Tabancaların düşük sıcaklık testi sonuçları Tablo 2.13 de verilmiştir.

Tabanca Numune No	Düşük Sıcaklık Testi Sonucu
Numune 1	Atış başarılı
Numune 2	Atış başarılı
Numune 3	Atış başarılı
Numune 4	Atış başarılı
Numune 5	Atış başarılı
Numune 6	Atış başarılı
Numune 7	Atış başarılı
Numune 8	Atış başarılı
Numune 9	Atış başarılı
Numune 10	Atış başarılı

Tablo 2.13 Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplanan MC 28SA Tabancaların Düşük Sıcaklık Test Sonuçları

Testler icra edilirken Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu imalatı olan 9x19 mm FMJ (full metal jacket/ful metal gömlek) 124 grain size, 8 gram çekirdek ağırlığına sahip ve aynı kafileden fişekler kullanılmıştır.

2.6.2.5 Yüksek Sıcaklık Testi

Nato test standardı D 14 e göre tabancalar dolu şarjör ile birlikte +55 ° C de sıcak hava dolabına haznesinde fişek varken bırakılmıştır. Bu şekilde 8 saat boyunca tabancalar sıcak hava dolabında bekletilmiş ve 8 saatin sonunda dolaptan çıkarılarak hemen atış yapılmıştır, tabancaların tutukluk yapmadan bir şarjör (15 fişek) atış yapması gerekmektedir. Tabancaların yüksek sıcaklık testi sonuçları Tablo 2.14 de verilmiştir.

Tabanca Numune No	Yüksek Sıcaklık Testi Sonucu
Numune 1	Atış başarılı
Numune 2	Atış başarılı
Numune 3	Atış başarılı
Numune 4	Atış başarılı
Numune 5	Atış başarılı
Numune 6	Atış başarılı
Numune 7	Atış başarılı
Numune 8	Atış başarılı
Numune 9	Atış başarılı
Numune 10	Atış başarılı

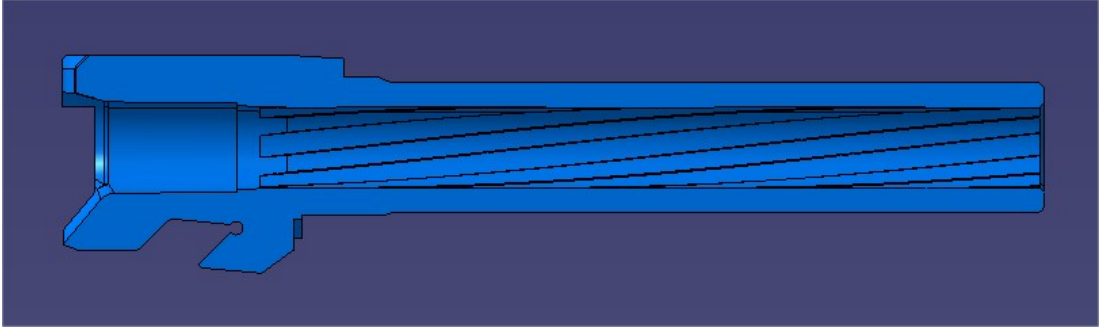
Tablo 2.14 Namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanan numune tabancalar ile yapılan yüksek sıcaklık testi sonuçları

Testler icra edilirken Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu imalatı olan 9x19 mm FMJ (full metal jacket/ful metal gömlekli) 124 grain size, 8 gram çekirdek ağırlığına sahip ve aynı kafileden fişekler kullanılmıştır.

2.6.2.6 Ömür Mukavemet Testi

Ömür mukavemet testinde Makine Kimya Endüstrisi Kurumu üretimi olan 9x19 mm FMJ (full metal jacket) 124 grain size, 8 gram çekirdek ağırlığına sahip ve aynı kafileden fişekler kullanılmıştır. Nato test standardı D 14 e göre tabanca her 120 atışta bir, bir dakika boyunca havayla soğutularak atış yapılmış, her 600 de bir ara bakım ve her 1200 de bir genel bakım uygulanmıştır.

Namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanmış MC 28 SA numune test tabancası ile 10 000 atım yapılmış ve tabanca performansı kaydedilmiştir. Ateşleme iğnesi ve namlusu sert krom kaplanmış olan MC 28 SA model tabanca bu testte hiç hata yapmamıştır. 10 000 atım testi sonucunda yapılan namlu yivset çapı ölçümünde nam-lunun yiv set çapının değişmediği görülmüş ve kaydedilmiştir.



Şekil 2.28 Namlunun Yiv-Set ve Hazne Kesit Görünümü (Catia 3D)



Şekil 2.29 Krom Kaplanan Namlunun Yiv-Set Çapı Mukavemet Testi Sonrasında Değişmemiştir

Namlu içerisine kaplanan sert krom sayesinde namlu yiv-set ölçüsünde bir değişim olmamıştır. Bu, 10 000 atıma rağmen namlunun hala hiç kullanılmadığı sıfır hali ile aynı durumda olduğunun göstergesidir. Şekil 2.29’da namlu yivset görünümü verilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Tabanca Parçalarına Uygulanan Korozyon Testleri

MC 28 SA model tabanca namlularına ve ateşleme iğnelerine uygulanan sert krom kaplama uygulamasından sonra yapılan korozyon testleri, uygulanan bu özel kaplamanın diğer kaplamalara oranla silah parçalarının korozyon dayanımını artırdığı tespit edilmiştir. Standart siyah lak boya, kostik kaplama ve diğer kaplama türlerine göre tabanca parçalarına uygulanan sert krom kaplamanın daha uzun bir korozyon direnci olduğu tespit edilmiştir. Özellikle silahın çevresel koşullardan etkilenmemesi ve daha uzun servis ömrü olması için önemli bir adım olacağı aşikardır.



Şekil 3.1. Korozyon Testi Sonrasında Uygulanan NATO Testine İlave Test

Nato testi standardı 24 saattir ve tabanca bu testte herhangi bir korozyon yada kaplama problemi yaşamadan testi tamamlamıştır. Ancak yapılan krom kaplamanın performansını görmek için bu çalışma da tuz sis testine devam edilmiş ve 250 saate kadar sert krom kaplanan hiçbir parçada korozyona rastlanmadığı görülmüştür. Aynı test aynı koşullarda lak boya kaplama yapılarak uygulanmış ve korozyon direncinin kaplanan parçalar için sadece 24 saat olduğu tespit edilmiştir.

3.2 Sert Krom Kaplamanın Tabancanın Test Performansına Etkisi

MC 28 SA model yarı otomatik 9x19 mm tabancanın kritik öneme sahip parçaları olan namlu ve ateşleme iğnesi parçaları sert krom kaplandıktan sonra NATO testlerine tabi tutulmuştur. Kaplama öncesinde ve sonrasında önemli testler icra edilmiş ve sonuçlar kaydedilmiştir. Krom kaplama sonrasında tabancanın balistik özelliklerinde büyük bir iyileşme olduğu yapılan test çalışmalarında gözlemlenmiştir.

3.2.1 Sert Krom Kaplamanın Namlu Çıkış Hızına Etkisi

MC 28 SA model tabancaların namlusuna ve ateşleme iğnesine sert krom kaplanmadan önce ve sonra aynı numune tabancalar ile namlu çıkış hızı testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 3.1 de verilmiştir.

Tabanca Numune No	Kaplama Sonrası Namlu Çıkış Hızı (m/s)	Kaplama Öncesi Namlu Çıkış Hızı (m/s)
Numune 1	385	343
Numune 2	384	345
Numune 3	386	346
Numune 4	380	344
Numune 5	389	345
Numune 6	387	345
Numune 7	386	345
Numune 8	386	344
Numune 9	385	346
Numune 10	380	346

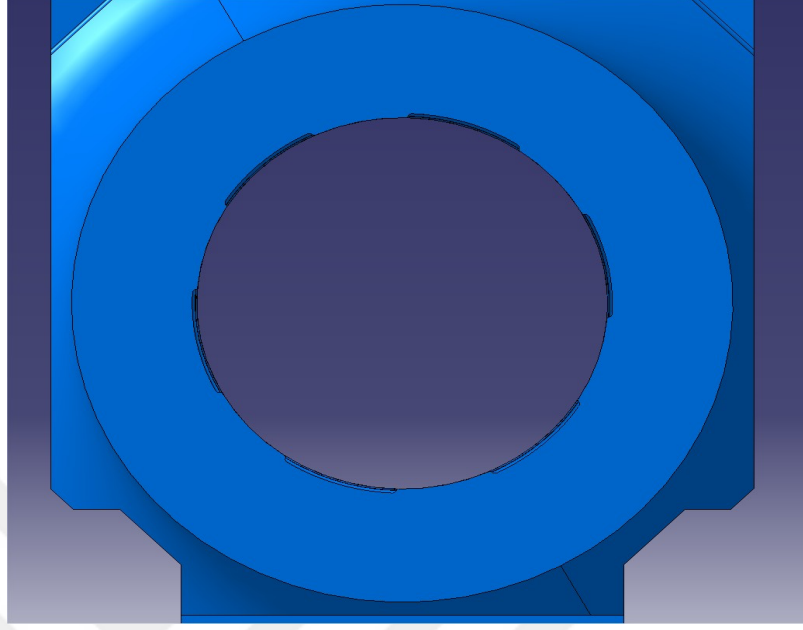
Tablo 3.1 Sert Krom Kaplama Öncesinde ve Sonrasında Namlu Çıkış Hızları

Yapılan namlu çıkış hızı testlerinde namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanan tabancaların krom kaplama öncesine göre ilk hız değerlerinin yaklaşık olarak 40 m/s arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuç tabanca endüstrisi için önemli bir gelişmedir. Namlu çıkış hızındaki bu artışın namlu parçasındaki sert krom kaplama neticesinde olduğu değerlendirilmektedir, ateşleme iğnesinin namlu çıkış hızına bir etkisi bulunmamaktadır.

Tabancalarda fişek ateşlendiği zaman çok kısa bir zaman zarfında (yaklaşık 10 milisaniyede) ateşleme ve yanma neticesinde ortaya çıkan basınç kuvveti ile çekirdek kovandan ayrılır ve tabanca içerisindeki yiv set tarafından dönü verilerek hem açışal hemde çizgisel hız kazanır ve bu şekilde namluyu terk eder. Çekirdeğin bu namlu içerisinde aldığı yol boyunca temas yüzeylerindeki sürtünme kayıpları namlu çıkış hızına negatif bir şekilde tesir etmektedir. Bu noktada sürtünme kayıpları ne kadar az olursa o kadar verim elde edilebilmektedir.

MC 28 SA model tabancanın namlu boyu 108 mm dir, normalde şu anda tabanca endüstrisinde bu namlu boyunda bir tabancanın 9X19 mm fişekler kullanıldığı zaman ortalama namlu çıkış hızı 345-350 m/s iken bu değer namlunun sert krom kaplanması neticesinde yaklaşık 40 m/s artarak 380-385 m/s civarlarına çıkmıştır. İlk hızda yakalanan bu artış tabancanın daha yüksek etkili menzile sahip olmasını sağlamaktadır.

İlk hız değerindeki bu artış tabancanın namlusunun sert krom kaplanmasına bağlıdır. Fişek çekirdeğinin namlu içerisindeki yiv-set'e temas ederek hem açışal hem de çizgisel hız kazanması sırasındaki sürtünme kayıpları krom kaplandıktan sonra azalmış ve çekirdeğin namlu çıkış hızı artmıştır. Tablo 3.2 de sert krom kaplama öncesinde ve sonrasında namlunun yüzey pürüzlülük değerleri verilmiştir. Namlu parçası üzerinde sert krom kaplama öncesinde ve sonrasında yapılan yüzey pürüzlülük değerleri ölçümleri incelendiği zaman kaplama sonrasında yüzey pürüzlülük değerinin yaklaşık olarak 18 kat azaldığı görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğünde elde edilen bu büyük iyileşme fişek çekirdeğinin daha az sürtünme ile namluyu terk etmesini sağlayarak namlu çıkış hızında artışa neden olmuştur.



Şekil 3.2 9X19 MM Tabanca Namlu Yiv-Set Tasarımı

Şekil 3.2 de 9x19 mm bir tabancanın namlu yiv-set tasarımının kesit görüntüsü verilmiştir.

Namlu Numune No	Kaplama öncesi Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Kaplama Sonrası Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)
Numune 1	0,74	0,04
Numune 2	0,77	0,04
Numune 3	0,76	0,05
Numune 4	0,75	0,03
Numune 5	0,77	0,04
Numune 6	0,74	0,04
Numune 7	0,75	0,04
Numune 8	0,75	0,03
Numune 9	0,76	0,03
Numune 10	0,76	0,03
Numune 11	0,75	0,04
Numune 12	0,75	0,03
Numune 13	0,74	0,03
Numune 14	0,75	0,03
Numune 15	0,76	0,05
Numune 16	0,74	0,04
Numune 17	0,74	0,04
Numune 18	0,76	0,04
Numune 19	0,75	0,04
Numune 20	0,75	0,04

Tablo 3.2 Namlunun Kaplama Öncesinde ve Sonrasında Yüzey Pürüzlülük Değerler

3.2.2 Sert Krom Kaplamanın Tabancanın Doğruluk, Dağılım ve Etkili Menzil' e Etkisi

Gerek Kolluk kuvvetleri için gerekse de sivil kullanım için tabancalarda hedef hassasiyeti çok büyük önem taşımaktadır. NATO'nun Doğruluk, Dağılım ve Etkili Menzil testi tabancaların hedef hassasiyetini atıcıdan bağımsız bir şekilde ölçmek için yapılmaktadır.

Bu tez çalışmasında MC 28 SA model tabancanın namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplandıktan önce ve sonra Dağılım testleri yapılmış ve kaydedilmiştir. Tablo 3.3 de kaplama öncesinde ve sonrasında Dağılım testi sonuçları verilmiştir.

Tabanca Numune No	Kaplama Öncesi Dağılım Sonucu (cm)	Kaplama Sonrası Dağılım Sonucu (cm)
Numune 1	14	7
Numune 2	10	5
Numune 3	12	6
Numune 4	14	8
Numune 5	14	7
Numune 6	13	6,5
Numune 7	14	7
Numune 8	13	6,5
Numune 9	14	7,5
Numune 10	14	7

Tablo 3.3 MC 28 SA Model Tabanca Namlusu ve Ateşleme İğnesi Sert Krom Kaplandıktan Önce ve Sonra Ölçülen Dağılım Değerleri

Yapılan testlerde sert krom kaplama sonrasında dağılım değerinde % 100 e yakın bir iyileşme olduğu tespit edilmiştir. Yapılan atışlarda namlusu krom kaplı olan tabancalarda fişeklerin daha küçük çapta bir dairenin içerisinde toplandığı görülmüştür. Namlu sert krom kaplandıktan sonra tabancanın hedef hassasiyeti 2 kat artmıştır.

3.2.3 Sert Krom Kaplamanın Tuz Sisi Testi (Korozyon Testi)'ne Etkisi

MC 28 SA model tabancanın Namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplandıktan sonra yapılan korozyon testinde korozyona uğramamıştır. Ancak krom kaplanmamış yada diğer kaplama yöntemleri ile (lak boya ile boyamak, kostik kaplama) kaplanan namlular ve tabanca parçaları test sonucunda korozyona uğramış ve silahın çalışma sistemini olumsuz yönde etkilemiştir.

İlgili test standardına uygun şartlarda yapılan testlerde % 5 NaCl konsantrasyonlu su çözeltisinde yapılan testlerde 250 saat boyunca herhangi bir korozyona rastlanmamıştır. Birçok farklı çevresel koşulda (nem, düşük ve yüksek sıcaklık) silahın parçalarının korozyona uğramadan çalıştığı yapılan atışlı testlerde tespit edilmiştir.

Özellikle kolluk kuvvetlerinin sürekli tabancalarını yanında taşıdıkları düşünüldüğünde, yapılan sert krom kaplamanın insan teri gibi faktörlerden etkilenmeden silahın kaplama bütünlüğünü koruduğu görülmüştür.

Uygulanan krom kaplamanın sert krom kaplama olması nedeni ile taktik sert kılıflarda taşıma (ani atışa uygun ve operasyonel kılıflar) sırasında da herhangi bir çizik ve deformasyon olmaması da kullanıcı açısından büyük bir avantaj getirmektedir. Zira sert krom kaplama dışındaki geleneksel kaplamalar uygulandığında silahlar bu sert kılıflarda çizilmektedir.

3.2.4 Sert Krom Kaplamanın Düşük Sıcaklık Testine Etkisi

Namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanan MC 28 SA model tabancalar sert krom kaplama öncesinde ve sonrasında düşük sıcaklık testine tabi tutulmuştur. Tablo 3.4 de tabancaların kaplama öncesinde ve sonrasında düşük sıcaklık test sonuçları verilmiştir.

Tabanca Numune No	Kaplama öncesi Düşük Sıcaklık Testi Sonucu	Kaplama Sonrası Düşük Sıcaklık Testi Sonucu
Numune 1	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 2	2 tutukluk (kapağın yeterince geri gelmemesi)	Atış başarılı
Numune 3	1 tutukluk (kapağın yeterince geri gelmemesi)	Atış başarılı
Numune 4	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 5	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 6	1 tutukluk (kapağın yeterince geri gelmemesi)	Atış başarılı
Numune 7	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 8	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 9	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 10	1 tutukluk (kapağın yeterince geri gelmemesi)	Atış başarılı

Tablo 3.4 MC 28 SA Model Tabancaların Krom Kaplama Öncesinde ve Sonrasında Düşük Sıcaklık Testi Sonuçları

Düşük sıcaklık testi -55 °C de yapılmaktadır. Bir tabanca kompozit, çelik, alaşım esaslı malzemelerden imal edilmiş parçalardan oluşmaktadır. Bu farklı malzemelerin düşük sıcaklıklarda gösterdiği davranışlar birbirinden farklıdır ve testin sonucuna direkt olarak etki etmektedir. Düşük sıcaklık testinde tabanca parçalarının ölçüleri belirli oranda çekmekte ve küçülmektedir, ancak farklı malzemeler farklı büzülme değerlerine sahiptir. Ayrıca bu parçaların soğuk havada düşük sıcaklığa maruz kaldığı zaman aralarındaki sürtünme dirençleri de değişkenlik göstermektedir. Yüzey pü-

rüzlülüğü fazla olan parçalar soğuk hava testinde daha fazla bir sürtünme direnci ile karşı karşıya kalmaktadır. Düşük sıcaklık testlerinde artan bu sürtünme kuvvetleri nedeni ile tabancaların kapak takımları atış sırasında yeterince geri gelemeyerek bir sonraki fişegi hazneye alamamakta ve tabancanın tutukluk yapmasına neden olmaktadır. Ancak Namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanmış olan tabanca parçalarının birbirleri arasında sürtünme kuvveti azaldığı için düşük sıcaklıkta bile sistem döngüyü rahatça tamamlamış ve tabancalar hiç tutukluk yapmadan testi bitirmiştir.

3.2.5 Sert Krom Kaplamanın Yüksek Sıcaklık Testine Etkisi

MC 28 SA model tabancanın namlusu ve ateşleme iğnesi sert krom kaplanmadan önce ve sonra yapılan yüksek sıcaklık testleri Tablo 3.5 de verilmiştir.

Tabanca Numune No	Kaplama Öncesi Yüksek Sıcaklık Testi Sonucu	Kaplama Sonrası Yüksek Sıcaklık Testi Sonucu
Numune 1	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 2	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 3	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 4	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 5	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 6	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 7	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 8	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 9	Atış başarılı	Atış başarılı
Numune 10	Atış başarılı	Atış başarılı

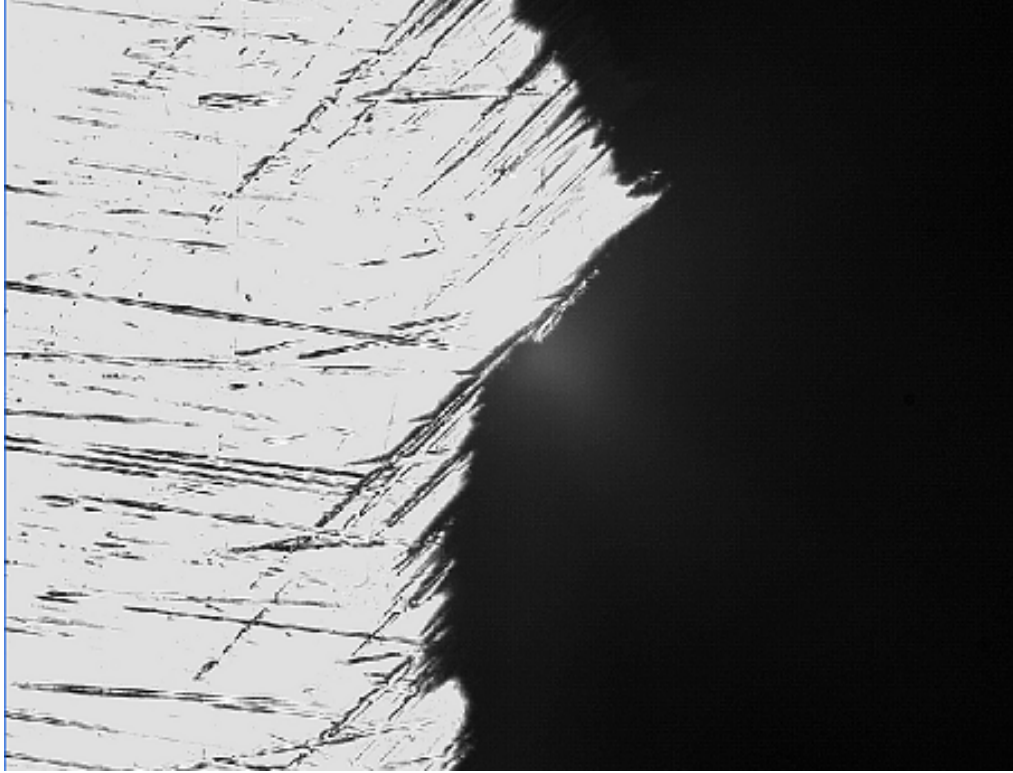
Tablo 3.5 MC 28 SA Model Tabancaların Krom Kaplama Öncesinde ve Sonrasında Yüksek Sıcaklık Testi Sonuçları

Yüksek sıcaklık testi +55 ° C de yapılmakta olduğu için yüksek sıcaklıklarda kaplama öncesinde ve sonrasında herhangi bir problem ile karşılaşılmamıştır. Yüksek sıcaklık testi hali hazırda normalde de tutukluğa neden olmayan bir testtir.

3.2.6 Sert Krom Kaplamanın Tabanca Ömrüne Etkisi

Ömür mukavemet testinde tabancanın servis ömrü ölçülmektedir. Bir tabancanın ömrünü tayin eden en kritik öneme sahip olan parçası şüphesiz namludur. Bir tabanca namlusunun ömrünü ise o tabancanın yiv-set ölçüsünün sürekli atışlar sonrasında ki değişimi tayin eder. Namlusuna krom kaplanmamış olan tabanca ile ömür mukavemet atış testi yapıldığında 10 000 atım sonrasında tabancanın namlu yiv-set çapının 0,05 mm genişlediği görülmüştür. Ancak namlusuna sert krom kaplanmış olan tabancanın 10 000 atım testinden sonra namlu yiv set çapında bir değişiklik olmadığı ölçülmüştür. 10 000 atım sonrasında tabancanın namlusunun yiv-setinin hala başlangıç ölçülerinde olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan sert krom kaplama namlunun dolayısıyla tabancanın ömrünü uzatmıştır.

Sert krom kaplama yapılan namluyu temizlemek, kaplanmamış veya başka tür kaplamalar yapılmış namlulara göre çok daha kolaydır.



Şekil 3.3 10 000 Atım Sonrasında Namlunun Yivset Kısımının Mikroskopta 100x Büyütülmüş Görüntüsü

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yapılan çalışma ve araştırmalarda elde edilen bulgular sırası ile irdelenmiş ve literatürdeki mevcut veriler ile bu bölümde kıyaslanmıştır. Hafif silahlardan olan tabancalarda kritik tabanca parçalarına uygulanan sert krom kaplama işleminin balistik değerlere olan etkisi irdelenmiştir.

4.1 Uygulanan Sert Krom Kaplamanın Korozyon Test Neticelerinin Değerlendirilmesi

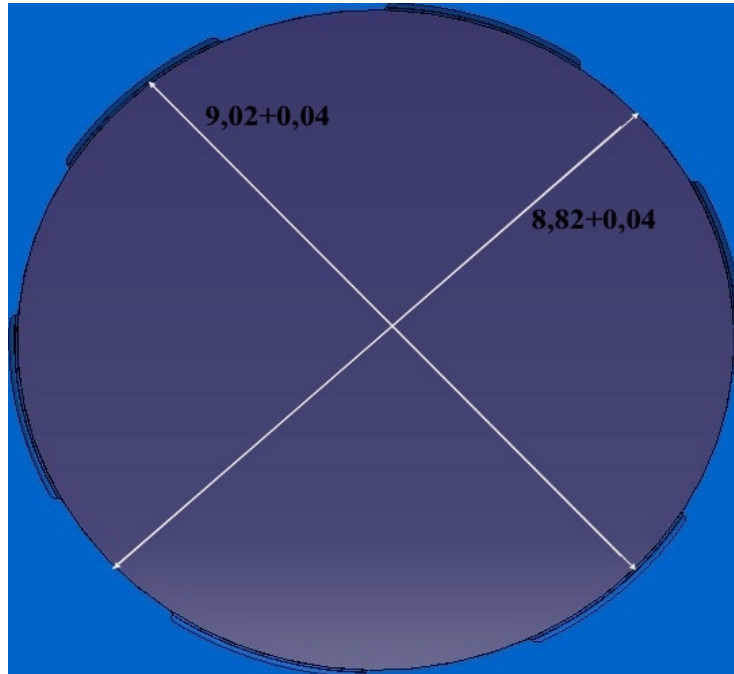
Tabancanın sert krom kaplanmış namlu ve ateşleme iğnesi parçaları yapılan korozyon testinde 250 saat korozyon dayanımı göstermiştir. Normalde mevcut durumda bu parçalara silah endüstrisinde uygulanan standart krom kaplama sonrasında maksimum 24 saat korozyon dayanımı elde edilmektedir. Yapılan bu çalışmada sert krom kaplama uygulanan silah parçalarının korozyon dayanımının 10 kat artırıldığı görülmüştür.

Girsan Silah Fabrikasının özel krom kaplama know-how'u kullanılarak geliştirilen kaplama prosesinde kaplanan parçaların yapılan korozyon testlerinde diğer krom kaplamalara göre daha yüksek bir korozyon direnci gösterdiği tespit edilmiştir. Gerek banyo bileşimi, gerek akım yoğunluğu, gerek kaplama süresi, gerekse de proses adımlarında yapılan iyileştirmeler nihai kaplama kalitesini artırmıştır. Yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde çok büyük iyileştirmeler elde edilmiş ve silah parçalarının birbiri ile daha az sürtünme ile çalışabilmesine imkân sağlamıştır, bu da direkt olarak silahın ömrüne ve performansına etki etmektedir.

4.2 Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Namlu Çıkış Hızlarının Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması

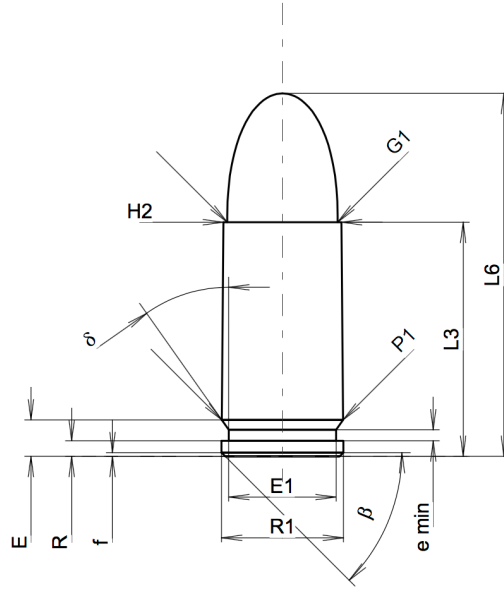
Uluslararası standartlarda yapılan test çalışmalarında namlusu sert krom kaplanan tabancaların namlu çıkış hızlarının yaklaşık 40 m/s daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tabanca namlusunun içerisinde CIP standardına göre 8.82 ± 0.04 çapında bir yiv set yapısı mevcuttur. [20] kullanılan 9x19 mm fişek ise bu çapın üst kısmı olan ölçüye sirtünerek namluyu terk etmektedir. Yiv-seti sert krom kaplanmış olan namlunun yüzey sirtünme direnci yapılan kaplama ile azaltıldığı için fişegin namlu içerisinde kaybettiği sirtünme enerjisi minimize edilerek çıkış hızı artırılmıştır.

Yapılan bu kaplama çalışması silahın direkt olarak balistik performansına olumlu yönde çok ciddi bir artış getirmiştir. Namludan daha hızlı çıkan bir fişek silaha daha fazla etkili menzil kazandırmaktadır. Bu sayede gerek kolluk kuvvetlerinin operasyonel kullanımları için gerekse de sivil spor amaçlı atıcılar için çok büyük bir avantaj elde edilmiş olur.



Şekil 4.1 CIP Standardına Göre 9X19 mm Bir Namlu Yiv-Set Kesit Görünümü

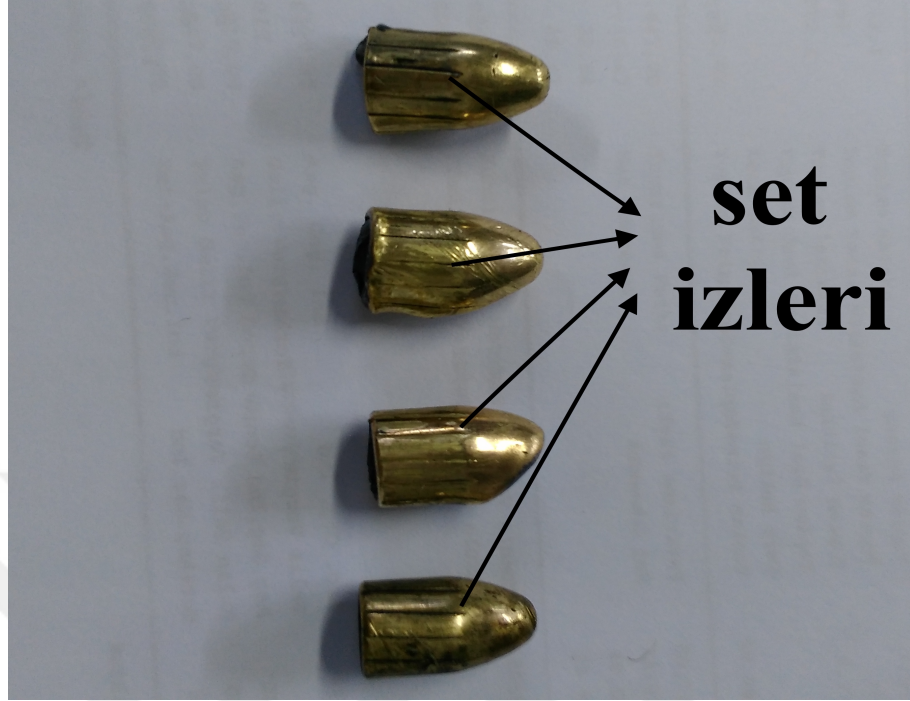
Şekil 4.1 de 9X19 mm bir namlunun CIP standartlarına göre olmasının gereken yiv-set ölçüsü verilmiştir. 9X19 mm bir namlunun yiv derinliği $9,02+0,04$ mm ölçüsünde set derinliği ise $8,82+0,04$ mm ölçüsünde olmalıdır. CIP standardına göre 9x19 mm fişğin de dış çapı 9,03 mm dir. Şekil 4.2 de 9x19 mm fişek boyutlandırılması gösterilmiştir. [20]



Şekil 4.2 9x19 mm fişek CIP Normu Boyutları

Şekil 4.2 de gösterilen 9x19 mm fişek boyutlandırma resminde G1 ölçüsü CIP standardına göre maksimum 9,03 olmalıdır. Tabancada ateşlemeden sonra çekirdeğin çapı en büyük olan kısmı (G1 ölçüsü) namlu içerisinde yol alırken yiv-set yapısı içerisindeki set kısmına temas ederek namluyu terk eder. Üretim toleransları da dikkate alındığında yaklaşık 9,03 çapında olan çekirdek namlu içerisinde 8,82 mm lik bir çapa sürtünerek namluyu terk etmektedir. Bu temas sırasında ne kadar az sürtünme kuvveti kaybı olursa tabancanın balistik özellikleri o kadar artmaktadır. Namlu parçası sert krom kaplandıktan sonra yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde kaplama öncesine göre yüzey pürüzlülüğünün yaklaşık 18 kat azaldığı görülmüştür. Buda

namlu içerisinde çekirdeğin daha az sürtünme kaybı yaşamasına imkân sağlamaktadır.



Şekil 4.3 9x19 mm Çekirdeklerin Atım Sonrasındaki Görüntüsü

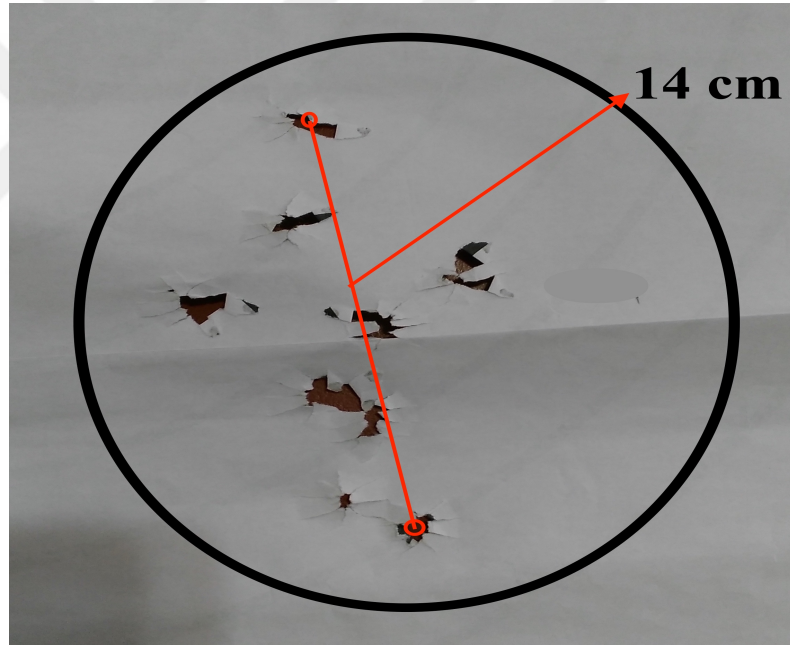
Şekil 4.3 de 9x19 mm bir çekirdeğin atım sonrasındaki görüntüsü verilmiştir. Burada çekirdeğin üzerindeki izlerden tabanca namlusunun yiv-set yapısının birebir aynısının çekirdek içerisinde de olduğu görülmüştür. Bu sürtünme direncinin minimum olması tabanca için büyük avantajdır.

Yapılan sert krom kaplama sayesinde yiv-set içerisindeki yüzey pürüzlülüğü azaltılmış ve daha kaygan bir yüzey elde edilmiştir. Çekirdeğin namludan çıkarken sürtünmeden doğan enerji kaybının azalması tabancadan çekirdeğin namlu çıkış hızının artmasına yardımcı olmaktadır. Bu da tabancaya hem daha fazla etkili menzil ve hassasiyet kazandırmaktadır.

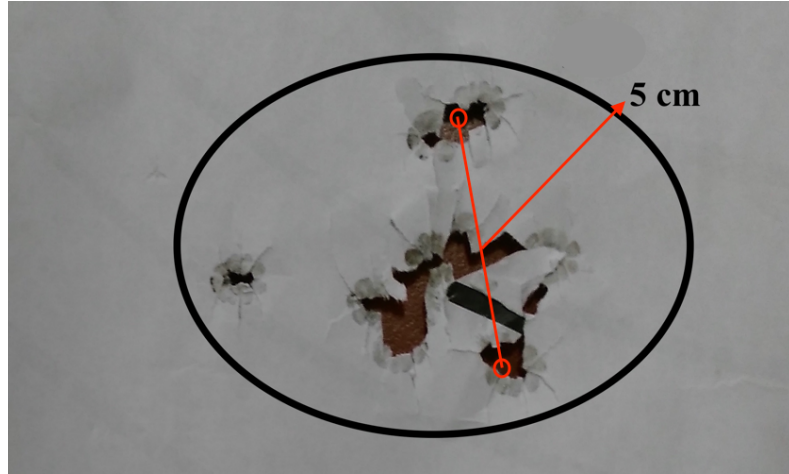
4.3 Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Doğruluk Dağılım ve Etkili Menzil Testlerinin Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması

Tabancaların namlusu sert krom kaplandıktan önce ve sonra doğruluk, dağılım ve etkili menzil testleri icra edilmiştir. Namlusu sert krom kaplanan tabancaların atışlarında çekirdekleri daha küçük bir çap içerisinde topladığı görülmüştür.

Şekil 4.4 de namlusu sert krom kaplanmadan evvel MC 28 SA model tabanca ile 25 metre den 10 adet fişek ile yapılan dağılım test sonucu verilmiştir. Görüldüğü üzere fişeklerin hedef kağıdı üzerindeki dağılımı büyük çapta bir daire içerisinde toplanmıştır. Fişekler 14 cm lik bir daire içerisinde toplanmıştır.



Şekil 4.4 Namlu Sert Krom Kaplanmadan Evvel Yapılan Dağılım Test Sonucu
(25 metre, 10 fişek)



Şekil 4.5 Namlusu Sert Krom Kaplanan Tabancanın Dağılım Test Sonucu (25 metre 10 fişek)

MC 28 SA model tabancanın namlusunun sert krom kaplandıktan sonra 10 adet fişek ile 25 metreden yapılan dağılım testi sonucu Şekil 4.5 de verilmiştir. Görüldüğü üzere fişekler 5 cm' lik bir daire içerisinde toplanmıştır.

Test sonuçlarından yola çıkarak şunu belirtebiliriz ki namlu yiv-seti sert krom kaplanmış olan tabanca ile yapılan atışların daha iyi bir dağılım neticesi vermesinin nedeni hızlı fişeklerin sapmasının az olmasıdır. Aynı zamanda namlu içerisine kaplanan krom, namlu iç çapında bir kalınlık oluşturarak iç çapta bir daralma meydana getirmektedir, bu daralma da fişegin daha iyi bir şekilde namlu içerisinde konumlanmasına ve sapmanın azalmasına imkân vermektedir.

Tabanca kullanımı sırasında özellikle seri atışlardan sonra namlu içerisinde kalan barut artıkları ve tortularda fişegin çıkış yönünü etkileyerek tabanca dağılımını ve hassasiyetini negatif yönde etkilemektedir. Sert krom kaplanan namlular pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu için üzerinde bu artıklar barınamamakta ve dağılıma negatif yönde bir etki etmesi bu sayede engellenmektedir.

4.4 Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Soğuk Hava Testlerinin Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması

Tabancalar -55 ° C sıcaklıkta soğuk hava testine tabi tutulmaktadır. Yapılan test çalışmalarında namlusu sert krom kaplanan tabancaların soğuk hava testinde hata yapmadan testi bitirdikleri tespit edilmiştir, ancak namlusu krom kaplanmayan tabancaların testlerinde bazı tabancalarda tutukluk tespit edilmiştir.

Soğuk hava testinde gerek tabancanın üzerindeki kaplama gerekse de silahın metal kısımları donmaktadır. Tabanca ateşlendikten sonra üst kapak yeterince geri gelerek bir sonraki fişegi almak zorundadır. Krom kaplanmayan tabancalarda oluşan fazla sürtünme kuvveti nedeni ile kapak parçası yeterince geri gelerek bir sonraki fişegi hazneye alamamış ve silah tutukluk yapmıştır. Ancak namlusu sert krom kaplanan tabancalarda sürtünme kuvveti daha az olduğu için kapak yeterince geri gelebilmiş ve silahın atış döngüsünü kolaylıkla sağlamıştır ve silahlar hata yapmamıştır.

Özellikle soğuk iklimlerde kolluk kuvvetlerinin operasyonel bazlı çalışmalarında tabancanın hatasız bir şekilde çalışabilmesi için namlusuna sert krom kaplanması büyük bir avantaj sağlayacaktır.

Bilhassa tabancanın çalışması sırasında birbiri ile temas halinde olan parçaların sürtünme katsayılarının düşük olması sistemin bütünü için büyük avantaj sağlamaktadır. Sert krom kaplanmış olan parçalarda daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edildiği için sürtünme kayıpları daha azdır ve sistem sağlıklı bir şekilde çalışmaktadır.

Sert krom kaplanan yüzeylerde barut artıkları, atış artıkları, toz ve kir daha az barındığı için bu maddelerin soğuk hava ile birlikte namlu içerisinde ve silahın çeşitli yerlerinde donması engellenir silahın hata yapmasının önüne geçilmiş olunur.

4.5 Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Sıcak Hava Testlerinin Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması

Tabancalara + 55 ° C sıcaklıkta uygulanan bu testte hem namlusu sert krom kaplanan hem de kaplanmayan tabancalar sorunsuz bir şekilde testi geçmiştir. Yüksek sıcaklık testi genellikle çelik parçalar açısından sorun teşkil etmeyen bir testtir. Bu nedenle sonuçlar parçalara yapılan kaplamalardan bağımsızdır. Tabancalar sorunsuz bir şekilde test geçmiştir.

4.6 Namlusu Sert Krom Kaplanan ve Kaplanmayan Tabancaların Ömür Mukavemet Testlerinin Kıyaslanması ve Sonuçların Yorumlanması

NATO test standartları D14 e göre tabanca ile 10 000 atım yapılarak tabancanın ömür mukavemet testleri icra edilir. Yapılan testler neticesinde tabancanın belirli balistik parçalar bir dizi ölçüm ve değerlendirmeye tabi tutulur. Bu ölçüm ve değerlendirmelerin neticesine göre silahın ömrü tayin edilir.



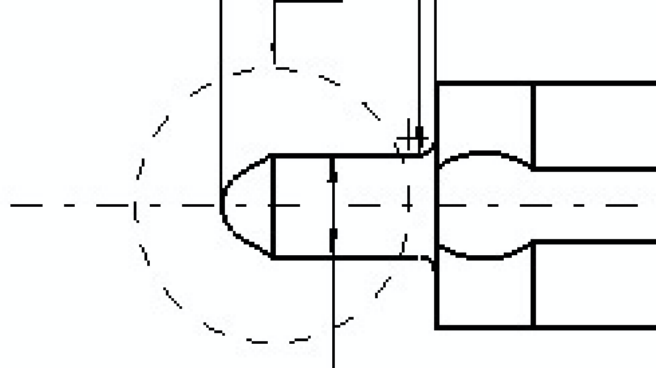
Şekil 4.6 Mukavemet Testinde Kullanılan Tabanca

Tabancaların mukavemetini ölçmek için sürekli olarak durmadan 10 000 adet atım yapılır. Bu atımlar sırasında gerekli bakım ilgili standarda göre yapılır. Yapılan bu atımlar sırasında namlu içerisinden sürtünerek geçen çekirdek namlu iç çapında genişlemeye neden olur. Bu genişleme ne kadar az olursa tabanca namlu ömrü o kadar fazla olur. Zira namlu iç çapındaki 0,05 mm lik bir genişleme tabancanın ilk hız ve dağılım performansını % 30 oranında düşürür.

Yapılan test sonuçları incelendiğine ömür mukavemet atış testinde namlusu krom kaplanan tabancanın kaplanmayana göre daha iyi bir performans gösterdiği görülmüştür. Namlusu krom kaplanmayan tabancanın 10 000 atım sonrasında 8,82 mm olan yiv-set çapının 8,87 mm olduğu ölçülmüştür. Ancak namlusu krom kaplanan tabancanın 10 000 atım sonrasında 8,82 mm olan yiv-set çapının değişmediği tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler açıkça şunu göstermektedir ki yiv-set yapısı sert krom kaplanan namlular 10 000 atımdan hiç etkilenmemiştir, tabancanın ilk hız, dağılım gibi balistik değerleri hala başlangıç değeri ile aynıdır. Namlu içerisinde çekirdeğin yiv-set yapısına sürtünerek çıkması esnasında krom kaplanan namluda daha az aşınma olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre sert krom kaplanan namlunun aşınma direnci artmıştır.

Tabancanın ömür testlerinde ömrüne etki eden diğer bir parçası da ateşleme iğnesidir. Ateşleme iğnesi parçası her atışta fişegin kapsül kısmına vurarak ateşlemeyi başlatmaktadır. Fişegin istenildiği gibi patlatılabilmesi için ateşleme iğnesinin kapsüle uygun bir kuvvet ile vurması gerekmektedir. Belirli bir kuvvet değerinin altındaki vuruşlar patlatmama hatasına yol açabilmektedir. 10 000 atım gibi yüksek adetli testlerde ateşleme iğnesi zaman zaman hasara uğrayabilmektedir. Ateşleme iğnesinin özellikle kapsüle vuran kısmında kraterleşme meydana gelmekte ve zamanla parça görevini yapamaz hale gelmektedir. Şekil 4.7 de ateşleme iğnesi parçasının kapsüle vuran kısmı verilmiştir. Krom kaplanmayan ateşleme iğnelerinde bu kraterleşme 5 000 atım sonucunda ortaya çıkmıştır. Ancak sert krom kaplanan ateşleme iğnelerinde herhangi bir şekilde uç kısımda bir kraterleşme görülmemiştir.

Uygulanan krom kaplama işlemi silah parçalarının korozyon direncini artırdığı, sürtünme direncini azalttığı, aşınma dayanımını da artırdığı tespit edilmiştir. Tüm bunların sonucu olarak da silahın namlu çıkış hızı, etkili menzil, dağılım gibi balistik özellikleri artmıştır. Silahın servis süresi de uzamıştır.



Şekil 4.7 Ateşleme İğnesinin Kapsüle Vuran Uç Kısmı

Sert krom kaplanmayan ateşleme iğnesinde 5000 atım sonrasında ortaya çıkan kraterleşme Şekil 4.8 de verilmiştir.



Şekil 4.8 İğne Ucunda Kraterleşme Oluşumu (Sert Krom Kaplanmayan İğne)

Yapılan sert krom kaplama ateşleme iğnesi üzerinde Şekil 4.8 de verilen krater oluşumlarını engellemektedir. Tabancanın servis ömrünün yapılan sert krom kaplama sayesinde büyük oranda arttığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Electroplating (Written by Ken Osborne), *Metal Protection*, Auckland, with editing by John Packer, Auckland USA, pp 1-2
2. Schwartz, M 2000. *Deposition from Aqueous Solutions* In: *Deposition Technologies for Films and Coatings* pp 510-, USA
3. Berk V, Yüzey İşlemler Teknolojileri kitap 2014 istanbul
4. Svenson E, 2006 *Plating Resources*, Hard Chromium Plating pp 1-33 Florida USA
5. Nenad v. Mandich and Donald I. Snyder, *Electrodeposition of Chromium*
6. K. E. Langford, *Analysis of Electroplating and Related Solutions, Electrodeposition and Metal Finishing*, Teddington,U.K., 1951.
7. D. G. Foulke and F. E. Crane, *Electroplaters Process Control Handbook*, Van Nostrand, New York, 1963.
8. A. F. Bogenschutz and U. George, *Analysis and Testing,Finishing Publications*, Teddington, U.K., 1985.
9. K. R. Newby, “Chromium,” in *Metal Finishing Guidebook*,Vol. 95, no. 1A, Reginald E. Tucker, Ed., Elsevier, New York, 1998.
10. Sıcaklık ve Akım Yoğunluğunun Sert ve Dekoratif Amaçlı Krom Kaplamaların Yapı ve Özelliklerine Etkisi Yasin Alemdağ, Yüksek Lisans Tezi,
11. M. S. Frant, *Plating Surf. Finish.*, 54, 102 (1967).

12. L. C. Pan, Trans. Electrochem. Soc., 58, 423 (1930); Met. Ind. (NY), 28, 271 (1963).
13. Kavak, S Sert Krom kaplama da işlem parametrelerinin değiştirilmesi- nin kaplama üzerine etkilerinin araştırılması yüksek lisans tezi
14. Özyılmaz Ö, Hafif Silah Tasarımının Balistik Açından İncelenmesi (yüksek lisans tezi)
15. Allsop, D.F., Toomey, M.A., "Small Arms: General Design", *Brassey's (UK) Ltd., London*, (1999).
16. Berk, V. 2004. *Yüzey İşlemler Teknolojileri*. İstanbul
17. Saraç, S. 1995. *Metal Kaplama ve Elektrokimyasal Teknolojiler*. Çağlayan Kitabevi. İstanbul
18. US Army, Developmental Test Command Test Operations Procedure TOP 3.2.045, *Small Arms- Hand and Shoulder Shoulder Weapons and Machine-guns*, September 2007
19. NATO Test Regulations D 14 (Small Arms and Ammunition)
20. "CIP Standards" Commission Internationale Permanente Pour L'épreuve Des Armes A Feu Portatives

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Giresun’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bulancak Barbaros İlköğretim Okulunda ve Bulancak Sabiha Raşit Özdemir İlköğretim okulunda tamamladı. 2004 yılında Lise Öğrenimini Giresun Hamdi Bozbağ Anadolu Lisesinde tamamladı. 2004 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılından günümüze kadar Savunma Sanayi alanından mühendis ve yönetici olarak çalışmaktadır. 2013 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans programına başladı.

