



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİZEL ENJEKTÖR MEMELERİNDE GÖRÜLEN
KOROZYONUN MOTOR PARAMETRELERİNE BAĞLI
TESPİTİ

Refaettin Asım TAFLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİZEL ENJEKTÖR MEMELERİNDE GÖRÜLEN KOROZYONUN
MOTOR PARAMETRELERİNE BAĞLI TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Refaettin Asım TAFLAN

Doç. Dr. M. İhsan KARAMANGİL
(Danışman)

BURSA-2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİZEL ENJEKTÖR MEMELERİNDE GÖRÜLEN KOROZYONUN
MOTOR PARAMETRELERİNE BAĞLI TESPİTİ

Refaettin Asım TAFLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez/...../2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. M. İhsan KARAMANGİL
Danışman

.....

ÖZET

Son zamanlarda Common Rail dizel enjeksiyon sistemi hem yüksek teknolojileri hem de performans-tüketim dengesi nedeniyle tercih edilmektedir. Maalesef bu yüksek teknolojinin de üstesinden gelemediği bazı problemler vardır. Bunlardan bir tanesi korozyondur. Common Rail enjeksiyon sisteminde (CRI) korozyon hasarına maruz kalan parçalardan bir tanesi enjektör memesidir. Enjektörün bu parçası yanma odası içerisinde çevresindeki yüksek ısıya ve kimyasal veya elektrokimyasal tepkimelere direkt maruz kalan tek parçadır. Hâlbuki enjektör memesinin ana görevi yüksek basınçlı yakıtı yanma odası içersine düzgün bir şekilde püskürtmek ve yüksek sıcaklık, yüksek basınç, kavitasyon, korozyon v.b. dış etkilere dayanmaktır. Bu çalışmanın ana amacı farklı çalışma zamanlarında, sıcaklıklarda, yakıt tiplerinde vb. meme üzerindeki korozyon davranışlarını incelemektir. Ek olarak farklı meme bölgelerinde korozyon davranışları da incelenmektedir. Sonuç olarak korozyonun çalışma zamanıyla, sıcaklıkla, farklı yakıt tipleriyle v.b. olan ilişkileri tespit edilmiştir. Tüm yorumlamalar deneysel verilere ve istatistikî sonuçlara göre yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Korozyon, Dizel enjektör, Meme, Püskürtme, Yanma odası

ABSTRACT

At the present days Common Rail diesel injection systems are preferred because of their high technologies and the reasonable optimization between performance and consumption. However, there are some problems, which this high technology is not able to overcome. One of these is corrosion. At Common Rail Injection (CRI) System one of the important parts where is subject to corrosion attack is nozzle. This part of injector is the only part, which is directly subject to high thermal load, and chemical or electrochemical reactions with its surrounding in combustion chamber. However, the main task of injector nozzle is to inject the high pressured fuel inside of the combustion chamber properly and withstanding the outer effect like high temperature, high pressure, cavitation, corrosion etc. The aim of this study is to investigate the corrosion behaviors on nozzles at different runtime, temperature and fuel types etc. In addition, the corrosion behaviors are investigated at different side of nozzle as well. As a result the relationship between corrosion with runtime, temperature and different fuel types is found out. All interpretations are made according to statistical results and experimental data.

Key Words: Corrosion, Diesel injector, Nozzle, Injection, Combustion chamber

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xiii
GİRİŞ	1
1. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3. KOROZYON	15
3.1. Korozyon Tanımı ve Korozyonun Önemi	15
3.2. Korozyon Çeşitleri	17
3.2.1. Üniform korozyon.....	17
3.2.2. Çukur (Çukurcuk) korozyonu	17
3.2.3. Galvanik korozyon.....	18
3.2.4. Çatlak (Aralık) korozyonu	18
3.2.5. Kabuk altı korozyonu.....	18
3.2.6. Filiform korozyonu	18
3.2.7. Seçimli korozyon	19
3.2.8. Taneler arası korozyon.....	19
3.2.9. Erozyonlu korozyon.....	19
3.2.10. Kavitasyon	20
3.2.11. Aşınmalı korozyon.....	20
3.2.12. Stres (Gerilme) korozyonu.....	20

3.2.13. Yorulmalı korozyon	21
3.2.14. Hidrojen kırılganlığı.....	21
3.2.15. Kaçak akım korozyonu	21
3.2.16. Mikrobiyolojik korozyon	22
3.3. Korozyon, Elektrokimyasal Bir Süreç.....	22
3.4. Korozyondan Korunma Yöntemleri	23
4. ENJEKTOR MEMESİNDEKİ KOROZYONUN TESPİT YÖNTEMLERİ	25
4.1. Resim Üzerinden Tespit	25
4.2. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Resimleri Üzerinden Tespit	26
4.3. Yüzey Düzensizliğini İki Boyutlu Tarayarak Tespit.....	29
4.4. Yüzey Düzensizliğini Üç Boyutlu Beyaz Işık Dalgaları İle Tarayarak Tespit ...	31
5. KOROZYONUN ETKİLERİ.....	33
5.1. Korozyonun Malzemeye Olan Etkisi	33
5.2. Korozyonun CRI Sistemine Olan Etkisi	37
6. KOROZYONUN PÜSKÜRTME GEOMETRİSİNE VE MİKTARINA ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ.....	39
6.1. Üretim Sonrası Püskürtme Resimlerinin Çekilmesi.....	40
6.2. Farklı Basınç ve Zaman Aralıklarında Enjektörlerin Püskürtme Miktarlarının Tespiti.....	43
6.3. Memenin Püskürtme Değeri Ölçümünün Yapılması	43
6.4. Memenin Tüm Standart Bölgelerinin Resmedilmesi	44
6.5. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile meme ucu ve dışarıdan delik içlerinin görüntülenmesi	45
6.6. Meme Parçalarının Korozyona Uğratılması.....	46
6.7. Korozyon Sonrası Memenin Tüm Standart Bölgelerinin Resmedilmesi	48
6.8. Korozyon Sonrası SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile Meme Ucu ve Dışarıdan Delik İçlerinin Görüntülenmesi	50
6.9. Korozyon Sonrası Püskürtme Deliklerinin Formu	51
6.10. Korozyon Sonrası Memenin Püskürtme Değeri Ölçümünün Yapılması	52
6.11. Korozyona Uğratılmış Memelerin Püskürtme Resimlerinin Çekilmesi.....	53
6.12. Korozyon Sonrası Farklı Basınç ve Zaman Aralıklarında Enjektörlerin Püskürtme Miktarlarının Tespiti	55

6.13. Yıkama Sonrası Memelerin Tüm Standart Bölgelerinin Resmedilmesi	56
6.14. Yıkama Sonrası SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile Meme Ucu ve Dışarıdan Delik İçlerinin Görüntülenmesi	58
6.15. Yıkama sonrası memenin püskürtme değeri ölçümünün yapılması.....	59
6.16. Yıkanmış Memelerin Püskürtme Resimlerinin Çekilmesi.....	59
6.17. Yıkama sonrası farklı basınç ve zaman aralıklarında enjektörlerin püskürtme miktarlarının tespiti	61
6.18. İğne kılavuz bölgesinde meydana gelen korozyonun derinliğinin ölçülmesi ...	61
6.19. Deney Adımlarının Karşılaştırılması.....	63
7. DİZEL CRI SİSTEMİNDE KULLANILAN ENJEKTÖR MEMESİNDE KARŞILAŞILAN KOROZYONUN İSTATİSTİKÎ DEĞERLENDİRMESİ	66
7.1. Değerlendirme Kriterleri	66
7.2. Korozyon Oluşumunun Meydana Geldiği Bölgeler ve Bazı Korozyon Örnekleri	69
7.3. İstatistikî Analiz	72
8. FARKLI YAKITLARLA KULLANILAN MEMELERDE KOROZYON	86
8.1. Yakıtların Korozyona Olan Etkileri	86
8.2. Farklı Yakıtların Kullanıldığı Memelerde Tespit Edilen Korozyon Derinlikleri	89
8.2.1. Sülfür miktarına göre	89
8.2.2. Biodizel yüzdesine göre	92
8.2.3. Su katkısına göre.....	95
8.2.4. Etanol kullanımına göre.....	96
9. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	101
SONUÇ	104
KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	108
TEŞEKKÜR.....	109

KISALTMALAR DİZİNİ

B5	-	%5 Biodizel Bileşeni Olan Dizel Yakıtı
B10	-	%10 Biodizel Bileşeni Olan Dizel Yakıtı
B20	-	%20 Biodizel Bileşeni Olan Dizel Yakıtı
B30	-	%30 Biodizel Bileşeni Olan Dizel Yakıtı
B100	-	%100 Biodizel Yakıtı
Ca ²⁺	-	Kalsiyum
CRI	-	Common Rail Injector (Common Rail Enjektör)
CRIN	-	CRI Nutzfahrzeug (Ağır vasıtalarda kullanılan CRI)
CRIP	-	CRI Passenger (binek araçlarda kullanılan CRI)
EGR	-	Egzoz Gazı Resirkülasyonu
EN14214	-	Biodizel Yakıt Normu
EN590	-	Dizel Yakıt Normu
Fe	-	Demir
Fe ₂ O ₃	-	Demir Oksit
Fe (OH) ₂	-	Demir Hidroksit
GSMG	-	Gayri Safi Milli Gelir
H ₂	-	Hidrojen Gazı
H ₂ O	-	Su
K ⁺	-	Potasyum
N ⁺	-	Azot
NO	-	Azot oksit
O ₂	-	Oksijen Gazı
OH ⁻	-	Hidroksit
RME	-	Şalgam Otu Metil Esteri
SEM	-	Taramalı Elektron Mikroskobu

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 6.1: Enjektörlerin püskürtme değerleri	43
Tablo 6.2: Meme parçasının püskürtme değerleri.....	44
Tablo 6.3: Korozyon sonrası meme parçasının püskürtme değerleri.....	53
Tablo 6.4: Korozyonlu meme kullanılan enjektörlerin püskürtme değerleri.....	56
Tablo 6.5: Korozyon sonrası meme parçasının püskürtme değerleri.....	59
Tablo 6.6: Yıkama sonrası enjektörlerin püskürtme değerleri.....	61
Tablo 6.7: Enjektörlerin deney adımlarının karşılaştırılması.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Motor içerisinde memenin konumu	11
Şekil 2.2: Meme ve iğne korozyon bölgeleri	13
Şekil 3.1: Korozyon oluşumu.....	23
Şekil 4.1: Meme şaftında meydana gelen korozyon hasarları.....	25
Şekil 4.2: İğne ucunda meydana gelen korozyon hasarları.....	26
Şekil 4.3: Malzeme yüzeyinde meydana gelen korozyon hasarları	26
Şekil 4.4: Malzeme yüzeyinde meydana gelen korozyon hasarları	27
Şekil 4.5: İğne ucunda meydana gelen korozyon hasarları.....	28
Şekil 4.6: Yüzey Düzensizliğini İki Boyutlu Tespiti	29
Şekil 4.7: Yüzey Düzensizliğini İki Boyutlu Tespiti	30
Şekil 4.8: Yüzey Düzensizliğini İki Boyutlu Tespiti	31
Şekil 4.9: Yüzey düzensizliğinin üç boyutlu tespiti.....	32
Şekil 4.10: İğne ucundaki yüzey düzensizliğinin üç boyutlu tespiti.....	32
Şekil 5.1 Korozyon çatlakları.....	33
Şekil 5.2 Taneler arası ve Taneleri keserek kırılma	34
Şekil 5.3: Korozyon kırığı.....	35
Şekil 5.4: Birinci bölge malzeme içyapısı (Taneler arası kırılma).....	35
Şekil 5.5: Taneler arası kırılmadan taneleri keserek kırılmaya geçiş.....	36
Şekil 5.6: İkinci bölge malzeme içyapısı (Taneler arası kırılma)	36
Şekil 5.7: Taneler arası kırılmadan taneleri keserek kırılmaya geçiş.....	36
Şekil 5.8: Üçüncü bölge malzeme içyapısı (Taneler arası kırılma)	37
Şekil 5.9: Taneler arası kırılmadan taneleri keserek kırılmaya geçiş.....	37
Şekil 5.10: Enjektör memesinin silindir içerisindeki yerleşimi	38
Şekil 6.1: Elektriklenmeye bağlı püskürtme eğrisi	41
Şekil 6.2: Korozyon öncesi püskürtme resimleri	42
Şekil 6.3: 1.Memenin korozyon öncesi meme ve iğne genel resimleri	44
Şekil 6.4: 2.Memenin korozyon öncesi meme ve iğne genel resimleri	45
Şekil 6.5: Korozyon öncesi meme ucu ve delik içi SEM fotoğrafları	46
Şekil 6.6: 1. Memenin korozyon sonrası meme ve iğne genel resimleri	48

Şekil 6.7: 2. Memenin korozyon sonrası meme ve iğne genel resimleri	49
Şekil 6.8: Korozyon sonrası meme ucu ve delik içi SEM fotoğrafları	50
Şekil 6.9: Korozyon sonrası delik formu (1. meme).....	52
Şekil 6.10: Korozyona uğramış memelerin püskürtme resimleri	55
Şekil 6.11: 1. Memenin yıkama sonrası meme ve iğne genel resimleri.....	57
Şekil 6.12: 2. Memenin yıkama sonrası meme ve iğne genel resimleri.....	57
Şekil 6.13: Korozyon sonrası meme ucu ve delik içi SEM fotoğrafları	58
Şekil 6.14: Yıkamış memelerin püskürtme resimleri.....	60
Şekil 6.15: 1. Memenin iğne kılavuzunda korozyon derinliği.....	62
Şekil 6.16: 2. Memenin iğne kılavuzunda korozyon derinliği.....	62
Şekil 7.1: Motor içerisinde memenin konumu	66
Şekil 7.2: Korozyon sınıflandırması	68
Şekil 7.3: Meme ve iğne korozyon bölgeleri	69
Şekil 7.4: Meme şaftında/püskürtme deliği dış kısmında korozyon	70
Şekil 7.5: Meme ucunda korozyon.....	70
Şekil 7.6: Püskürtme delikleri içerisinde korozyon	70
Şekil 7.7: Kör delik bölgesinde korozyon.....	71
Şekil 7.8: İğne ucunda korozyon.....	71
Şekil 7.9: İğne ucunda korozyon.....	71
Şekil 7.10: Meme kılavuz bölgesinde korozyon	71
Şekil 7.11: Korozyon yoğunluğu ile meme-iğne bölgelerinin karşılaştırılması	73
Şekil 7.12: Yakıttaki sülfür (kükürt) miktarı – Korozyon yoğunluğu	74
Şekil 7.13: Biodizel tipi – Korozyon yoğunluğu	75
Şekil 7.14: Sıcaklık – Korozyon karşılaştırması	76
Şekil 7.15: Farklı ülkelerdeki dizel yakıtı – Korozyon yoğunluğu	77
Şekil 7.16: Korozyon seviyelerine ve zamana bağlı örneklem dağılımları.	78
Şekil 7.17: CRIN+CRIP Korozyon – Çalışma zamanı karşılaştırılması	79
Şekil 7.18: CRIP Korozyon – Çalışma zamanı karşılaştırması	80
Şekil 7.19: CRIN Korozyon – Çalışma zamanı karşılaştırması.....	80
Şekil 7.20: CRIN-CRIP / Korozyon seviyesi.....	81
Şekil 7.21: CRIP 1-2-3 / Korozyon seviyesi.....	82
Şekil 7.22: CRIN 1-2-3-4 / Korozyon seviyesi.....	83
Şekil 8.1: Profil tarama ucu.....	86
Şekil 8.2: Meme oturma yüzeyi ve profil resimleri	87

Şekil 8.3: Meme oturma yüzeyinde korozyon ve profil resimlerindeki görünümü	88
Şekil 8.4: 50ppm sülfür kullanılan yakıtın korozyon etkisi	90
Şekil 8.5: 300ppm sülfür kullanılan yakıtın korozyon etkisi	90
Şekil 8.6: 1300ppm sülfür kullanılan yakıtın korozyon etkisi	91
Şekil 8.7: 3000ppm sülfür kullanılan yakıtın korozyon etkisi	92
Şekil 8.8: %10 biodizel kullanılan yakıtın korozyon etkisi	93
Şekil 8.9: %20 biodizel kullanılan yakıtın korozyon etkisi	94
Şekil 8.10: %30 biodizel kullanılan yakıtın korozyon etkisi	94
Şekil 8.11: %100 biodizel kullanılan yakıtın korozyon etkisi	95
Şekil 8.12: %1 Su katkısının korozyon etkisi	96
Şekil 8.13: %100 Etanol'un etkisi.....	97
Şekil 8.14: %50 Etanol ve %50biodizel'in etkisi	97

SİMGELER DİZİNİ

$\text{cm}^3/100\text{bar}/30\text{sn}$	-	100 bar basınç altında 30 saniye boyunca püskürtülen cm^3 cinsinden yakıt miktarı
g/cm^3	-	Yoğunluk
mg/kg	-	1 kilogramdaki miligram cinsinden ağırlık miktarı
$\text{mm}/\text{yıl}$	-	Korozyonun ilerleme hızı
mm^2/sn	-	Viskozite
mm^3/E	-	Elektriklenme süresi boyunca mm^3 olarak püskürtülen miktar
$\text{mm}^3/\mu\text{s}$	-	Mikro saniyede püskürtülen yakıt miktarı
Ph	-	Asitlik derecesi
ppm	-	1 Milyondaki parça adedi
$\mu\text{g g}^{-1}$	-	1 gramdaki mikrogram cinsinden ağırlık miktarı

GİRİŞ

Günümüz teknolojilerinin de katkısıyla dizel enjeksiyon sistemlerinde yeni sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerden bir tanesi de Common Rail enjeksiyon sistemidir. Bu sistem elektronik sistemi sayesinde istenilen kriterlerde püskürtme yapabilmektedir. Elektronik dizel kontrol ünitesi silindir içerisine püskürtülen yakıt miktarı, yakıt haznesindeki basınç, valflerin açılış zamanı gibi daha birçok parametreyi kontrol etmektedir. Elektronik ünite sistemin çalışmasını, motorun devrini, sıcaklığını ve muhtelif basınçları çok hassas bir şekilde sensörler vasıtasıyla kontrol etmektedir. Bundan dolayı da motordan yüksek performans sağlanırken düşük egzoz gaz emisyonu ve daha düşük yakıt tüketimi sağlanır. Ayrıca aracın daha sessiz ve titreşimsiz çalışması mümkün olur.

Common Rail sisteminde üretilen yakıt basıncının yüksekliği de yeni nesil dizel püskürtme sisteminin yüksek performans göstermesinin sebeplerinden biridir. Yüksek basınçlı enjeksiyon yakıtın motor silindirlerinde çok daha iyi atomize olmasını sağlayarak yanmayı iyileştirir.

Sistemin önemli bileşenlerinden yüksek basınç pompası istenilen basınçta dizel yakıtını enjektörlere iletmektedir. Enjektörler ise motorun durumuna göre silindir içerisine istenilen parametrelerde püskürtme yapmaktadır. Enjektörün uç kısmı olan meme parçası Common Rail sisteminin yanma odası ile temas halinde olan tek parçadır. Dolayısıyla bu parça sıcaklık, basınç, gerilim, yakıt-hava-yanma ürünlerine vb. maruz kalmaktadır. Bu da bu parça üzerinde negatif etkilere sebep olmaktadır. Bu etkilerden bir tanesi korozyon oluşumudur.

Geleneksel anlamda korozyon metal ve alaşımlarının çevreleri ile kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonları sonucu bozunmalarını tanımlamak için kullandığımız deyimdir. Ancak yeni bulgular metal olmayan malzemelerin de çevresel koşullardan benzer biçimde etkilendiklerini ortaya koymaktadır. Örneğin, metal ve alaşımlarının gerilimli korozyonla bozunmalarını tarif etmek için kullanılan yöntemler cam, seramik malzemeler, polimerler ve geleceğin yapı malzemesi olarak kabul edilen bileşik malzemelere de başarı ile uygulanabilmektedir. Bu nedenle, korozyon deyimini yapı malzemesi niteliği olan tüm malzemelerin çevrenin etkisi ile bozunmalarını kapsar biçimde kullanılabiliyor. Dilimizde kesinlikle yerleşmemiş olmakla birlikte paslanma deyimini demir ve demir cinsinden olan malzemelerin (elik ve dökme demirler) korozyonu, pas deyimini de aynı tür malzemelerden kaynaklanan korozyon ürünü anlamında kullanabiliriz.

Teknolojik öneme sahip metallerin, birkaç istisna dışında hemen hemen tümü tabiatta “bileşik” halinde bulunur. Başka bir deyişle metallerin tabiatın etkisine milyonlarca yıl dayanabilen şekli “bileşik” halidir. Bileşiklerden “metal” veya “alaşımların” üretimi ancak ilave “sermaye - malzeme - enerji - emek ve bilgi” sarfı ile mümkündür. Üretilen metal ve alaşımların ise tekrar kararlı halleri olan “bileşik” haline dönme eğilimleri yüksektir. Bunun sonucu metalik malzemeler, içinde buldukları ortamın elamanları ile reaksiyona girerek önce iyonik hale ve oradan da ortamdaki başka elementlerle “bileşik” haline dnmeğe çalışırlar, yani kimyasal değişime uğrarlar ve bozunurlar. Sonuçta metal veya alaşımın bazı özellikleri (kimyasal - fiziksel - mekanik vb..) istenmeyen değişikliklere yani “zarara” uğrar. Korozyon hem metal ve alaşımın bozunma reaksiyonuna (yani oksitlenmesine), hem de bu reaksiyonun sebep olduğu zarara verilen addır.

Paslanmaz eliklerin korozyona karşı dayanımının yüksek olması, yüzeyinde bulunan ince oksit filminin sonucu olarak düşünülür. Bu filmin bileşimi alaşımdan alaşıma ve gördüğü işleme (haddeleme dağlama, ısıl işlem) göre değişir. Tabakanın sürekli, gözeneksiz, znmeyen ve kendini onaran bir yapıda olduğu bilinir. Bu tabaka bozulduğu zaman havada veya oksijen bulunan ortamlarda kendiliğinden yeniden

oluşur. Pasiflik, pasif bir oksit filminin varlığı halinde kazanılan korozyona karşı dayanıklılıktır. Bu sabit bir durum değildir, sadece belirli ortamlarda veya belirli koşullarda ortaya çıkar. Paslanmaz çeliklerin pasiflik durumunun var olduğu alan dar veya genişler, koşullardaki küçük değişimler pasiflik durumunu bozabilir. Pasif durumdaki paslanmaz çelikler asil metaller gibi davranırken, aksi durumda basit çeliklerin özelliğindedir. Paslanmaz çelikler normal olarak pasiftirler, ancak oksitleyici özelliği düşük korozif çözeltilerde, aktifleşirler. Bu nedenle pasifliğin korunması için oksijen veren ortamların sürekli var olması gereklidir. Aksi halde yerel korozyon oluşur ve mesela deniz suyunda aralık korozyonu görülür.

Korozif çözeltilerin paslanmaz çeliğin yüzeyinde hareket etmesi ve hızının artması, çözelti içinde çözünmüş oksijenin çelikle temas geçme hızını artırır ve hız arttıkça elektrokimyasal korozyon eğilimi azalır. Ancak artan hızla erozyon ve kavitasyon gibi mekanik etkiler artar ve yeni bir film oluşması engellendiği gibi, eski film de ortadan kalkabilir. Bu nedenle korozyona uğrama eğilimi belirli bir noktaya kadar azalır ve sonra tekrar artar. Bu sınır hızının değeri, çeliğin bileşimi, sıcaklık, çözeltilerin miktar ve bileşimi ile diğer ortam şartlarına bağlıdır. Paslanmaz çelikler metal oksit filmi olmadan iyi bir korozyon direncine sahip değildirler ve pasif filmlerini koruyamayacakları durumlarda hızla çözünürler. Dolayısıyla malzemenin korozyon direnci ya “iyi”dir ya da “kötü”dür. Pasif filmin yerel olarak bozulması durumunda da aynı şey olur. Bu durumda çukurcuk, aralık korozyonu, taneler arası korozyon veya gerilmeli korozyon oluşabilir. Sonuç çok kötü olabilir, ancak malzemenin çok küçük bir kısmı korozyona uğradığı için hasarın önceden fark edilmesi güçtür.

Paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımı kromun varlığına bağlıdır ve krom miktarı artırıldıkça bu dayanım artar. Ayrıca yüzeyde pasif bir filmin oluşum hızı da krom miktarına bağlıdır. Çelik alaşımında nikelin bulunması oksijen bulunmayan belirli ortamlardaki korozyon dayanımını artırır. Ayrıca diğer mekanik özellikleri de geliştirir. Molibden; halojen tuzlar ve deniz suyundaki noktasal korozyon dayanımını çok olumlu etkiler. Molibden katılması pasif filmin belirli ortamlardaki dayanımını artırır.

İçerisinde kullanılan krom, nikel, molibden gibi bileşenler sayesinde meme malzemesinin korozyona karşı dayanımı arttırılmıştır. Fakat yine de korozyon oluşumları dış ortam şartlarından dolayı meydana gelebilmektedir. Bu çalışmada farklı parametrelere bağlı olarak dizel enjektör memesinde meydana gelen korozyon oluşumları, sebepleri ve etkileri incelenmiştir.

1. KAYNAK ÖZETLERİ

Korozyon metallerin hasara uğratılması noktasında en önemli etkilerden bir tanesidir. Birçok metal su (ve havadaki nem ile), asit, baz, tuz, yağ, metal parlaticıları ve diğer katı ve sıvı kimyasallar nedeniyle korozyona uğramaktadır. Ayrıca metaller asit buharları, amonyak gazları, sülfür içeren gazlardan dolayı da korozyona maruz kalmaktadırlar. Korozyon oluşumları doğada genellikle elektrokimyasal tepkimeler sonucunda meydana gelmektedir. En bilindik örnek de çeliğin paslanması olayıdır.

Korozyon çevre şartlarına, metalin ya da alaşımın özelliklerine bağlıdır. Korozyonu etkileyen çevre şartları arasında pH(asitlik), serbest hava içeriği, yakıttaki sülfür miktarı, oksitlenme gücü (potansiyeli), sıcaklık (ısı transferi), hız (sıvı akışı) ve konsantrasyonlar (solüsyon bileşenleri) yer almaktadır.

Yusuf (1995) makalesinde dizel yakıtı içerisindeki sülfür (kükürt) bileşiğinin korozyona olan etkilerine değinmiştir. Popa-Simil ve arkadaşlarının (1997) yapmış oldukları incelemenin neticesi olarak, fuel-oil yanma ürünlerinin sebep olduğu korozyon erozyonunu önleyici amaçla kullanılan farklı çeşitlerdeki metallerin sınıflandırılması yapılmıştır. Miller ve Srivastava (2000) magnezyum kaynaklı katkı maddelerinin yakıt depolama güvenilirliğini artırmak ve yüksek sıcaklık korozyonunu en aza indirmek için kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Caroa ve arkadaşları (2001) fuel oil ve biofuel karışımındaki biofuel'in korozyon etkisine bağlı olarak depolama, taşıma ve kullanımı için sistemde koruyucu malzemelerin kullanılmasının gerekliliğini ifade etmişlerdir. Özellikle bakır ve/veya pirinç içeren malzemeler çelikte yer değiştirilmelidir. Gri dökme demir bu biofuellerin

kullanılması durumunda korozyona karşı sistemin daha iyi korunduğunu göstermektedir.

Quigley ve Barbour (2004) çalışmalarında şalgam otu metil esterinden (RME) elde edilen yakıtın enjektör bozukluklarına, korozyona, su ayrışmalarına ve yakıtın köpükleşmesine olan etkilerinin incelemiştir. Çok fonksiyonlu dizel yakıtı katkılarının (seyreltici, köpük önleyici, korozyon önleyici bileşenler) RME'lerin davranışına olan etkileri incelenmiş ve yakıtın temel özelliklerinde bir gelişmeye sebep olduğunu gösterilmiştir.

Etanolun korozif özelliği kalitesine çok bağlıdır (Hansen ve ark. 2005). Rovai (2005) tarafından yapılan bir incelemede farklı yakıt türlerinin özellikle etanolun yakıt pompası aşınmalarına ve korozyonuna olan etkisi anlatılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu araştırmaları ve pürüzlülük testleri gibi araştırmalar yakıt pompası dişlilerinin analizi için kullanılmıştır. Tespit edilen aşınmalar ve/veya diğer aşınma mekanizmaları genellikle sürtünme ve korozyondan kaynaklanmaktadır.

Diğer bir araştırmada Kass ve arkadaşları (2005) yüksek çözünürlüklü korozyon uçlarını ağır vasıta dizel motorlarının EGR valfinin hava kanalına yerleştirmiştir. Yumuşak çelik ucun korozyon miktarı yakıttaki sülfür miktarına, nemliliğe, EGR partiküllerine ve de çiğ noktası sınırına bağlı olarak değişmektedir. 15ppm sülfür kullanılan dizel yakıtının kullanıldığı motorlarda herhangi bir korozyon oluşumuna rastlanılmazken, 350 ppm Sülfür kullanılan motorların EGR kanallarında ortam su buharlarının yoğunlaşması ile birlikte korozyon oluşumları tespit edilmiştir. Bileşikteki sülfat miktarının artması ile yumuşak çelik elementinin korozyon miktarında artışlar meydana gelmiştir.

Sgroi ve arkadaşları (2005) kendi laboratuvar testlerinde kullanmak üzere bakır ve bakır alaşımlarından oluşan yağ yakıcısı filtresi kullanmışlardır. Kullanılan bakır

alaşımları korozyon sorununa ve sonuç olarak yakıtın bakır iyonları tarafından kirlenmesine yol açmıştır.

Labeckas ve Slavinskasthe (2006) içerisinde birçok karmaşık uzun yağ asidi zincirleri ve 2,7 kat fazla miktarda su bulduran şalgam otundan elde edilen yağ test etmişlerdir. İçinde bulundurduğu su bariz bir şekilde viskoziteyi ve yoğunluğu arttırdığı gibi setan sayısını azaltmaktadır. Ayrıca asit oluşumlarını ve korozyon aktivitelerini canlandırmaktadır.

Muthukumar ve arkadaşları (2006) tarafından suda eriyebilen korozyon kısıtlayıcılarının bakterilerin büyümesindeki etkileri ve kendi korozyon kısıtlama verimlilikleri incelenmiştir.

Yenmeyen yağlar tarafından üretilen biodizellerin korozyon davranışı Kaul ve arkadaşları (2007) tarafından uzun süreli statik daldırma testi ile test edilmiştir. Mahua ve Karanja bölgelerinde kullanılan biodizeller piston metalllerinde ve piston gömleğinde herhangi bir korozyon oluşumuna sebep olmamıştır. Fakat Salvador bölgesindeki biodizelde yüksek sülfür bileşiği (1600ppm) nedeniyle her iki metalde korozyon etkisine rastlanılmıştır.

Yüksek yanma sıcaklıklarında, yakıt içerisindeki sülfür gaz halindeki sülfite dönüşür. Sülfür de yakıt içerisindeki elementlerle ve de yağlayıcılarla reaksiyona girerek metallerin üzerinde bileşik oluşturur. Eğer bu bileşikler yanma odası içerisinde birikinti olarak kalırsa motorun korozyona uğramasına ve aşınmasına sebep olabilir. Ayrıca motor içerisinde yayılarak aşınmalara sebep olabilir (Lim ve ark. 2007).

Bir diğer çalışmada Sullivan (2007) biogaz bileşimlerinin analizini, hidrojen sülfür analizini, motor performans testlerini, emisyon testlerini ve motor yağı analizlerini yapmışlardır. Sonuç olarak biogaz karışımı yakıtla kullanılan araçta herhangi bir korozyon veya aşınma olayına rastlanılmamıştır.

Winfried ve arkadaşları (2008) esterleşmemiş serbest yağ asitlerinin ve farklı tipte tuzların (Ca^{2+} , N^+ , K^+) motorda korozyona yol açtığını ve oksitlenmeyi arttırdığını tespit etmişlerdir.

Lundberg (2008) soğuk iklimlerde yakıt sistemindeki malzemelere dikkat edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Yüksek sıcaklık değişkenliği korozyon oluşumunu tetikleyen su oluşumlarına sebep olabilmektedir. Yakıtların bazı katkı maddeleri ile kullanılması ve de dikkatli bir şekilde taşınması ile bu sorunun üstesinden gelinebilmektedir.

Yüksek basınçlı püskürtme sistemlerine sahip motorlarda etanol yakıtının kullanılması düşük siyah duman, NO_x ve hidrokarbon emisyonlarının düşük olması gibi dikkat çekici özellikleri ortaya çıkarmaktadır. Etanolun direkt püskürtmeli motorlarda kullanılması bu sistemi geliştirenler tarafından verimlilikleri, çalışma mekanizması, egzoz emisyonları ve maliyet konularında incelemeler yapmalarından sonra mümkün olmuştur. Hardenberg (2008) tarafından yapılan 1 milyon km'nin üzerindeki araç testi sonrasında iyi bir yakıt ekonomisi, düşük motor aşınmaları tespit edilmesine karşın bu yakıtın korozyon problemlerine sebep olduğu tespit edilmiştir.

Yakıtların su ile kirletilmesinden dolayı motorlarda korozyon meydana gelebilmekte veya yağ asidi metal esterlerinin yağ asidine dönüşmesi neticesinde filtrelerin tıkanması ile karşı karşıya gelinmektedir. Bu nedenle, EN 14214 normları biodizel içerisinde maksimum $500 \mu\text{g g}^{-1}$ su bileşenine izin vermektedir. Yunanistan'da Schinas ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan bir incelemede üretilen metal esterlerin kurutulması sağlanmıştır. Bu sayede balkabağı metal esterindeki su bileşeni istenilen limitlerin altında elde edilmiştir.

Ohkawa ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan laboratuvar testleri neticesinde tüm bitkisel hidrolik yağların zayıf oksitlenme kararlılığı gösterdiğini ortaya

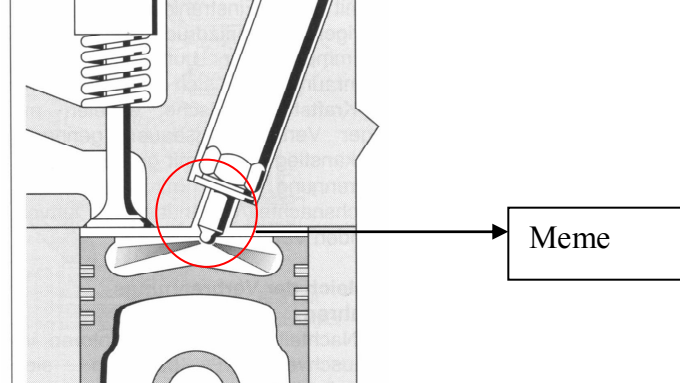
çıkarmışlardır. İki adet bitkisel hidrolik yağın bronz malzemelerde kuvvetli bir korozyona sebep olduğu da tespit edilmiştir. Ayrıca %0,7, %0,25 ve %0 sülfür bileşeni olan üç bitkisel hidrolik yağı aksel piston pompasında test edilmiştir. %0,7 sülfür içeren bitkisel hidrolik yağ ile yapılan teste hızlı viskozite artışı ve ciddi bronz korozyonu tespit edilmiştir. %0,25 sülfür içeren bitkisel hidrolik yağ ile yapılan incelemede de hafif korozyona rastlanmıştır. Fakat %0 sülfür içeren bitkisel hidrolik yağ içeren deneyde herhangi bir korozyon oluşumuna rastlanılmamıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Common Rail sisteminde üretilen yakıt basıncının yüksekliği yeni nesil dizel püskürtme sisteminin yüksek performans göstermesinin sebeplerinden biridir. Yüksek basınçlı enjeksiyon yakıtın motor silindirlerinde çok daha iyi atomize olmasını sağlayarak yanmayı iyileştirir.

Sistemin önemli bileşenlerinden yüksek basınç pompası istenilen basınçta dizel yakıtını enjektörlere iletmektedir. Enjektörler ise motorun durumuna göre silindir içerisine istenilen parametrelerde püskürtme yapmaktadır. Enjektörün uç kısmı olan meme parçası Common Rail sisteminin yanma odası ile temas halinde olan tek parçadır. Dolayısıyla bu parça sıcaklık, basınç, gerilim, yakıt-hava-yanma ürünlerine vb. maruz kalmaktadır. Bu da bu parça üzerinde muhtelif olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu etkilerden bir tanesi korozyon oluşumudur.

Bu çalışmanın amacı CRI (Common Rail Injection) sisteminde kullanılan enjektör memesinde karşılaşılan korozyon oluşumlarını farklı parametrelere bağlı olarak incelemektir. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere bu parça enjektörün yanma odası içerisinde çevresindeki yüksek ısıl yüke ve kimyasal veya elektrokimyasal tepkimelere direkt maruz kalan tek parçadır.



Şekil 2.1: Motor içerisinde memenin konumu

Korozyonun meme üzerinden tespiti için farklı yöntemler uygulanabilmektedir.

Bunlar;

- Resim üzerinden tespit
- SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) resimleri üzerinden tespit
- Yüzey düzensizliğini iki boyutlu tarayarak tespit
- Yüzey düzensizliğini üçboyutlu beyaz ışık dalgaları ile tarayarak tespittir.

Tespit edilen korozyon oluşumlarının malzemeye olan etkisi SEM resimleri çekilerek detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca korozyonun CRI sistemine olan etkileri yapılan motor testlerinde tecrübî olarak tespit edilmiştir.

Enjektör memesinde meydana gelen korozyonun püskürtme miktarına ve geometrisine olan etkisini incelemek amaçlı bir deney yapılmıştır. Bunun için ilk olarak üretimden yeni çıkmış iki adet enjektör alınmıştır. Kullanılan enjektörler gerilim karşısında elektrik üreten piezo malzemesi kullanılan piezo enjektörleridir. Bu malzemenin kullanılma mantığı Common Rail enjektörlerde biraz farklıdır. Elektrik verilip malzemenin uzamasından faydalanılmaktadır. Bu deneyde kullanılan enjektör memelerin 8 adet deliği bulunmaktadır. Bu deliklerden püskürtülen yakıt huzmelerinden de delik sayısı tespit edilebilir. Saç telinin kalınlığı kadar küçük olan bu deliklerden püskürtülen yakıtın miktarı ve geometrisi yanma kalitesi için çok önem taşımaktadır.

Sırasıyla aşağıdaki adımlar incelenerek korozyonun püskürtme geometrisine etkisi incelenmeye çalışılmıştır.

Deney adımları her iki enjektör için 3 ana gruba ayrılabilir. Bunlar;

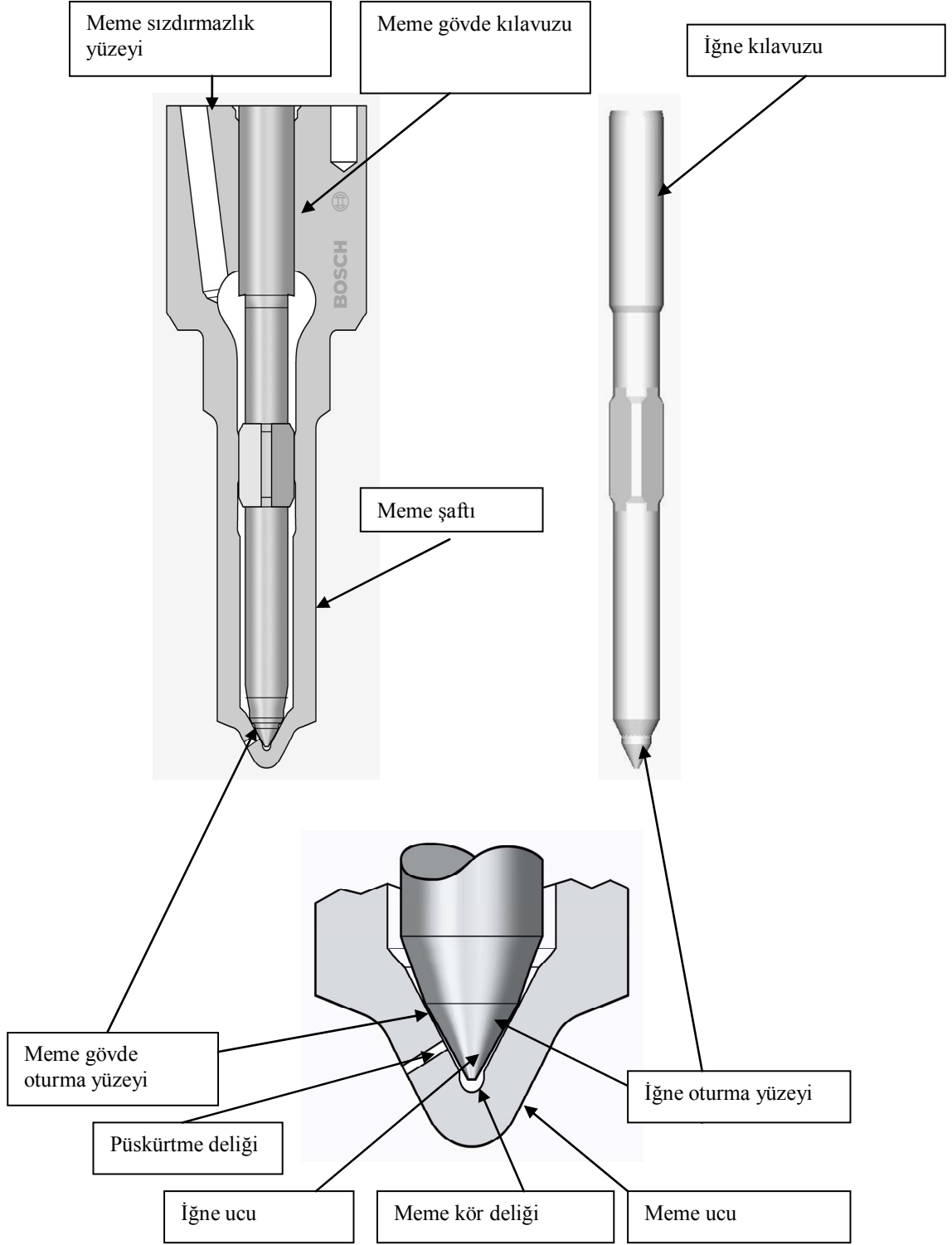
- i) Üretimden hemen sonraki durum
- ii) Korozyona uğratıldıktan sonraki durum
- iii) Korozyonun temizlenmesinden sonraki durum

Her bir ana adımda aşağıdaki ortak ara adımlar yerine getirilmiştir;

- 1) Püskürtme resimlerinin çekilmesi
- 2) Farklı basınç ve zaman aralıklarında enjektörlerin püskürtme miktarlarının tespiti
- 3) Memelerin hidrolik ölçümünün yapılması
- 4) Memelerin tüm standart bölgelerinin resmedilmesi
- 5) SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile meme ucu ve dışarıdan delik içlerinin görüntülenmesi

Memenin 10 farklı bölgesindeki korozyon oluşumları korozyon hasarı bakımından sınıflandırılmıştır. En hafiften en şiddetliye korozyon oluşumları 5 seviyede sınıflandırılmıştır. Bu incelemede yaklaşık 6000 enjektör memesi incelenmiştir. Her bir memenin 10 farklı bölgesi 5 farklı korozyon hasarı seviyesine göre değerlendirilmiştir. Toplamda yaklaşık 60000 defa değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirmeler farklı parametrelere bağlı olarak istatistikî yöntemlerle incelenmiştir. Yapılan istatistikî analiz için Minitab istatistik programı kullanılmıştır. Verileri değerlendirmek için Scatter plot, interval plot, box plot ve histogram metotları kullanılmıştır. Şekil 2.2'de gösterilen 10 farklı bölgeye ait yaklaşık 60000 veri değerlendirmeye alınmıştır.

Şekil 2.2’de memenin ve iğnenin 10 farklı bölgesi gösterilmektedir;



Şekil 2.2: Meme ve iğne korozyon bölgeleri

Son olarak farklı yakıtlarla kullanılan memelerdeki korozyon oluşumları iki boyutlu yüzey taraması yöntemiyle incelenerek korozyon hasarlarının derinlikleri yakıtlara bağlı olarak incelenmiştir. Bu incelemede yakıtlar sülfür miktarlarına göre, biodizel yüzdelerine göre, su katkılarına göre ve etanol kullanımına göre sınıflandırılmıştır.

3. KOROZYON

3.1. Korozyon Tanımı ve Korozyonun Önemi

Metallerin hemen hepsi doğada bileşik halinde bulunurlar. Bu bileşiklerden ilave malzeme, enerji, emek ve bilgi kullanmak suretiyle metal veya alaşım üretilir. Üretilen metal ve alaşımların ise tekrar kararlı durumları olan bileşik haline dönme eğilimleri yüksektir. Bu nedenle, metaller içinde buldukları ortamın elemanları ile reaksiyona girerek önce iyonik duruma, sonra da ortamdaki başka elementlerle birleşerek bileşik haline dönmeye çalışırlar. Böylece, kimyasal değişime veya bozunuma uğrarlar. Sonuçta, metallerin fiziksel, kimyasal, mekanik ve elektriksel özelliklerinde istenmeyen bazı değişiklikler meydana gelir ve bu değişiklikler bazı zararlara yol açar. Hem metal malzemelerin bozunma reaksiyonuna, hem de bu reaksiyonun neden olduğu zarara korozyon adı verilir. Genel anlamda ise; ortamın kimyasal ve elektrokimyasal etkilerinden dolayı metalik malzemelerde meydana gelen hasara korozyon denir.

Korozyon, esasında metalik malzemelerin içinde buldukları ortamla reaksiyona girmeleri sonucunda, dışarıdan enerji vermeye gerek olmadan, doğal olarak meydana gelir. İçinde su bulunan ortamlarda meydana gelen korozyona "sulu ortam korozyonu" denilir. Atmosferde, toprak altında, su içinde veya her türlü sulu kimyasal madde içerisinde meydana gelen korozyon buna örnek olarak gösterilebilir. Yüksek sıcaklıklarda gaz ortamlarında metalik malzemelerde meydana gelen korozyona ise "kuru veya yüksek sıcaklık korozyonu" denir. Dizel motorlarda enjektör memesinde alevle veya sıcak gazlarla temas eden bölgelerinde meydana gelen korozyon da bu tip korozyona örnek olarak verilebilir.

Korozyon büyük zararlara yol açarak önemli israf kaynaklarından birini oluşturur. Korozyonun endüstriye verdiği yıllık zarar, milyar dolarlarla ölçülmektedir. Korozyon, yalnız doğanın kullandığı bir geri dönüşüm yöntemi olup arabalarımızı, boru tesisatlarımızı, binalarımızı, köprülerimizi, fabrikalarımızı, petrokimyasal tesislerimizi,

tanklarımızı, elektrik santrallerimizi, limanlarımızı tahrip eden sinsi bir düşmandır. Korozyonun çok değişik biçimleri ile karşı karşıya kalabiliriz. Korozyonu yönlendiren faktörler kadar, korozyon çeşitlerini bilmemiz gerekir. Korozyonu iyi tanımak, onu kontrol edebilmemiz ve onun etkilerini azaltmamız ya da korozyonu ortadan kaldırmamız için gereklidir.

Korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme, enerji ve emek kaybının yıllık değeri, ülkelerin gayri safi milli gelirlerinin (GSMG) yaklaşık % 5' i düzeyindedir. Bu değer ciddi bir ekonomik kayıp demektir. Korozyon, metalik malzeme kullanılan her alanda meydana gelen doğal bir olaydır. Korozyon maddi kayıplardan başka, çevre kirliliğine de yol açar. Bu nedenle, korozyon ve korozyonu önleme ilkelerinin metal malzeme kullanan her kesim ve özellikle teknik elemanlar tarafından bilinerek uygulanmasında büyük yararlar vardır. Korozyonu önleme yöntemlerini doğru uygulamak suretiyle korozyon kayıpları %20 ile 40 arasında azaltılabilir.

Metallerin büyük bir kısmı su ve atmosfer etkisine dayanıklı olmayıp normal koşullar altında bile korozyona uğrayabilir. Bütün metaller doğada buldukları mineral haline dönüşmek eğilimindedir. Doğada bulunan mineraller, söz konusu metalin en düşük enerjili bileşiği, en kararlı halidir. Metaller, bu minerallerden enerji harcanarak, çeşitli metalürjik tekniklerle elde edilirler. Ancak metallerin çoğu element halinde kararlı değildir. Uygun ortamı bulduklarında, en düşük enerjili hallerine yani kararlı bileşiklerine dönüşürler. Bu nedenle korozyon çevreye enerji vererek kendiliğinden yürür. Bazı soy metaller hariç (Pt, Au gibi), teknolojik öneme sahip bütün metal ve alaşımlar korozyona uğrayabilir.

Korozyon kaybı, birim alana düşen metal miktarı; korozyon hızı, birim süre ve birim alana düşen metal miktarı; doğrusal korozyon, hızı birim süreye uyarlı yüzeyden taşınan tabaka kalınlığı; korozyon dayancı ise birim tabaka kalınlığına uyarlı süredir. Metal ve alaşımların çeşitli ortamlarda korozyon hızları birim yüzey alanı ve birim zamana düşen ağırlık olarak doğrudan bulunabilir. Korozyon hızlarını temel alarak metaller korozyon dayançlarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

1. < 0.13 mm/yıl: Bu gruptaki metallerin korozyon dayanımları yeterlidir.
2. $0.15-1,3$ mm/yıl: Yüksek korozyon hızlarına izin verilen durumlarda bu gruba giren metallerin korozyon dayanımları yeterli olabilir.
3. $> 1,3$ mm/yıl: Bu gruptaki metallerin korozyon dayanımları yetersizdir.

Korozyon hızının homojen olmadığı çukurcuk ve karıncalanma korozyonunda bu sınıflandırma geçersizdir.

3.2. Korozyon Çeşitleri

Çeşitli ortamlarda değişik etkilerle ve mekanizmalarla oluşan 16 ayrı korozyon çeşidi bilinmektedir.

3.2.1. Üniform korozyon

Metal yüzeyinin her noktasında aynı hızla yürüyen korozyon çeşididir. Normal olarak korozyon olayının bu şekilde yürümesi beklenir. Üniform korozyon sonucu metal kalınlığı her noktada aynı derecede incelir.

3.2.2. Çukur (Çukurcuk) korozyonu

Metal yüzeyinin bazı noktalarında çukur oluşturarak meydana gelen korozyon türüdür. Bu tip korozyonda anot ve katot bölgeleri birbirinden kesin şekilde ayrılmıştır. Anot, yüzeyin herhangi bir noktasında açılan çukurun içindeki dar bir bölge, katot ise çukurun çevresindeki çok geniş bir alandır. Korozyon sonucu çukur gittikçe büyüyerek metalin o noktadan ve kısa sürede delinmesine neden olur. Bu nedenle çukur korozyonu çok tehlikelidir.

3.2.3. Galvanik korozyon

İki farklı metalin bağlantısından ileri gelen bir korozyon türüdür. Bu tip korozyona çok rastlanır. Metallerden daha soy olanı katot, daha aktif olanın anot olmasıyla bir korozyon hücresi meydana gelir. Bu hücrede yalnız anot olan korozyona uğrar. Galvanik korozyon için her iki metale de temas eden elektrolitin bulunması gerekir. Metal yüzeyi kuruysa galvanik korozyon söz konusu olmaz.

3.2.4. Çatlak (Aralık) korozyonu

Metal yüzeyinde bulunan çatlak, aralık veya cep gibi çözeltinin durgun kaldığı bölgelere oksijen transferi güçleşir. Bu bölgeler anot çatlak çevresindeki metal yüzeyleri katot olur. Çatlak korozyonu yalnız metal yüzeyinde bulunan bir çatlakta değil, metal olmayan bir malzeme ile metal yüzeyi arasında da meydana gelebilir.

3.2.5. Kabuk altı korozyonu

Metal yüzeyinde korozyon ürünlerinin oluşturduğu veya başka bir nedenle oluşan bir kabuk(birikinti) altında meydana gelen korozyona kabuk altı korozyonu denir. Bu korozyon, kabuk altının nemli olmasından ve yeteri kadar oksijen almamasından kaynaklanır. Kabuğun altı anot, çevresi ise katot olur.

3.2.6. Filiform korozyonu

Metal yüzeyinde bulunan boya veya kaplama altında yürüyen bir korozyon olayıdır.

Filiform korozyonu, çatlak korozyonunun bir türü olarak kabul edilebilir. Bu korozyona kabuk altı korozyonu da denilmektedir.

Filiform korozyonu kaplamanın zayıf ve suyu geçirebilen bir noktasından başlar.

3.2.7. Seçimli korozyon

Bir alaşımın içinde bulunan elementlerden birinin korozyona uğrayarak uzaklaşması sonucu oluşan korozyondur. Bu tip korozyona en iyi örnek, pirinç alaşımı içindeki çinkonun bakırdan önce korozyona uğramasıdır. Bu seçimli korozyona özel olarak dezinsifikasyon adı verilir.

3.2.8. Taneler arası korozyon

Bir metalin kristal yapısında tanelerin sınır çizgisi boyunca meydana gelen korozyona taneler arası korozyon denir. Eritilmiş bir metalin katılaşması veya katı halde bulunan bir metalin herhangi bir ısıtılma işlemine tabi tutulması sırasında metal atomu kristallerinin sınır bölgelerinde korozyon açısından zayıf bazı bozukluklar meydana gelebilir. Metal korozif bir ortama girdiğinde bu bölgelerde taneler arası korozyon kendini gösterir. Taneler arası korozyonun en tipik örneği paslanmaz çeliklerde görülür. Bu çelikler ısıtılma işlemine tabi tutulursa veya kaynak yapılırsa, çelik içinde kromkarbür oluşur. Kromkarbür korozyona uğramaz, ancak taneler arası sınır bölgelerinde birikerek bu bölgeleri korozyon açısından zayıf hale getirir. Taneler arası korozyon olayına daha çok kaynak yapılan bölgelerde rastlanır. Bu olaya kaynak çürümesi denir.

3.2.9. Erozyonlu korozyon

Korozif çözeltilerin metal yüzeyinden hızla akması halinde, korozyon yanında erozyonda meydana gelir. Bu durum korozyon hızında artmasına neden olur. Erozyonlu korozyonda yüzey temiz haldedir, korozyon ürünü görülmez. Bu tür korozyona etkiyen en önemli faktör, akışkanın hızıdır. Akış hızı arttıkça erozyon etkisi de artar. Akışkan içinde katı taneciklerin bulunması, olayın hızını artırır. Korozyon sonucu oluşan küçük bir oyuk türbülans etkisiyle erozyonlu korozyonu başlatır. Pasifleşme özelliği olan metaller erozyonlu korozyon olayına daha duyarlıdır. Bu tip korozyona en duyarlı metal bakır ve bakır alaşımlarıdır. Bu metallerin yüzeyinde erozyon etkisinde olan bölgelerde pasifleşme tabakası oluşamaz, metal korumasız kalan bu bölgelerden şiddetle korozyona uğrar.

3.2.10. Kavitasyon

Kavitasyon, erozyonlu korozyonun özel bir şeklidir. Akışkan içinde bir gaz veya buhar kabarcığının bulunması halinde, bu basıçlı gaz metal yüzeyinde patlayarak o noktada yıpranmaya neden olur. Bu korozyon genellikle hidrolik türbinlerde, gemi pervanelerinde ve pompa paletlerinde ortaya çıkar. Kavitasyon olayı korozyonla veya erozyonla birlikte yürüyebilir. Kavitasyonun başlaması için akış yüzeyinde pürüz veya hendek bulunması gerekir.

3.2.11. Aşınmalı korozyon

Birbiri üzerinde kayan iki metal yüzeyin aşınması ile birlikte yürüyen korozyona aşınmalı korozyon denir. İki metal yüzeyi birbiri ile mekanik sürtünme yaptığında çok küçük metal parçalar yüzeyden kopar. Kopan metal parçaları kolayca oksitlenerek korozyona uğrar. Bu tür korozyon için bir başka teoride şöyledir: Metal yüzeyi oksijenle temas ettiğinde ince bir oksit tabakası oluşur, sürtünme sonucu bu oksit tabakası kazınır. Oksit tabakası kazındığı için kalan metal yüzeyi parlak olur.

3.2.12. Stres (Gerilme) korozyonu

Korozif ortamda bulunan bir metal aynı zamanda statik bir gerilme altında ise metalin çatlayarak kırılması çabuklaşır. Metal yüzeyinde bulunan bir çukur veya çatlak gerilim altında duyarlı hale gelerek korozyonun başlaması için uygun bir ortam yaratır. Normal halde korozyon ürünleri metal yüzeyinde koruyucu bir kabuk oluşturduğu halde, stres altında iken oluşturamaz, korozyon hızla devam ederek metalin o bölgede çatlamasına neden olur.

Bu tip korozyona saf metallere çok alaşımlar duyarlıdır. Burada söz konusu olan çekme gerilmesidir. Basınç gerilmesinin stres korozyonuna etkisi yoktur.

3.2.13. Yorulmalı korozyon

Periyodik olarak yükleme ve boşaltma şeklinde etkiyen dinamik bir stres altında bulunan bir metal zamanla yorulur. Yorulan metal, normalden daha küçük gerilmelerin etkisiyle çatlayabilir. Yorulma ve korozyonun birlikte etkisi metalin kısa sürede çatlamasına neden olur.

3.2.14. Hidrojen kırılabilirliği

Bir korozyon reaksiyonu sonucu veya katodik koruma uygulamasında metal yüzeyinde hidrojen atomları oluşur. Bu hidrojen atomları metal yüzeyinde adsorbe edilir. Bu atomların bir kısmı birleşerek H₂ gazını oluşturur ve atmosfere karışırlar. Bir kısmı da metal bünyesine girerek oradaki boşluklara yerleşir. Daha sonra bu hidrojen atomları da hidrojen molekülüne dönüşerek büyük bir hacim artışına neden olur. Molekül halindeki hidrojenin difüzyon özelliği yoktur. Metal içinde bulunan hidrojen molekülleri metal boşluklarında büyük bir basınç oluşturarak metalin çatlamasına neden olur.

3.2.15. Kaçak akım korozyonu

Doğru akımla çalışan raylı taşıt araçları, doğru akım taşıyan yüksek voltajlı elektrik hatları ve kaynak makineleri zemin içine kaçak akım yayarlar. Bu kaçak akım çevredeki metal yapılara girerek korozyona neden olur. Örneğin bir yer altı tren hattına paralel giden boru hattında kaçak akım korozyonu meydana gelebilir. Doğru akım kaynağının(+) ucu trene,(-) ucu da raya bağlıdır. Trenin hareketi sırasında akım devresini tamamlayarak ray üzerinden besleme istasyonuna döner. Trenin bulunduğu noktada akımın bir kısmı zemine kaçarak yakında bulunan boru hattına girer. Akımın boru hattına girdiği bölgeler katot olur. Bu noktalardan korozyon söz konusu olmaz. Boru üzerinden bir süre akan akım yeniden zemine girerek oradan besleme istasyonuna döner. Korozyon olayı akımın borudan çıktığı bölgelerde görülür.

3.2.16. Mikrobiyolojik korozyon

Mikrobiyolojik korozyon, normal korozyon olaylarından farklı yapıda olmayıp bazı mikro canlıların korozyon reaksiyon hızını artırması şeklinde kendini gösterir. Normal korozyon olayının olmadığı ortamlarda mikrobiyolojik korozyon olayına nadir rastlanır. Başka nedenlerle meydana gelen korozyon olaylarına ayrıca mikrobiyolojik korozyon olayları da katılarak korozyon hızını artırıcı etki yapar. Mikro canlıların gelişmesi sonucu asitler ve sülfürler gibi bazı bileşenler ortaya çıkar. Bu bileşenler korozyon hızını artırıcı olarak rol oynarlar.

3.3. Elektrokimyasal Bir Süreç Olarak Korozyon

Bir parça demir havada bırakılırsa rutubetin varlığında hızla paslanır. Demir metalinin yüzeyi ile temasta olan su damlacığı bir elektrokimyasal pil oluşturarak korozyon hızını artırır.

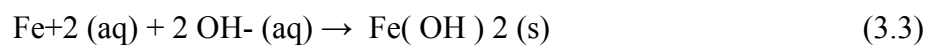
Fe, 2 elektron vererek havadaki oksijeni indirgerken, kendisi Fe⁺² ye yükseltgenir. Damlacığın içinde kalan demir yüzeyi anot olarak davranır.



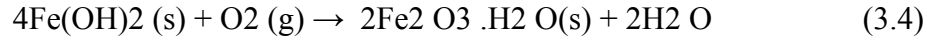
Elektronlar, damlacığın dış yüzeyine doğru hareket eder ve (3.2) indirgenme tepkimesi (reaksiyonu) gerçekleşir.



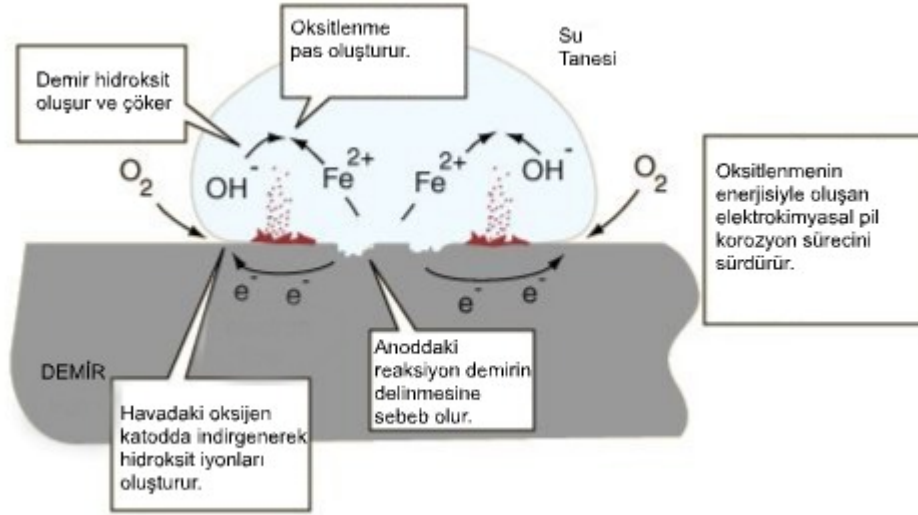
Hidroksit (OH⁻) iyonları demir +2 iyonları ile tepkimeye girer demir(2)hidroksit çöker.



Fe(OH)₂(k) hızla yükseltgenerek pası oluşturur.



Demirin paslanması tersinir bir reaksiyon değildir. Çünkü olay elektrokimyasal bir süreçtir.



Şekil 3.1: Korozyon oluşumu

3.4. Korozyondan Korunma Yöntemleri

Metallerin korozyondan korunma yöntemlerini dörde ayırabiliriz;

a) Alaşım yaparak: Alaşım yaparak korozyondan korunma yöntemi pahalı olmakla birlikte, en güvenilir yöntemlerden birisidir. Çeliğe krom katılarak elde edilen paslanmaz çelikler en iyi örnektir.

b) Korozyona sebep olan maddeleri uzaklaştırarak: Bu yöntem güvenilir olmakla birlikte her zaman uygulanamamaktadır. Kimya endüstrisinde kimyasal maddelerle teması kesmek, kalorifer tesisatından suyu uzaklaştırmak mümkün değildir.

c) Kaplama yoluyla: Ekonomik ve pratik olması sebebiyle en yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Metalin başka bir maddeyle örtülmesi esasına dayanan bu yöntemde kullanılan kaplama malzemelerini 3 grupta inceleyebiliriz;

- Madensel koruyucular; Çinko, krom, nikel, kalay, kurşun v.b.
- Organik koruyucular; Yağlı boyalar, vernikler, yağ, plastik ve kauçuklar v.b.
- İnorganik koruyucular; Çimento, emaye v.b.

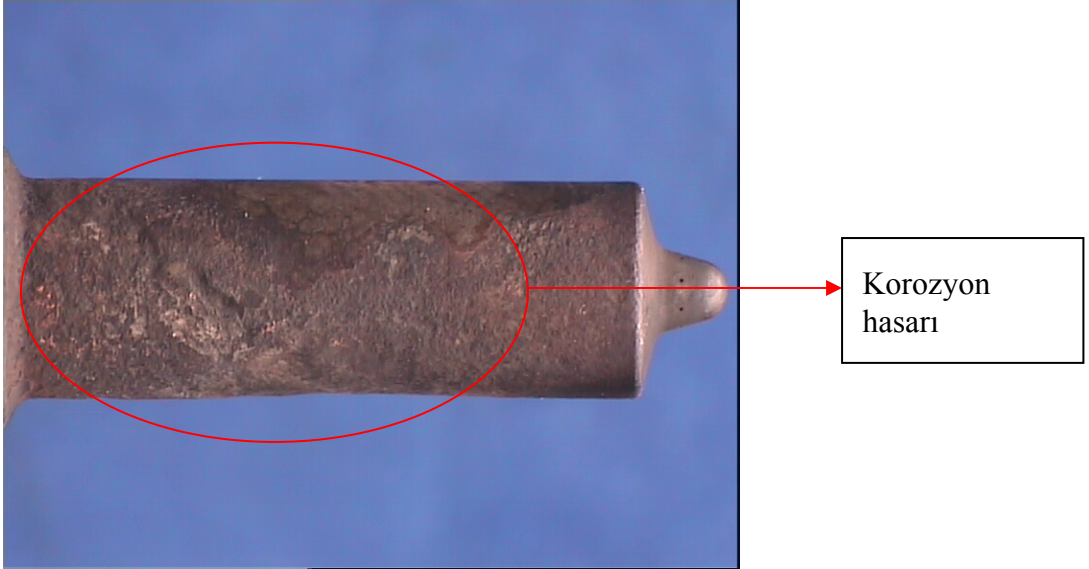
d) Katodik korunma: Bu yöntem de metallerin (-) yüklü elektron alışverişini önlemek prensibiyle korunma sağlanır. İki şekilde yapılır;

- Korunması istenen malzemeye dışarıdan akım verilerek.
- Korunması gereken malzeme daha aktif bir malzemeye bağlanarak. (Kalorifer kazanlarının içerisine çinko malzeme konularak yapılan koruma buna örnektir.)

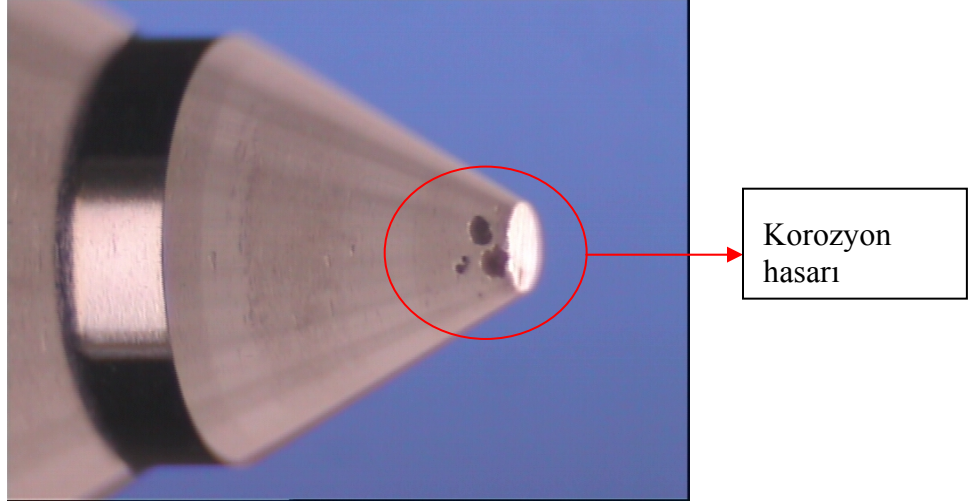
4. ENJEKTOR MEMESİNDEKİ KOROZYONUN TESPİT YÖNTEMLERİ

4.1. Resim Üzerinden Tespit

Resim üzerinden tespit yönteminde normal fotoğrafı çekilmiş memelerin üzerinde meydana gelen korozyon oluşumları çıplak gözle tespit edilmektedir. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de çekilmiş fotoğraflar üzerindeki korozyon oluşumları kolaylıkla tespit edilebilmektedir.



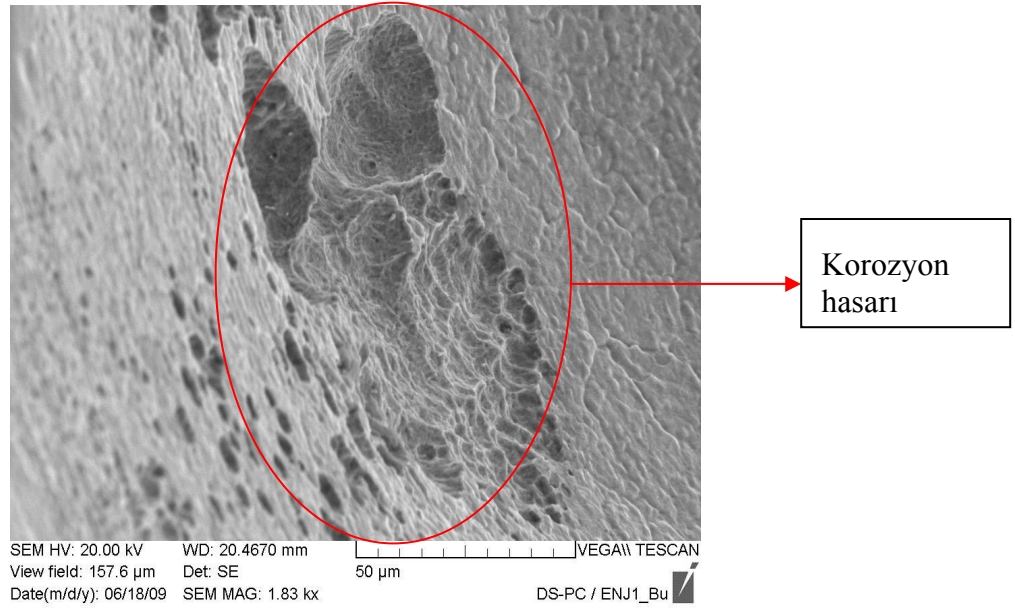
Şekil 4.1: Meme şaftında meydana gelen korozyon hasarları



Şekil 4.2: İğne ucunda meydana gelen korozyon hasarları

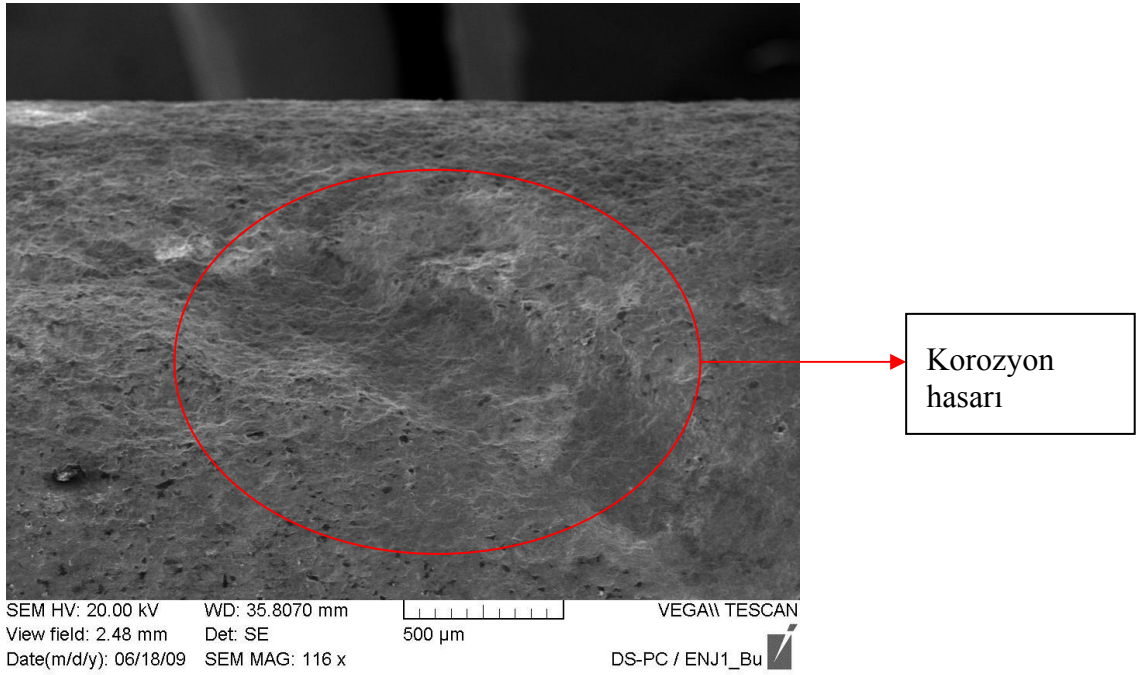
4.2. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Resimleri Üzerinden Tespit

Taramalı elektron mikroskobunu kullanarak malzemenin üzerinde meydana gelen oluşumları daha detaylı bir şekilde görmek mümkündür. Şekil 4.3’de gösterilen örnekte 157,6 μm ’lik bir genişliğe sahip olan yüzey parçası üzerinde yaklaşık 50 μm ’lik genişliğe sahip bir alanda meydana gelen korozyon oluşumları kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

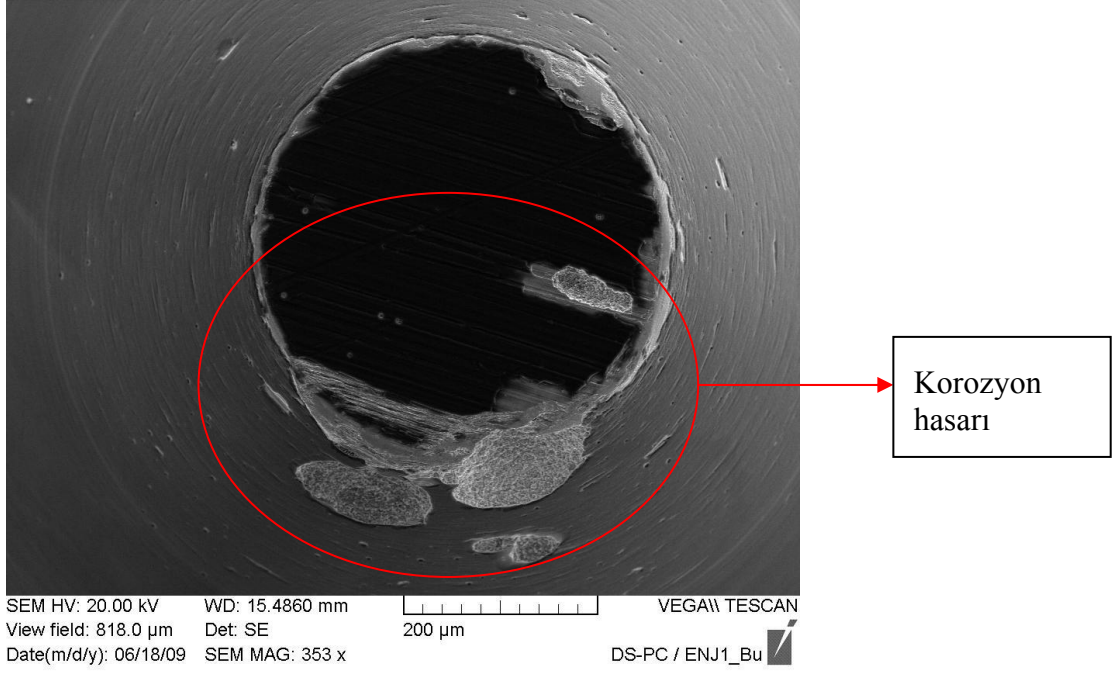


Şekil 4.3: Malzeme yüzeyinde meydana gelen korozyon hasarları

Şekil 4.4'te ise daha geniş bir alanda meydana gelen korozyon hasarı incelenmiştir. 2,48 mm'lik bir genişliğe sahip olan alan üzerinden 500µm'lik bir ölçeklendirme ile korozyona uğrayan toplam alan genişliği yaklaşık 2 mm olarak görülmektedir. Bu şekilde korozyon hasarından dolayı malzeme yüzeyinde bir kanal meydana gelmiştir. Bu kanaldan dolayı malzemenin gerilime karşı dayanımı azalmaktadır. Korozyon hasarının çok olduğu durumlarda yüksek basınç altında iken malzemede kırılmalar ve çatlamlar gözlemlenmektedir.



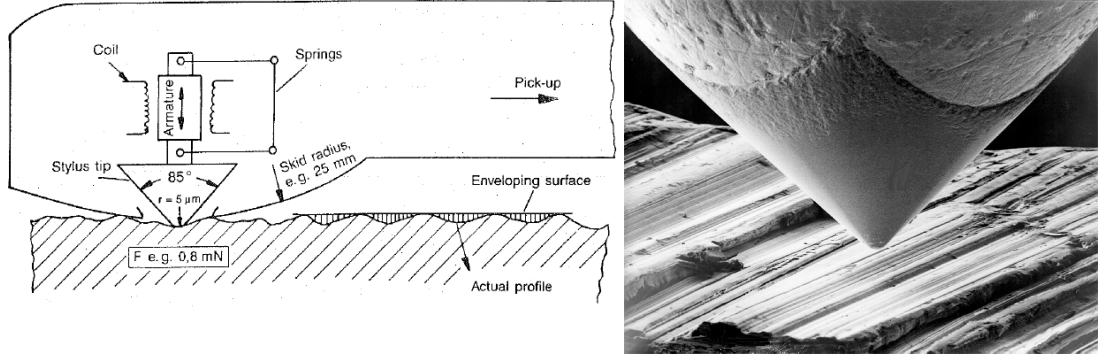
Şekil 4.4: Malzeme yüzeyinde meydana gelen korozyon hasarları



Şekil 4.5: İğne ucunda meydana gelen korozyon hasarları

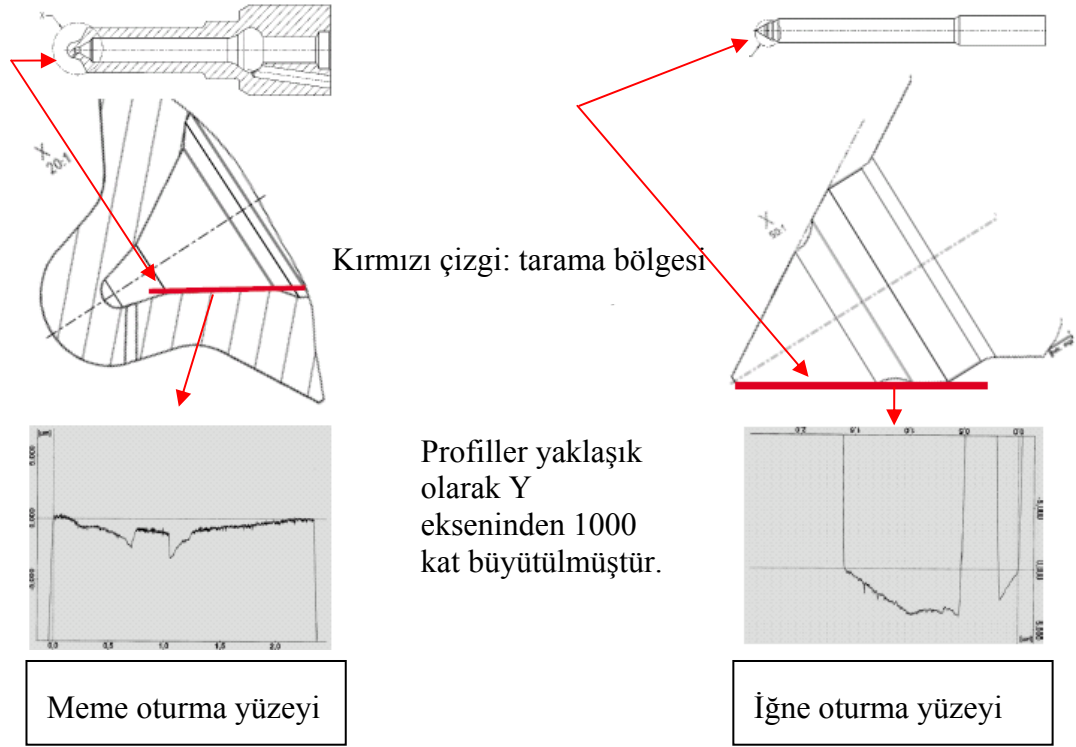
Korozyon oluşumlarının metal yüzey üzerinde meydana geldiği bilinmektedir. Korozyon oluşumlarını önlemenin en iyi yöntemlerinden bir tanesi yüzey kaplama metodudur. Şekil 4.5'te karbon ile kaplanan meme iğnesinin uç kısmındaki karbon kaplamasının aşırı sıcaklık neticesinde kopması sonrasında açıkta kalan metal yüzeyi üzerinde korozyon oluşumları meydana gelmiştir. Toplam resmedilen yüzey genişliği 818 µm iken ölçeklendirme 200 µm olarak yapılmıştır. İğnenin uç kısmını gösteren resmin ortasındaki dairesel kısım saç telinin genişliği kadar bir genişliğe sahiptir. Buradan da incelenen yüzeylerin ne kadar hassas bir şekilde resmedildiği görülmektedir.

4.3. Yüzey Düzensizliğini İki Boyutlu Tarayarak Tespit



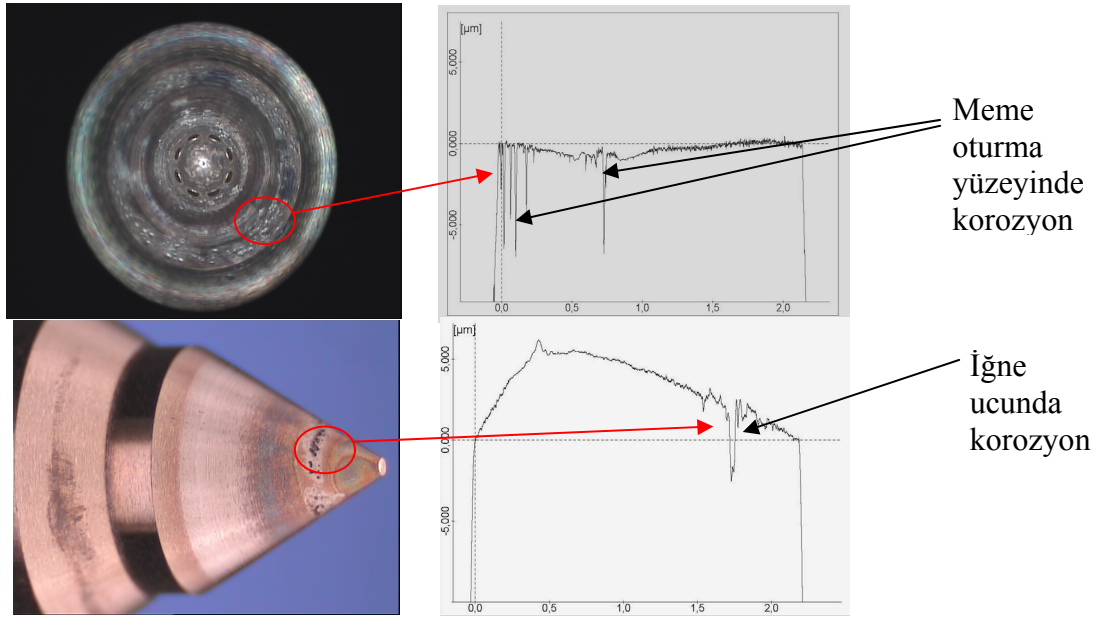
Şekil 4.6: Yüzey Düzensizliğini İki Boyutlu Tespiti

Görsel olarak yapılan korozyon tespitlerinin yanı sıra yüzey profilini tarayarak ta korozyon tespiti yapılabilmektedir. İki ve üç boyutlu yapılan yüzey tarama yöntemleri sayesinde korozyon hasarının derinliği ve genişliği rakamsal olarak tespit edilebilmektedir. İki boyutlu yüzey tarama yönteminde hassas ölçme ucu yüzeyi tarayarak yüzey profilini ortaya çıkarmaktadır. Şekil 4.6’da görülmekte olan hassas uç taradığı yüzeyi referans noktalarına göre tanımlayarak bilgisayar ortamında iki boyutlu bir yüzey oluşturmaktadır. Şekil 4.7’de hem iğne hem de meme oturma yüzeylerinden alınan yüzey profilleri görülmektedir.



Şekil 4.7: Yüzey Düzensizliğini İki Boyutlu Tespiti

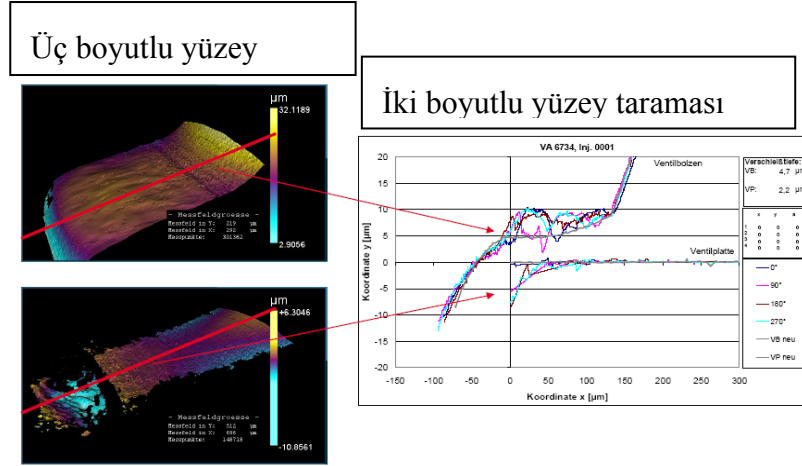
Şekil 4.7’de gösterilen örnek yüzey profillerinin X eksenini mm cinsinden Y eksenini ise μm cinsinden belirtmiştir. Burada amaç derinlikleri belirgin hale getirmektir. Şekil 4.8’deki örneklerde hem iğnede hem de memede yaklaşık $5\mu\text{m}$ ’lik bir korozyon derinliği oluşmuştur.



Şekil 4.8: Yüzey Düzensizliğini İki Boyutlu Tespiti

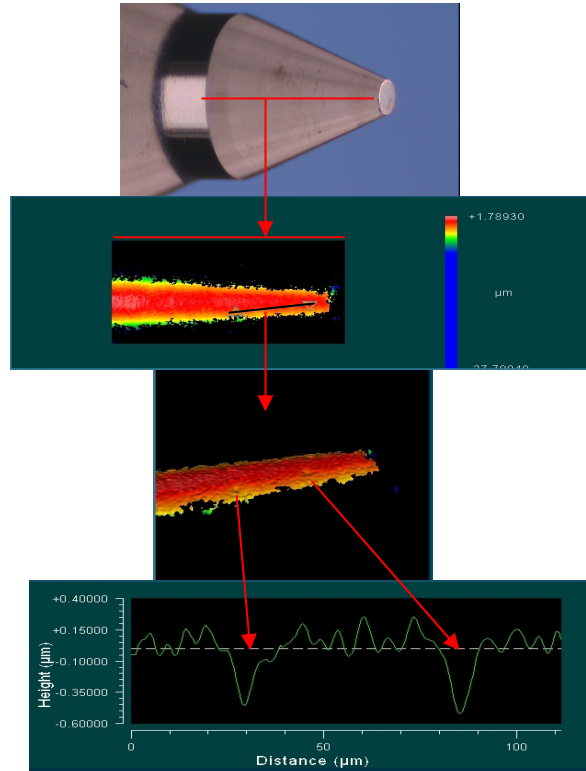
4.4. Yüzey Düzensizliğini Üç Boyutlu Beyaz Işık Dalgaları İle Tarayarak Tespit

Analiz yapmak istenilen yüzey formuna beyaz ışık göndererek yapılan bu yöntemde iki boyutlu yöntemde kullanılanın aksine herhangi bir ölçme ucu kullanılmamaktadır. Yüzey üzerine gönderilen beyaz ışığın geri yansımaları ile bu sinyaller rakamsal değerlere dönüştürülür ve Şekil 4.9’da da görüldüğü üzere 3 boyutlu yüzey formları oluşturulur. Taranan yüzeyin iki boyutlu halde görüntüsü de bu metotta tespit edilebilmektedir. Şekil 4.10’da gösterilen örnekte ise meme iğnesinin uç kısmında meydana gelen korozyon çukurcukları beyaz ışık dalgaları ile taranmış ve yüzey profili 3 boyutlu bir biçimde çıkarılmıştır.



Şekil 4.9: Yüzey düzensizliğinin üç boyutlu tespiti

Şekil 4.10'da iğne ucundaki bir bölgeden yapılan yüzey taraması sonrası uç kısmında var olan iki adet belirgin korozyon çukurcuğunu görebilmekteyiz. Tespit edilen derinlikler maksimum 0,5 μm 'dir. Buradan kullanılan bu yöntemin diğer yöntemler gibi hassas sonuçlar verdiği görülmüştür.

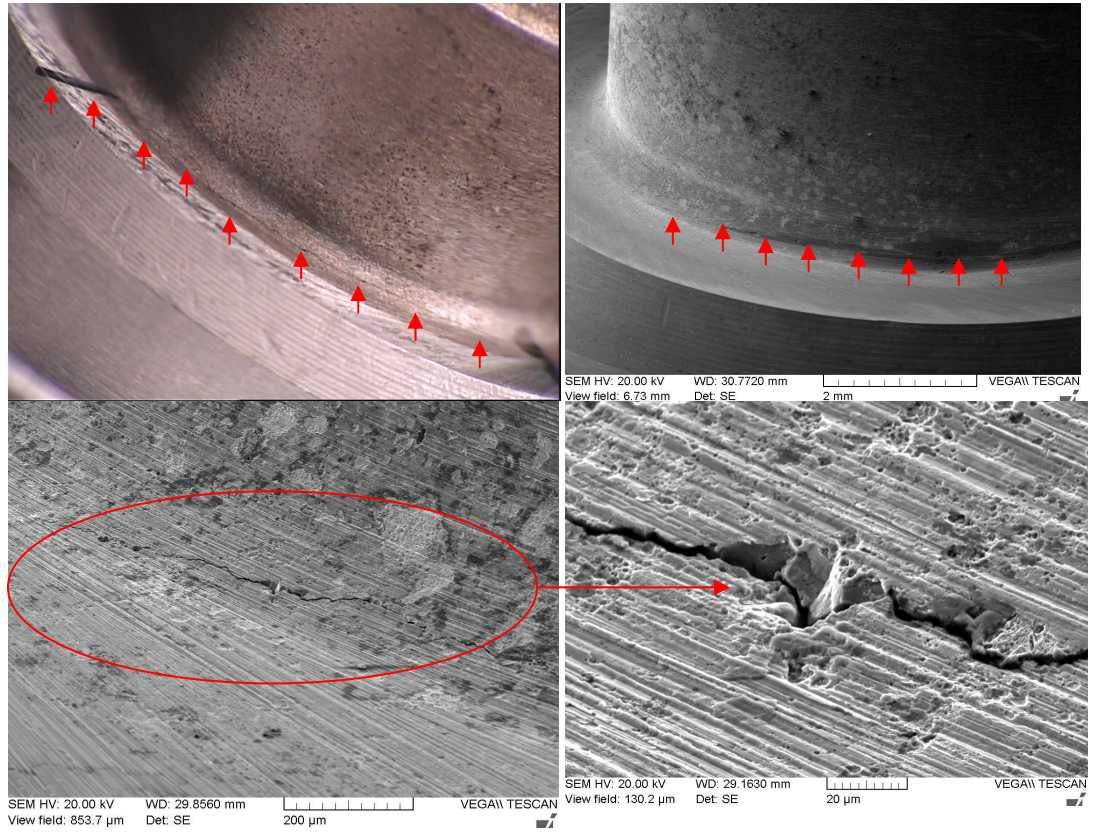


Şekil 4.10: İğne ucundaki yüzey düzensizliğinin üç boyutlu tespiti

5. KOROZYONUN ETKİLERİ

5.1. Korozyonun Malzemeye Olan Etkisi

Korozyon tanımında da belirtildiği üzere malzeme yapısını bozucu bir etkiye sahiptir. Korozyonun çeşitli türleri malzeme üzerinde çeşitli etkilere sebep olabilmektedir. Bazı korozyon türleri malzeme kaybına sebep olurken bazı korozyon türleri malzeme yapısını bozmaktadır. Kırıklar ve çatlaklar hem malzeme kaybının meydana geldiği bölgelerde hem de içyapının bozulduğu bölgelerde meydana gelebilmektedir. Memenin kırılması veya çatlaması için bir gerilmeye maruz kalması da gerekmektedir. Bir gerilmeye maruz kalan parçada korozyon etkisi kırılmaya veya çatlamaya yardımcı olur.



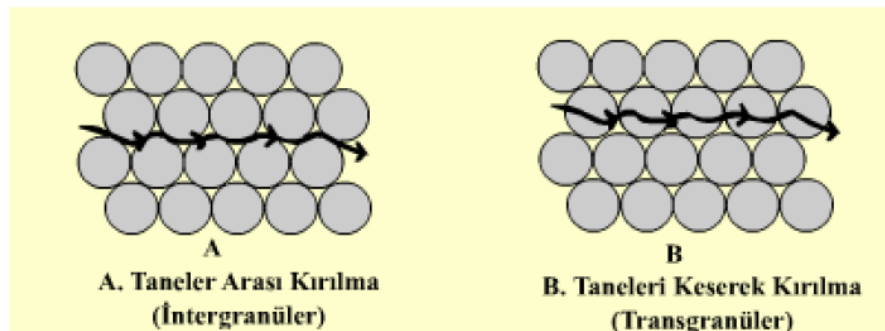
Şekil 5.1 Korozyon çatlağı

Şekil 5.1’de gösterilen çatlak parçaya daha fazla gerilim uygulandığında bir sonraki aşama olan kırılma meydana gelmektedir. Şekil 5.3’de korozyonun malzeme kaybına uğrattığı bölgeden kırılma meydana gelmiştir.

Kırılma, tane sınırlarından veya taneleri keserek oluş şekline göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

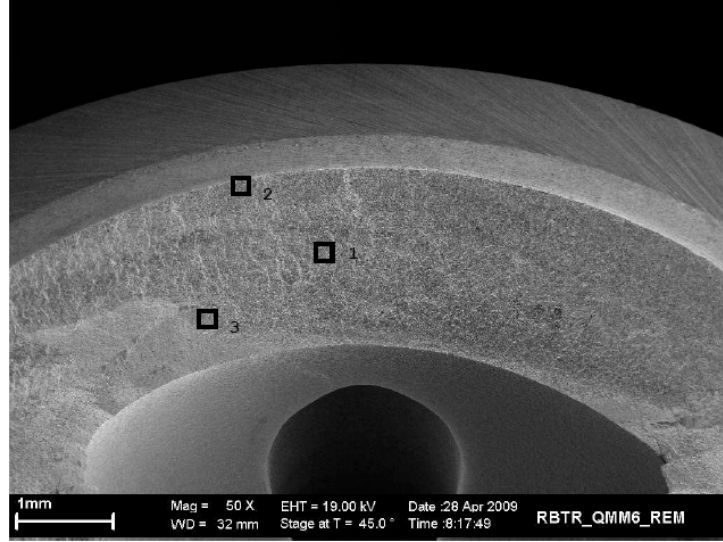
1. Taneler Arası Kırılma (İntergranüler Kırılma): Çok taneli malzemelerde tane sınırlarındaki kohezyonun çeşitli sebeplerle az olması halinde, malzemenin kırılması tane sınırları yüzeylerinden tanelerin birbirinden ayrılması şeklinde meydana gelir, bu tip kırılmaya Şekil 5.2 A’de görüldüğü gibi taneler arası kırılma veya intergranüler kırılma adı verilir.

2. Taneleri Keserek Kırılma (Tane içi kırılma) (Transgranüler Kırılma): Taneleri keserek meydana gelen kırılma şekline Şekil 5.2 B’de görüldüğü gibi «transgranüler kırılma» adı verilir. Transgranüler kırılma, kayma gerilmelerinin etkisiyle tanelerin kayma kırılması şeklinde kopmasıyla meydana gelmişse buna «transgranüler kayma kırılması» adı verilir. Eğer transgranüler kırılma, tanelerin klivaj düzlemleri (Klivaj düzlemleri en düşük yüzey enerjisine sahip düzlemlerdir) boyunca kırılması şeklinde ise buna da «transgranülerklivaj kırılması» denir. Malzemelerin yüklenme şekli, yani gerilme ve şekil değişimi ile ortam şartları meydana gelecek kırılmanın ne tip olacağını tayin ederler.



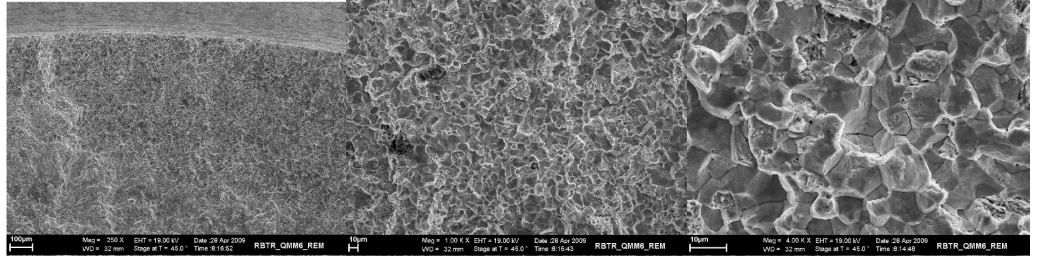
Şekil 5.2 Taneler arası ve Taneleri keserek kırılma

Malzeme iç yapısının yapı içerisine hidrojen nüfus etmesinden dolayı kırılan bir hal aldığı tespit edilmiştir. Şekil 5.3’de görüldüğü üzere kırık yüzeydeki 3 farklı bölgede malzeme yapısı incelenmiştir.

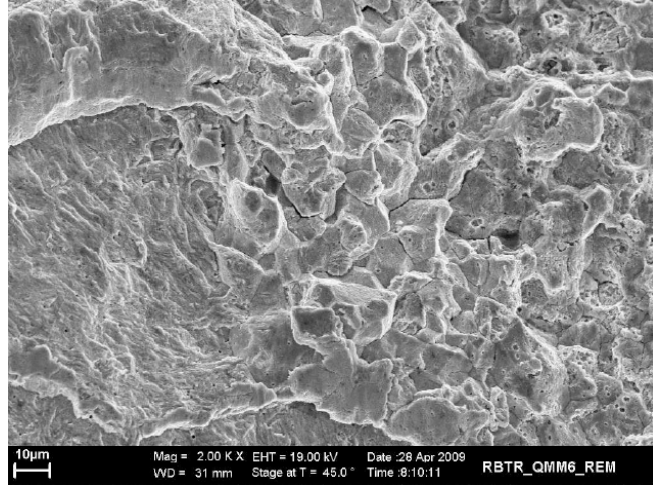


Şekil 5.3: Korozyon kırığı

1. bölge malzeme iç yapısı:

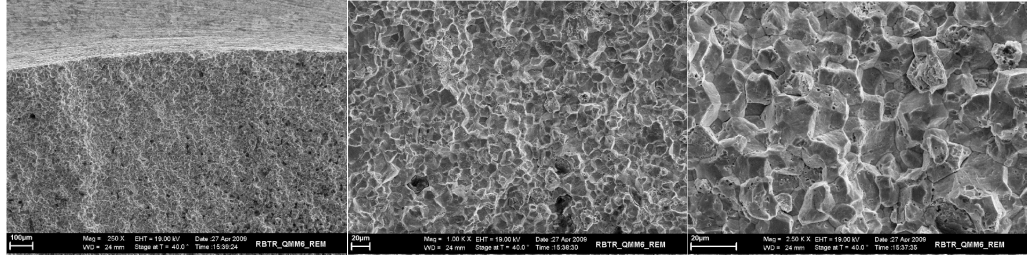


Şekil 5.4: Birinci bölge malzeme iç yapısı (Taneler arası kırılma)

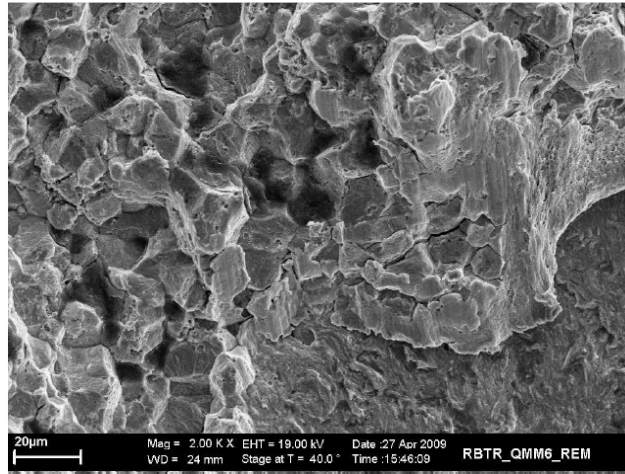


Şekil 5.5: Taneler arası kırılmadan taneleri keserek kırılmaya geçiş

2. bölge malzeme içyapısı:

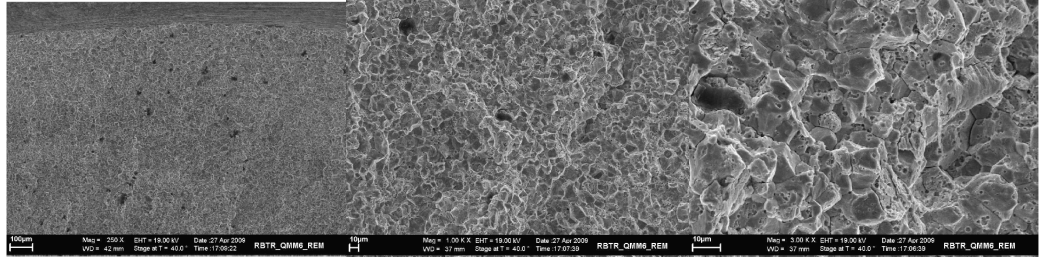


Şekil 5.6: İkinci bölge malzeme içyapısı (Taneler arası kırılma)

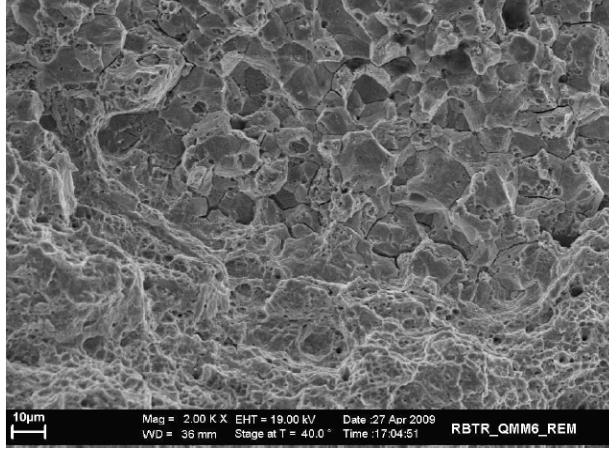


Şekil 5.7: Taneler arası kırılmadan taneleri keserek kırılmaya geçiş

3. bölge malzeme içyapısı:



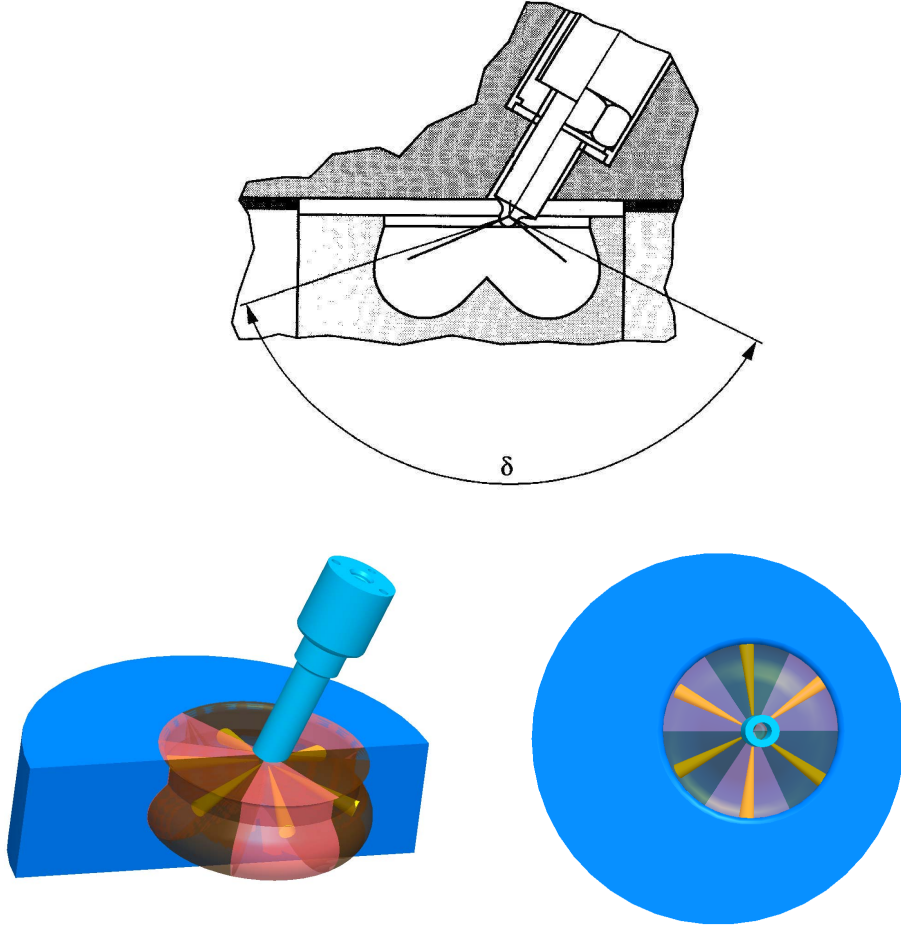
Şekil 5.8: Üçüncü bölge malzeme içyapısı (Taneler arası kırılma)



Şekil 5.9: Taneler arası kırılmadan taneleri keserek kırılmaya geçiş

5.2. Korozyonun CRI Sistemine Olan Etkisi

Memede meydana gelen korozyonun CRI sisteminin fonksiyonuna olan olumsuz etkileri arasında püskürtme geometrisinin ve püskürtme miktarının bozulmasını söyleyebiliriz. Özellikle püskürtme deliklerinde meydana gelen korozyon hasarları Şekil 5.10'da görüldüğü üzere deliklerden geçen yakıtın yönünü ve debisini değiştirecektir. Bu da hem homojen karışım oluşumunu hem de yanan miktara bağlı olarak motordan elde edilen gücü olumsuz bir şekilde etkileyecektir.



Şekil 5.10: Enjektör memesinin silindir içerisindeki yerleşimi

6. KOROZYONUN PÜSKÜRTME GEOMETRİSİNE VE MİKTARINA ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Bu deneyin temel amacı enjektör memesinde meydana gelen korozyonun püskürtme miktarına ve geometrisine etkisini incelemektir. Bunun için ilk olarak üretimden yeni çıkmış iki adet enjektör alınmıştır. Kullanılan enjektörler gerilim karşısında elektrik üreten piezo malzemesi kullanılan piezo enjektörleridir. Bu malzemenin kullanılma mantığı Common Rail enjektörlerde biraz farklıdır. Elektrik verilip malzemenin uzamasından faydalanılmaktadır. Bu deneyde kullanılan enjektör memelerin 8 adet deliği bulunmaktadır. Bu deliklerden püskürtülen yakıt huzmelerinden de delik sayısı tespit edilebilir. Saç telinin kalınlığı kadar küçük olan bu deliklerden püskürtülen yakıtın miktarı ve geometrisi yanma kalitesi için çok önem taşımaktadır. Sırasıyla aşağıdaki adımlar incelenerek korozyonun püskürtme geometrisine etkisi incelenmeye çalışılmıştır.

Deney adımları her iki enjektör için 3 ana gruba ayrılabilir. Bunlar;

- i) Üretimden hemen sonraki durum
- ii) Korozyona uğratıldıktan sonraki durum
- iv) Korozyonun temizlenmesinden sonraki durum

Her bir ana adımda aşağıdaki ortak ara adımlar yerine getirilmiştir;

- 1) Püskürtme resimlerinin çekilmesi
- 2) Farklı basınç ve zaman aralıklarında enjektörlerin püskürtme miktarlarının tespiti

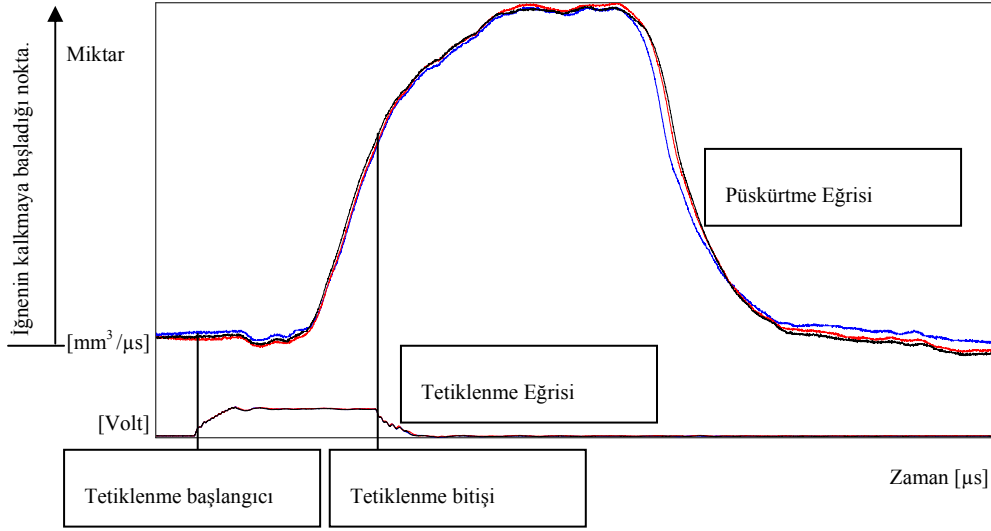
- 3) Memelerin hidrolik ölçümünün yapılması
- 4) Memelerin tüm standart bölgelerinin resmedilmesi
- 5) SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile meme ucu ve dışarıdan delik içlerinin görüntülenmesi

Deney adımlarında elde edilen sonuçları başlıklar halinde aşağıda verilmiştir. Meme parçası silindir bloğu içerisinde yanma odasına bakan tek enjektör parçasıdır. Bu nedenle meme parçasına ait her bir bölgede meydana gelebilecek oluşumlar dikkatle incelenmelidir.

6.1. Üretim Sonrası Püskürtme Resimlerinin Çekilmesi

Püskürtme resimlerinin çekilebilmesi için komple enjektör halinde ölçüm yapılması gerekmektedir. Enjektör bu ölçüm için özel olarak imal edilmiş olan ve gerçek değerlerin elde edilebildiği ölçüm tezgâhlarında yapılmıştır. Resimler yakıt demetine alttan bakılarak çekilmiştir. Şekil 6.1’de gösterilen grafikte üstteki eğri zamana bağlı püskürtme miktarlarını göstermektedir. Alttaki grafik ise tetiklenme zamanını göstermektedir. Şekil 6.2’de gösterilen püskürtme resimleri püskürtme miktarının maksimum olduğu anda çekilmiştir. Yani Şekil 6.1’de püskürtme eğrisinin maksimum olduğu noktada püskürtme resimleri çekilmiştir. Şekil 6.1’deki grafikten de görüleceği üzere tetiklenme bitip bir miktar zaman geçtikten sonra maksimum püskürtme noktasına gelinmektedir. Şekil 6.2’de 1200 bardaki püskürtme resmi 800 bardaki püskürtme resminden daha küçük gözükmektedir. Bunun sebebi 1200 bardaki tetikleme zamanı 800 bardaki tetikleme zamanından küçüktür. İğne maksimum yüksekliğe ulaşip istenilen miktarda püskürtmeye vakit kalmamaktadır. İğnenin yukarıya doğru hareket ettiği andan itibaren püskürtme başlamaktadır. Şekil 6.1’de püskürtme maksimum değerinde olmasına rağmen iğne tamamen kalkmamıştır. Her ölçüm noktasında basınç ne olursa olsun iğne maksimum yüksekliğine ulaşamamaktadır. Maksimum yüksekliğe ulaşabilmesi için daha fazla zamana ihtiyaç vardır. Bu ölçümde temel amaç enjektörün ve dolayısıyla memenin tanımlanan basınç

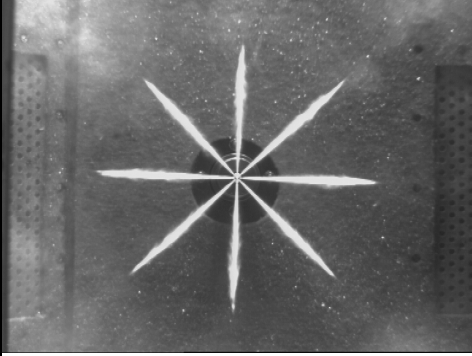
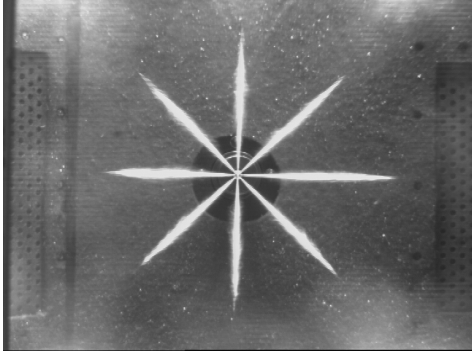
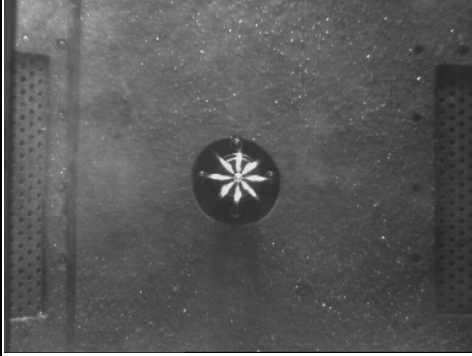
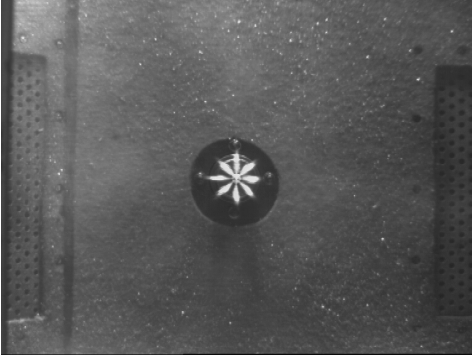
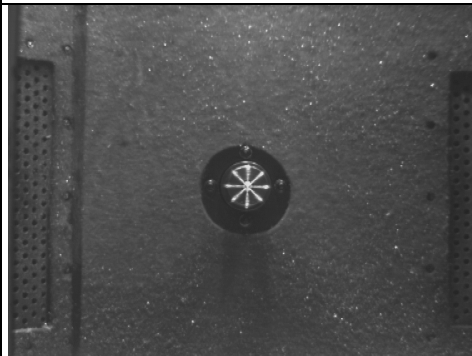
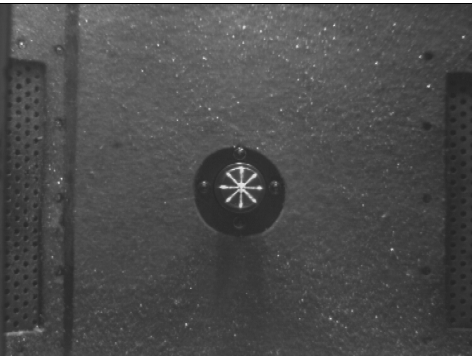
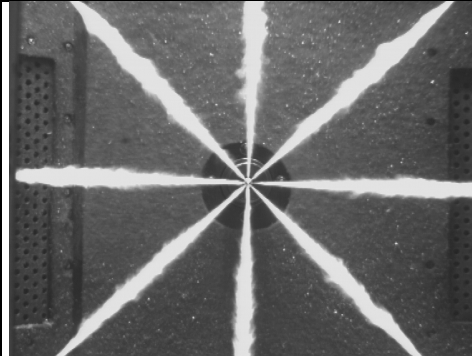
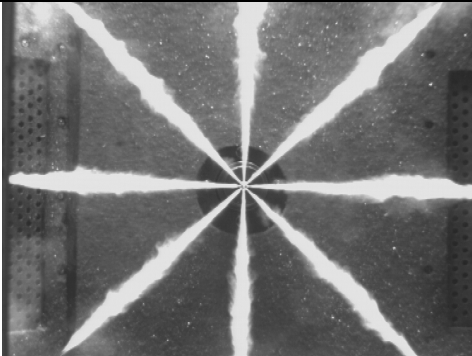
ve tetikleme sürelerinde püskürtme geometrisinin resmedilmesi ve bunun ideal durum olarak alınmasıdır. Deneyin ilerleyen aşamalarında korozyona uğratılmış haldeki püskürtme resimleri bu ideal haldeki püskürtme resimleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.1: Elektriklenmeye bağlı püskürtme eğrisi

Püskürtme resimleri için hangi basınçlarda ve tetikleme zamanlarında resimlerin çekildiği aşağıda verilmiştir. Aşağıdaki zamanlar tetikleme başlangıcı ile bitişi arasında geçen süreyi göstermektedir. Bu basınçların ve zamanların seçilmesi, motor içerisinde enjektörün davranışlarının test edilmesi ve bu noktaların enjektör davranışlarını farklı noktalarda en iyi şekilde temsil etmesinden dolayıdır.

1. Resim: 800 bar, 475 μs (Emisyon noktasını temsil etmektedir.)
2. Resim: 1200 bar, 180 μs (Ön püskürtme (pilot püskürtme) noktasını temsil etmektedir.)
3. Resim: 250 bar, 545 μs (Rölanti noktasını temsil etmektedir.)
4. Resim: 1800 bar, 530 μs (Tam yük noktasını (maksimum gücün elde edildiği nokta) temsil etmektedir.)

	1. Meme	2. Meme
800 bar, 475 μ s		
1200 bar, 180 μ s		
250 bar, 545 μ s		
1800 bar, 530 μ s		

Şekil 6.2: Korozyon öncesi püskürtme resimleri

6.2. Farklı Basınç ve Zaman Aralıklarında Enjektörlerin Püskürtme Miktarlarının Tespiti

Enjektörlerin istenilen miktarlarda püskürtüp püskürtmediği sabit bir basınç değerlerinde belli bir süreyle püskürtülen yakıt miktarları ölçülerek tespit edilebilir. Bu nedenle daha önce de kullanılan basınç ve püskürtme sürelerine sadık kalınarak enjektörlerin püskürtme değerleri Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1: Enjektörlerin püskürtme değerleri

Enjektör numarası	Püskürtme miktarları			
	800 bar	1200 bar	250 bar	1800 bar
	475 μ s	180 μ s	545 μ s	530 μ s
	mm ³ /E	mm ³ /E	mm ³ /E	mm ³ /E
1	19,91	2,48	6,96	49,28
2	20,07	2,48	7,14	49,33

(mm³/E: Elektriklenme süresi boyunca mm³ olarak püskürtülen miktar)

6.3. Memenin Püskürtme Değeri Ölçümünün Yapılması

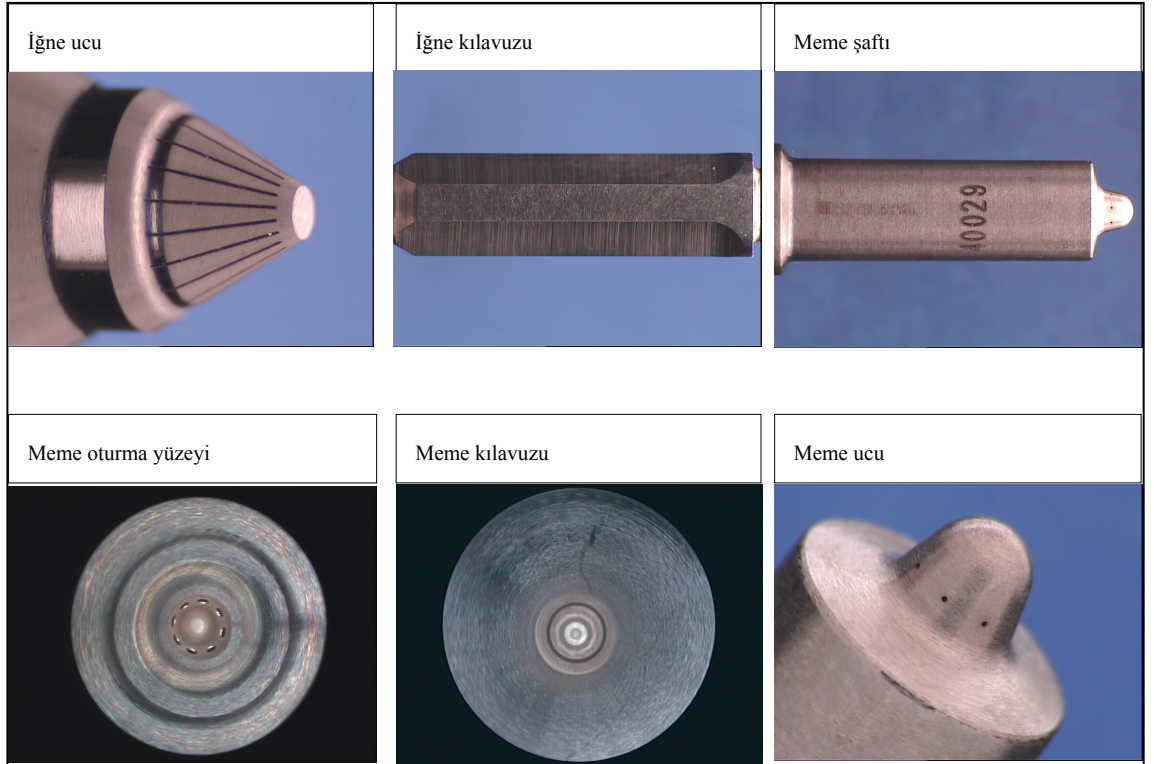
Enjektörden alınan püskürtme değerlerinin yanı sıra meme parçasının da püskürtme miktarlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu sayede korozyona uğramış meme ile değerler karşılaştırılabilir. Bunun için meme parçası enjektörden sökölüp ölçüm yapılmıştır. Ölçüm yapılan ölçüm tezgâhları bu ölçüm için üretilmiş özel tezgâhlardır. Meme parçası ölçüm için tezgâha yerleştirilir. Makine 100 bar basınç altında 30 saniye boyunca püskürtülen cm³ cinsinden yakıt miktarını ölçmektedir. Ölçüm sonuçları Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2: Meme parçasının püskürtme değerleri

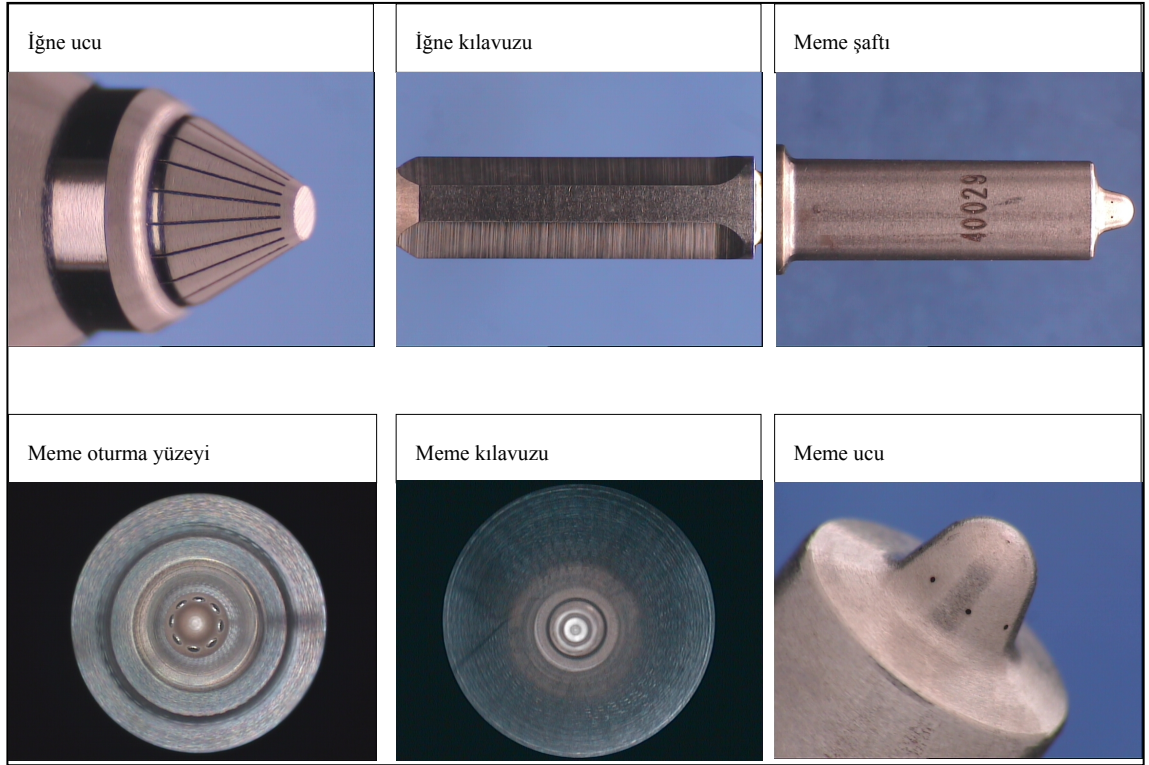
Meme Püskürtme Değerleri	1. Meme	2. Meme
[cm ³ /100bar/30sn]	789	792

6.4. Memenin Tüm Standart Bölgelerinin Resmedilmesi

Bu aşamada temel amaç ilk haldeki meme parçasının durumunu görüp korozyona uğramış haldeki resimlerle kıyaslama yapabilmektir. Üretimden çıktığı halde meme ve iğne yüzeyinde herhangi bir oluşumun olmadığı Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te görülmektedir.



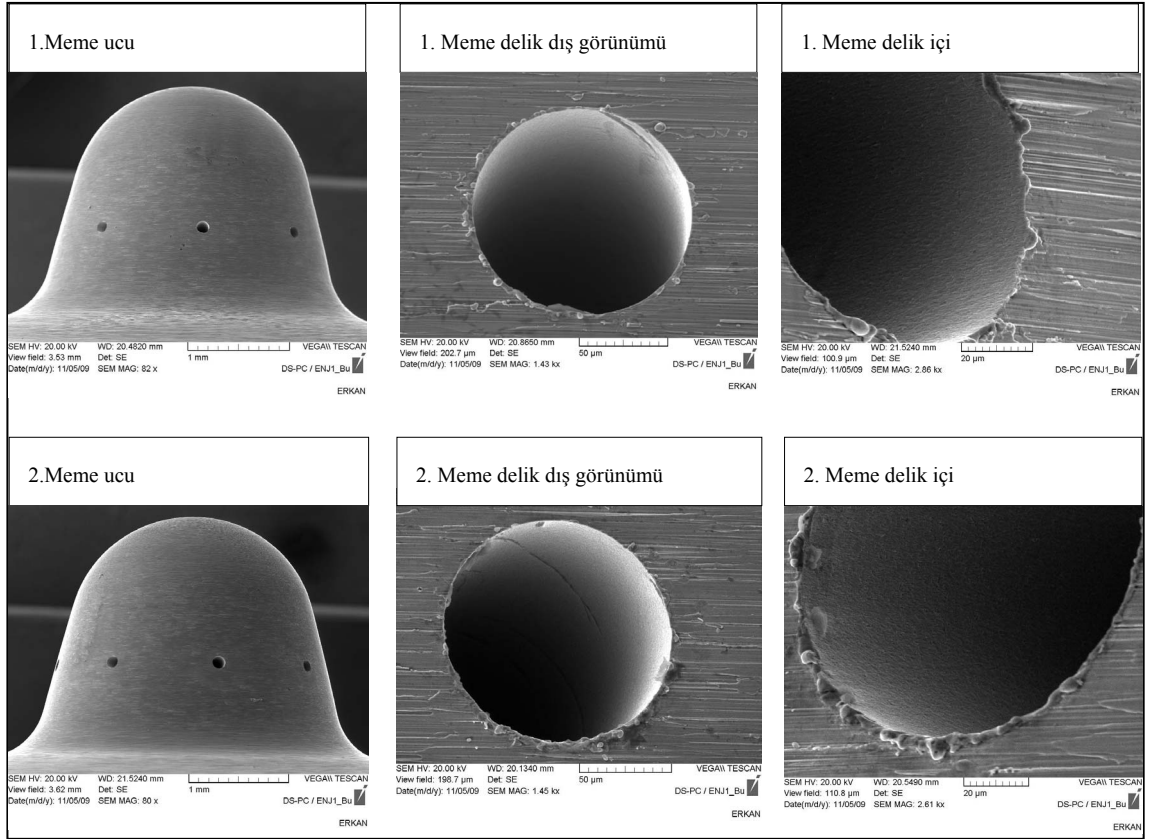
Şekil 6.3: 1.Memenin korozyon öncesi meme ve iğne genel resimleri



Şekil 6.4: 2.Memenin korozyon öncesi meme ve iğne genel resimleri

6.5. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile meme ucu ve dışarıdan delik içlerinin görüntülenmesi

Bu aşamada delik içlerinde ve memenin uç kesiminden SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) vasıtasıyla detaylı yüzey resimleri çekilmiştir. Şekil 6.5'te malzemenin ilk halde nasıl bir görünüme sahip olduğunu göstermek amaçlanmıştır.



Şekil 6.5: Korozyon öncesi meme ucu ve delik içi SEM fotoğrafları

6.6. Meme Parçalarının Korozyona Uğratılması

Korozyona uğratılmaya çalışılan memeler motor içerisinde nasıl bir dış etkiye maruz kalıyorsa benzer etkilere maruz bırakılmaya çalışılmıştır. Motor içerisinde birebir aynı şartlarda deney yapmak mümkün olmadığından dolayı aşağıdaki aşamalar uygulanmıştır;

- Yeni gelen parçalar 1 gün su, tuz ve limondan oluşan asitli suda bekletilmiştir. Bu adımda motorda meydana gelen asidik etkiye benzer bir etki bırakılmaya çalışılmıştır. Tam yük durumlarında veya motorun aşırı yüklendiği durumlarda yanma odası ve dolayısıyla enjektör memesi aşırı ısınır. Bununla birlikte ortamda bulunan yanma ürünleri ve dizel yakıtı buhar halindedir. Ani güç düşümleri sonucunda buhar halindeki gazlar enjektör memesi üzerinde

yoğuşmaktadır. Bu yoğuşma sonucunda yoğuşan gazların içerisinde bulunun sülfür, su buharı gibi bileşenler tepkimeye girip asidik bir bileşen oluşturmaktadır. Bu asidik bileşeni temsilen parçalar asitli bir ortamda bekletilmektedir.

- Daha sonrasında parçalar 3 gün süre ile EN590 standart dizel yakıtında bekletilmiştir. Bu aşamada amaç ilk aşamada belirtildiği üzere yakıt içerisindeki sülfürden ve diğer asidik etki oluşturabilecek bileşenlerden faydalanmak amaçlıdır.
- Parçalar 300 °C'ye kadar fırında ısıtılıp 30 dakika bekletildikten sonra 8,5 saat içerisinde 100 °C'ye kadar düşürülmüştür. Bu aşamada 300 °C'ye çıkarılmasının nedeni meme parçasının kabul edilebilir maruz kaldığı sıcaklığın maksimum 300°C olmasındandır. Daha sonrasında parçalar standart dizel içerisinde kısa bir süre bekletilmiştir. Bu aşamada amaç meme için izin verilen maksimum sıcaklık olan 300 °C'ye memeleri çıkartıp tam yük durumuna benzer bir durum oluşturmaktır. Sonrasında sıcaklık yoğuşma sıcaklığı olan 100 °C'ye kadar düşürülüp buharlaşan ortam gazlarının yoğuşması sağlanmaya çalışılmıştır.
- Dizel yakıt içerisinde kısa bir süre bekletilen parçalar iyice yıkanıp yüzeyinde herhangi bir yağlayıcı olmadığından emin olunduktan sonra 1. meme 2 gün süre ile 2. meme 7 gün süre ile oda sıcaklığında bekletilmiştir. Burada amaç zamana bağlı olarak korozyonun yoğunluğunda olabilecek değişiklikleri incelemektir.

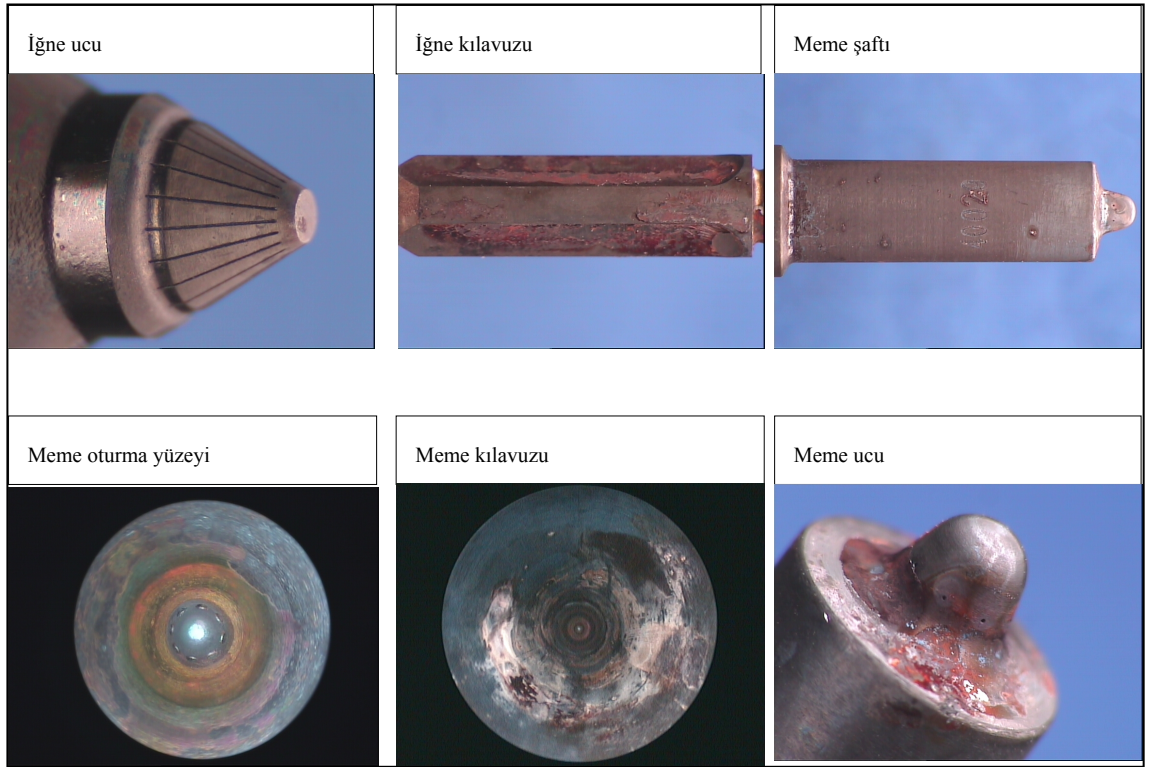
Parçaların korozyona uğratılması esnasında kullanılan yakıt ile ilgili temel bilgiler aşağıda verilmiştir;

Yoğunluk (15 °C)	: 0,831655 g/cm ³	[0,82-0,86 g/ cm ³]
Viskozite (40 °C)	: 2,64 mm ² /sn	[2,0-4,5 mm ² /sn]
Partikül Miktarı(0,8µm)	: 6,65 mg/kg	[maksimum 24 mg/kg]

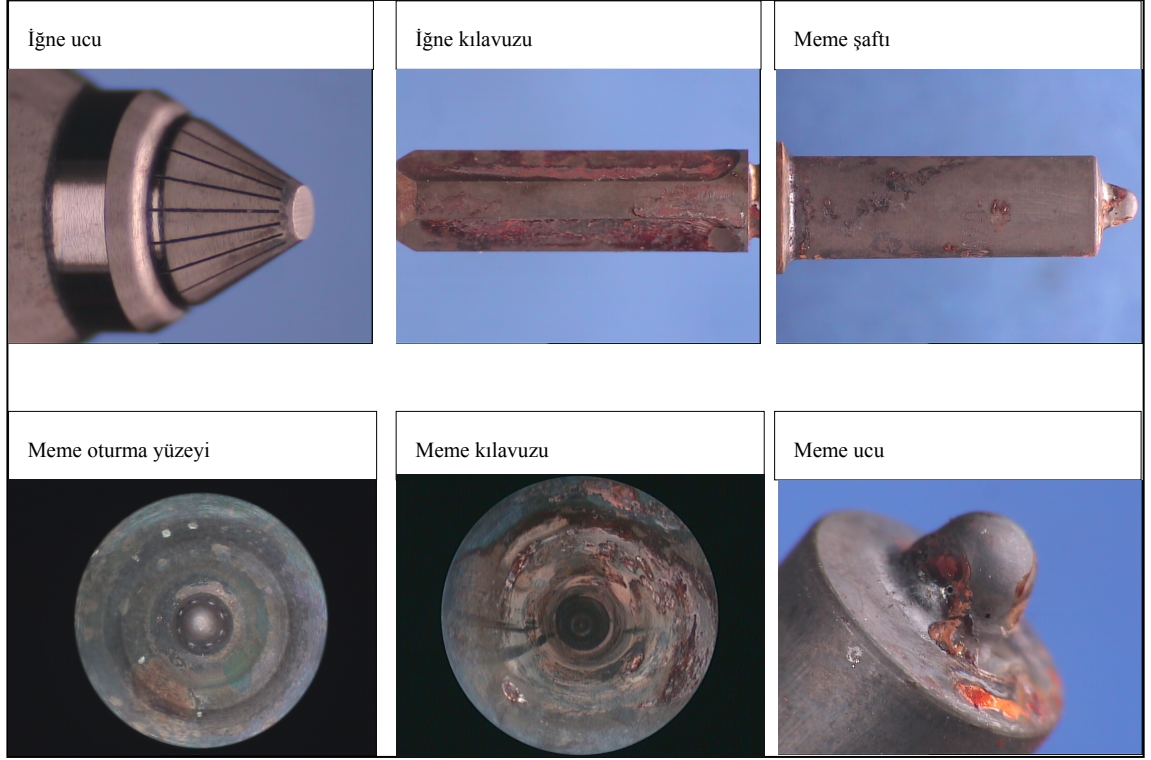
Su Miktarı	: 39 mg/kg	[maksimum 200mg/kg]
Ateş Alma Noktası	: 70 °C	[>51 °C]

6.7. Korozyon Sonrası Memenin Tüm Standart Bölgelerinin Resmedilmesi

Korozyon sonrasında meme parçasının nasıl bir etkiye maruz kaldığı Şekil 6.6 ve 6.7'de gösterilmiştir. Standart resimler çekilerek Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te gösterilen ilk hal ile farklar gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 6.6: 1. Memenin korozyon sonrası meme ve iğne genel resimleri

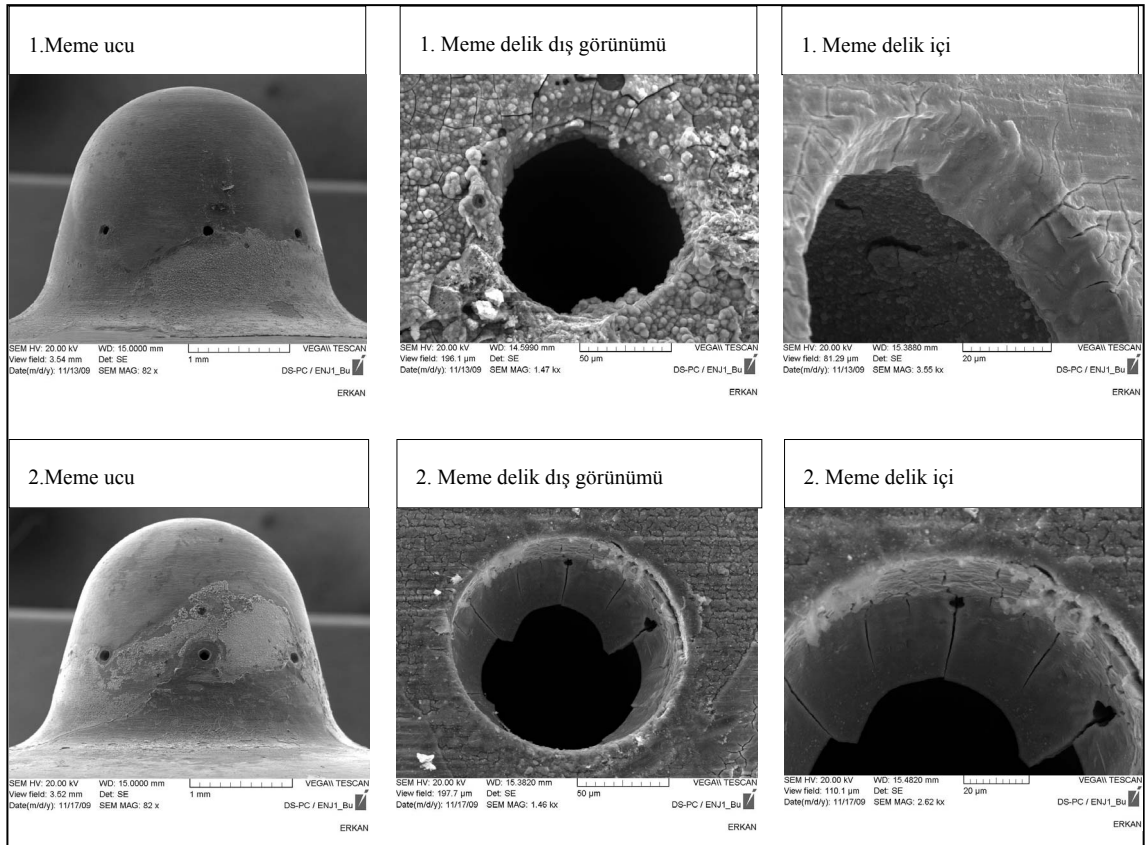


Şekil 6.7: 2. Memenin korozyon sonrası meme ve iğne genel resimleri

Resimlerden de anlaşılacağı üzere meme parçasının her bir bölgesinde korozyon oluşumları meydana gelmiştir. Korozyon sonrası malzeme üzerinde meydana gelen oluşumlar pas olarak tanımlanan oluşumlardır. Bu oluşumları Şekil 6.6 ve 6.7’de meme ucunda, iğne ve gövde kılavuzunda, meme shaftında ve iğne ile meme oturma yüzeyinde görebilmekteyiz. Bu oluşumların temizlenmesinden sonra malzeme yüzeyinde çukurcukların meydana geldiği görülmektedir. Meme fonksiyonunu etkileyecek bölgeler içerisinde püskürtme delikleri bu bölgeden geçecek akışkan miktarı açısından, iğne ve gövde oturma yüzeyleri sızdırmazlık açısından, kılavuz gölgesi de hem geri tahliye hem de iğnenin serbest hareketi yüzünden önemlidir.

6.8. Korozyon Sonrası SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile Meme Ucu ve Dışarıdan Delik İçlerinin Görüntülenmesi

Korozyona uğratılmış memelerin kritik bölgelerinden olan meme ucu ve püskürtme deliğinin giriş kısımlarının resimleri Şekil 6.8’de gösterilmiştir. Özellikle püskürtme deliklerinin içinde ve giriş kısmında meydana gelen korozyon oluşumları SEM fotoğraflarında bariz bir şekilde görülmektedir. Bu da püskürtme değerlerini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Resimlerde de görüldüğü üzere delik içlerinde daralmalar meydana gelmiştir. Gerçek kullanımda delikler korozyondan dolayı daralmaya sebep olmamaktadır. Nedeni ise sistemin sürekli olarak yüksek basınçta çalışması sonucunda birikintilerin delik içlerinde tutunamamasıdır. Fakat sistem yüksek basınçta çalışıyor olmasına rağmen yanma ürünleri yani kurum birikintileri delik içerisinde görülebilmektedir.

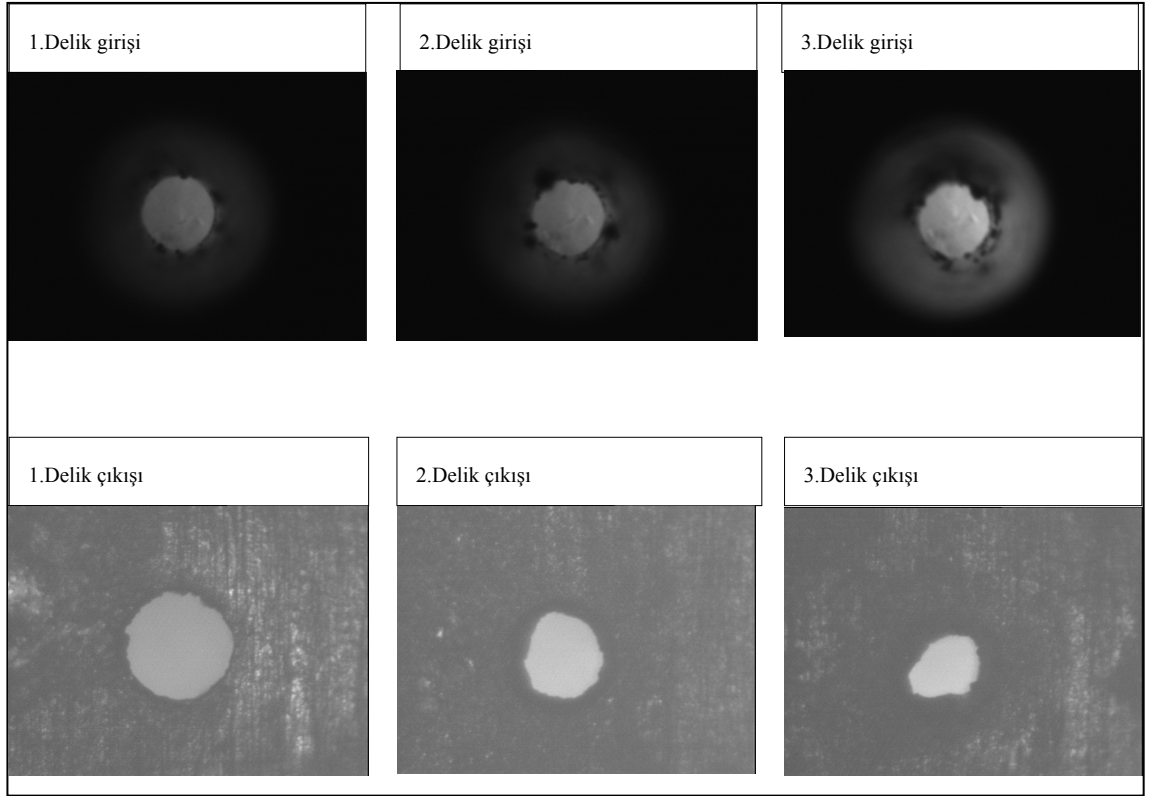


Şekil 6.8: Korozyon sonrası meme ucu ve delik içi SEM fotoğrafları

Şekillerin altındaki cetvel tarzındaki ölçek uzunluk olarak ne kadar bir uzunluğun hangi değere karşılık geldiğini göstermektedir. Meme uçlarını gösteren resimlerde ölçek uzunluğu 1 mm'yi göstermektedir. Delik resimlerinde ise 50µm ve 20 µm'lik uzunluk ölçekleri kullanılmıştır.

6.9. Korozyon Sonrası Püskürtme Deliklerinin Formu

Meme üzerisindeki delik sayısı memenin tipine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan memeler 8 adet deliğe sahiptir. Bu deliklerin iç kısımlarındaki korozyon oluşumundan (birikintilerinden) kaynaklı daralmalar mevcuttur. Bu daralmaları göstermek için 3 adet örnek teşkil edebilecek deliği giriş ve çıkış kısımlarından Şekil 6.9'da görebilirsiniz. Şekil 6.9'da sadece 1. memenin delik resimlerini konulmuştur. 2. memenin delik formları 1. memeninkine benzer şekildedir. Konulan delikler en fazla korozyon birikintisine maruz kalmış deliklerdendir. Delik girişi derken demek istenilen meme içerisinden yakıtın deliğe girdiği kısım kastedilmektedir. Delik çıkışı derken püskürtme deliğinin dışarıdan çekilen resmi kastedilmiştir.



Şekil 6.9: Korozyon sonrası delik formu (1. meme)

6.10. Korozyon Sonrası Memenin Püskürtme Değeri Ölçümünün Yapılması

Korozyon sonrası Şekil 6.8 ve Şekil 6.9'da görüldüğü üzere püskürtme deliklerinde korozyon birikintilerinden dolayı daralma meydana gelmektedir. Bu da Tablo 6.3'te görüldüğü üzere memenin püskürtme değerlerinde düşüğe sebep olmaktadır. Bu birikintilerin altında korozyon çukurcukları mevcuttur. Bu birikintiler temizleninceye kadar bu çukurcuklar görülmemektedir. Korozyon birikintileri temizlendikten sonra delik çaplarında genişlemeler ve püskürtme değerlerinde artışlar meydana gelmektedir. Gerçek hayatta korozyonun genişlemeye sebep olan bir etkisi vardır. Korozyon sonrası meydana gelen birikintiler yüksek basınçla kaybolmakta ve birikintiler altındaki oyuklar ortaya çıkmaktadır. Bu da deliklerde genişlemeye ve de püskürtme değerlerinde artışa sebep olmaktadır.

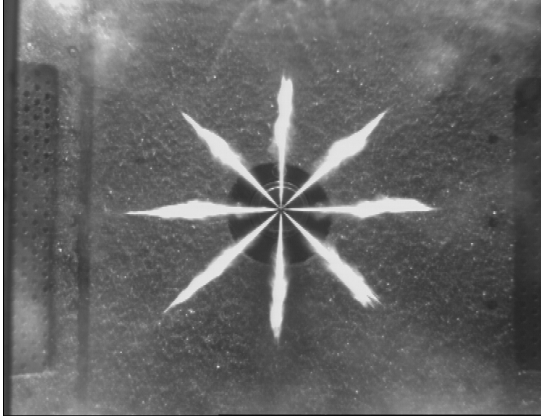
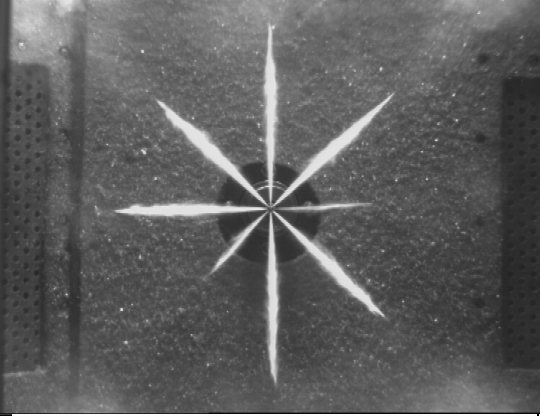
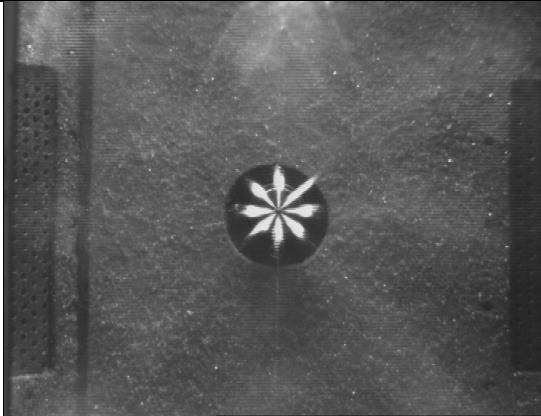
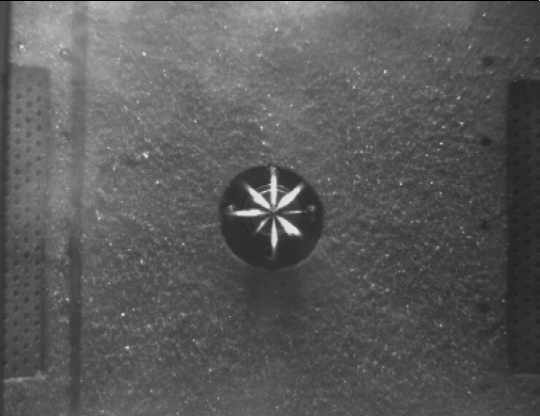
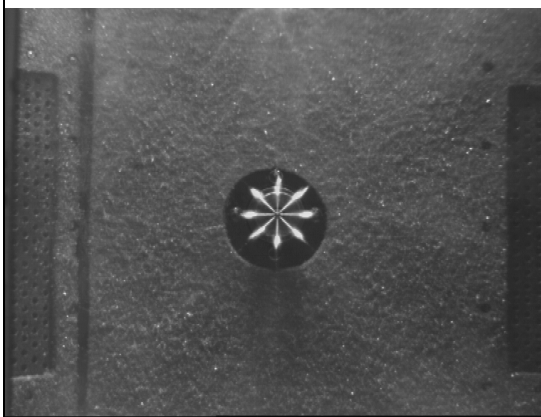
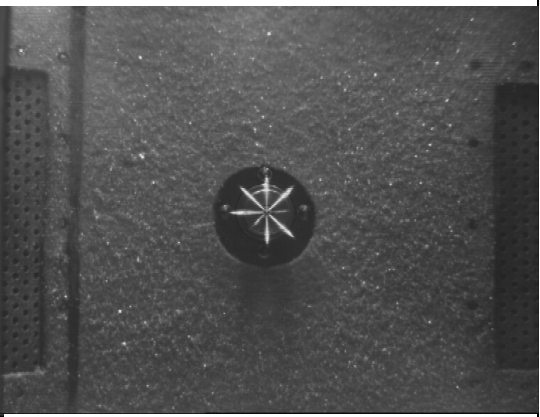
Tablo 6.3: Korozyon sonrası meme parçasının püskürtme değerleri

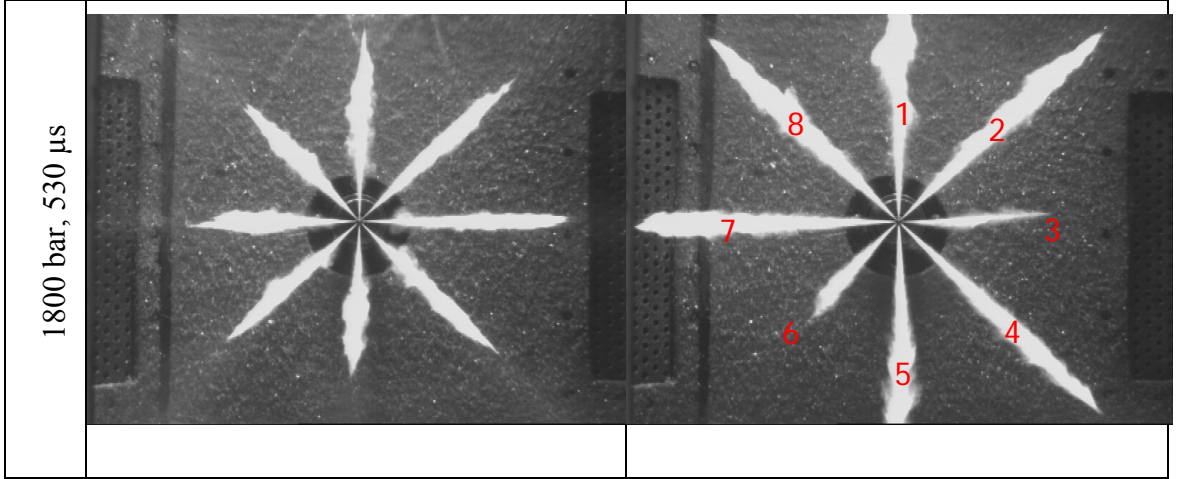
Meme Püskürtme Değerleri	1. Meme	2. Meme
[cm ³ /100bar/30sn]	541	584

Tablo 6.2’de verilen püskürtme değerleri ile Tablo 6.3’te verilen püskürtme değerleri arasındaki fark bariz bir şekilde görülmektedir. Yüzdeler olarak 1. memede yaklaşık %31, 2. memede yaklaşık %26 oranında püskürtme değerlerinde düşüş yaşanmıştır. (Orijinal değerleri; 1.meme:789[cm³/100bar/30sn], 2.meme:792[cm³/100bar/30sn])

6.11. Korozyona Uğratılmış Memelerin Püskürtme Resimlerinin Çekilmesi

Korozyon sonrası püskürtme deliklerinde meydana gelen birikintilerden dolayı Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da görüldüğü üzere püskürtme geometrilerinde bozulmalar meydana gelmiştir. İdeal form Şekil 6.2’de görülmektedir. Karşılaştırıldığında memelerin az ve düzensiz püskürttüğü görülmektedir. 1. meme ile 2. meme kendi aralarında karşılaştırılırsa daha uzun süre korozyona maruz kalan 2. memenin püskürtme dağılımının daha düzensiz olduğu Şekil 6.10’da görülmektedir.

	1. Meme	2. Meme
800 bar, 475 μ s		
1200 bar, 180 μ s		
250 bar, 545 μ s		



Şekil 6.10: Korozyona uğramış memelerin püskürtme resimleri

Delikleri numaralandıracak olursak 2. memenin 1800bar, 530 μ s deki püskürtme resmi üzerinde 3. ve 6. deliklerin daralmadan dolayı daha az püskürttükleri görülmektedir. Bu tarz değerlendirmeler başka basınçta da yapılabilir. Genel bir yorum olarak her iki memenin farklı basınçlarda deliklerindeki daralmalar püskürtme resimlerinden tespit edilebilmektedir.

6.12. Korozyon Sonrası Farklı Basınç ve Zaman Aralıklarında Enjektörlerin Püskürtme Miktarlarının Tespiti

Memeler korozyona uğratılıp çeşitli ölçümleri yapıldıktan sonra tekrar enjektörlere monte edilmiştir. Korozyonlu memelerin kullanıldığı enjektörlerin farklı basınç ve zaman aralıklarında püskürtme miktarlarındaki değişim incelenmiştir.

Tablo 6.4: Korozyonlu meme kullanılan enjektörlerin püskürtme değerleri

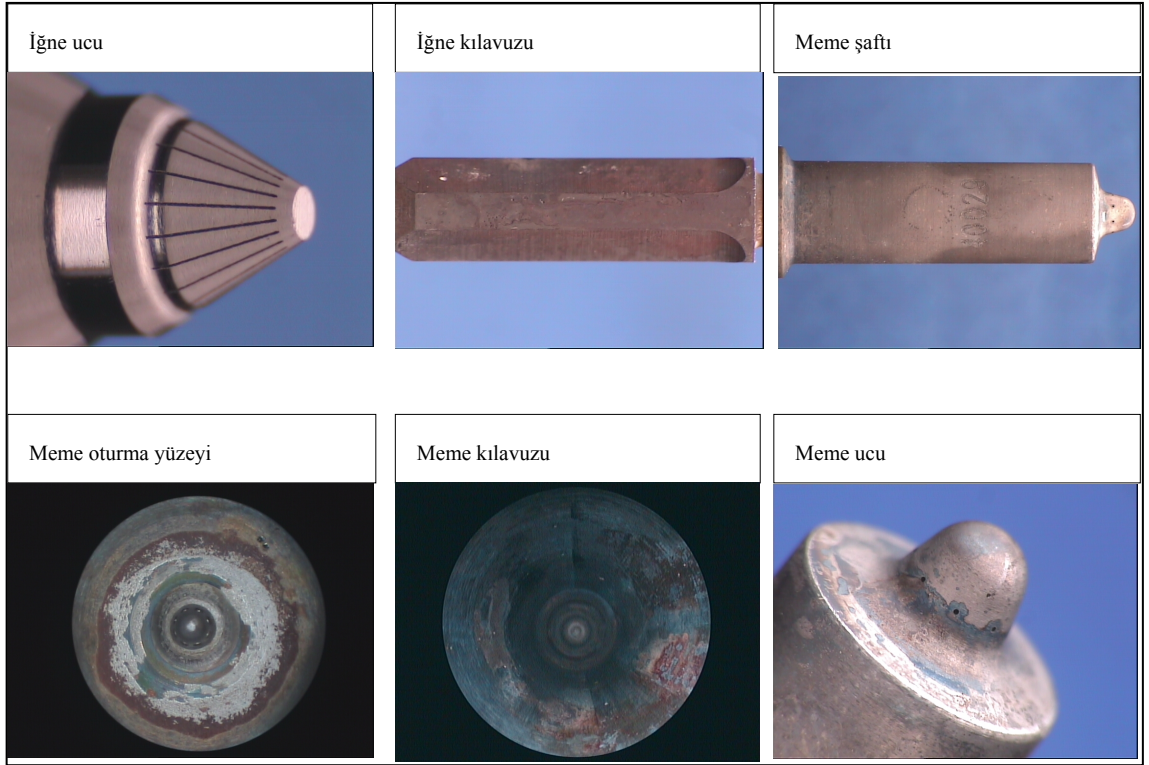
Enjektör numarası	Püskürtme miktarları			
	800 bar	1200 bar	250 bar	1800 bar
	475 μ s	180 μ s	545 μ s	530 μ s
	mm ³ /E	mm ³ /E	mm ³ /E	mm ³ /E
1	24,67 (ilk hal 19,91)	7,10 (ilk hal 2,48)	9,07 (ilk hal 6,96)	54,26 (ilk hal 49,28)
2	20,57 (ilk hal 20,07)	2,74 (ilk hal 2,48)	7,02 (ilk hal 7,14)	48,13 (ilk hal 49,33)

(mm³/E: Elektriklenme süresi boyunca mm³ olarak püskürtülen miktar)

Enjektörlerin farklı basınç ve zaman aralıklarındaki püskürtme değerlerine Tablo 6.4'ten bakıldığında her iki memenin de değerlerin ideal durumdan sapmalar görülmektedir. 1. memede 2. memeden farklı olarak oturma yüzeyindeki korozyon birikintilerinden dolayı sızdırmazlık sorunu meydana gelmiştir. Bu da değerleri olması gerektiğinden bir miktar fazla göstermektedir. Yapılan incelemelerde püskürtme deliği içerisinde meydana gelen birikintiler yüksek basınçlarda miktar düşüşüne sebep olmaktadır. Bu sonucu 2. memede de görebilmekteyiz. 1800bar basınç altında 2. enjektör olması gerektiğinden daha az püskürtmüştür. Enjektörlerin püskürtme değerlerini kendi aralarında karşılaştıracak olursak daha fazla korozyona maruz bırakılan 2. enjektörün püskürtme değerleri delikler içerisindeki birikintilerden dolayı daha fazla düşmüştür. Deliklerin tıkalı olduğu Şekil 6.10'da görülebilmektedir.

6.13. Yıkama Sonrası Memelerin Tüm Standart Bölgelerinin Resmedilmesi

Enjektörlerin farklı basınç ve zamanlarda ölçümü yapıldıktan sonra meme parçası sökölüp iyice yıkanmıştır. Yıkama işlemi yapılırken parçalar 30 dakika titreşimli bir şekilde malzemeye zarar vermeyen bir kimyasal içerisinde tutulmuştur. Bu aşamada tüm korozyon birikintileri temizlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 6.11: 1. Memenin yıkama sonrası meme ve iğne genel resimleri

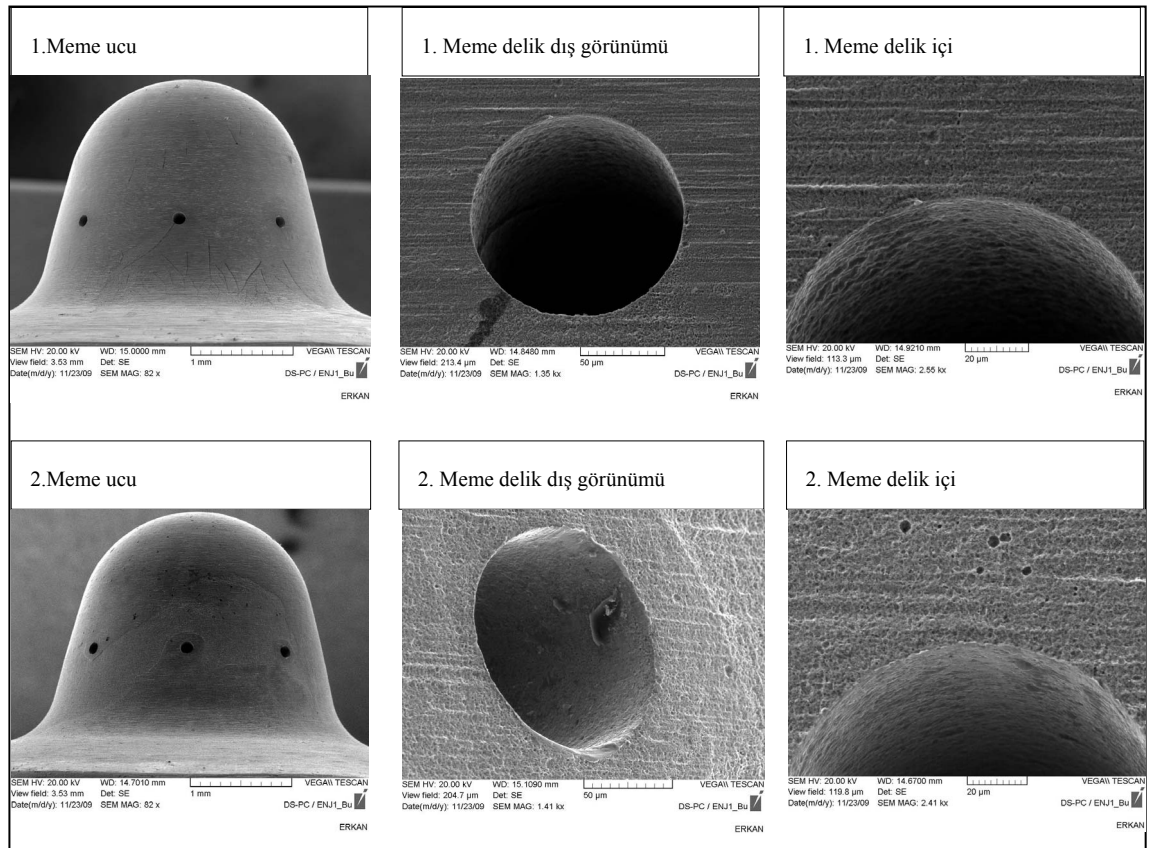


Şekil 6.12: 2. Memenin yıkama sonrası meme ve iğne genel resimleri

Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'den de görüleceği üzere korozyon birikintilerinin temizlenmesinden sonra yüzeyde korozyon çukurcukları meydana gelmiştir. Delik içlerinde meydana gelen çukurcuklar deliğin geometrisini ve haliyle püskürtme geometrisini bozacaktır.

6.14. Yıkama Sonrası SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile Meme Ucu ve Dışarıdan Delik İçlerinin Görüntülenmesi

Korozyona uğramış yüzeylerde meydana gelen korozyon çukurcukları Şekil 6.13'te görülmektedir. Bu oluşumlar hem püskürtme geometrisini hem de püskürtme miktarını etkilemektedir. Ayrıca malzeme dayanımını da azalttığı için kırılmalara veya çatlamalara sebep olmaktadır.



Şekil 6.13: Korozyon sonrası meme ucu ve delik içi SEM fotoğrafları

6.15. Yıkama sonrası memenin püskürtme değeri ölçümünün yapılması

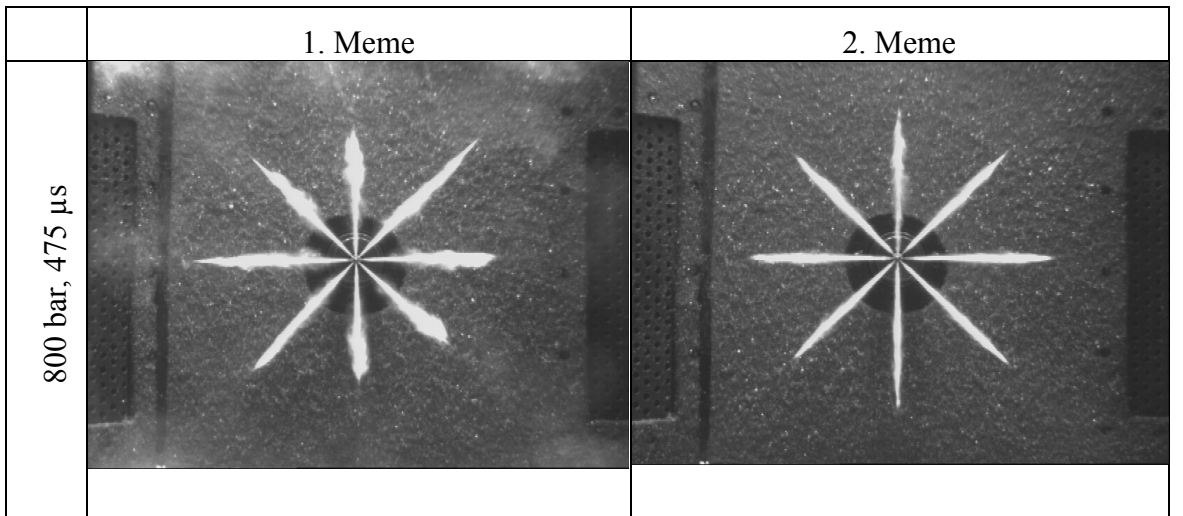
Yıkama sonrasında delik içlerinde bir genişlemenin olduğu püskürtme değerlerindeki artıştan bariz bir şekilde görülmektedir. İlk haldeki meme püskürtme değerleri ile karşılaştırılacak olunursa delik içersindeki korozyon oluşumundan dolayı bariz bir şekilde delikler genişlemiştir. Buna bağlı olarak püskürtme miktarları artmıştır. (Orijinal değerleri; 1.meme:789[cm³/100bar/30sn], 2.meme:792[cm³/100bar/30sn])

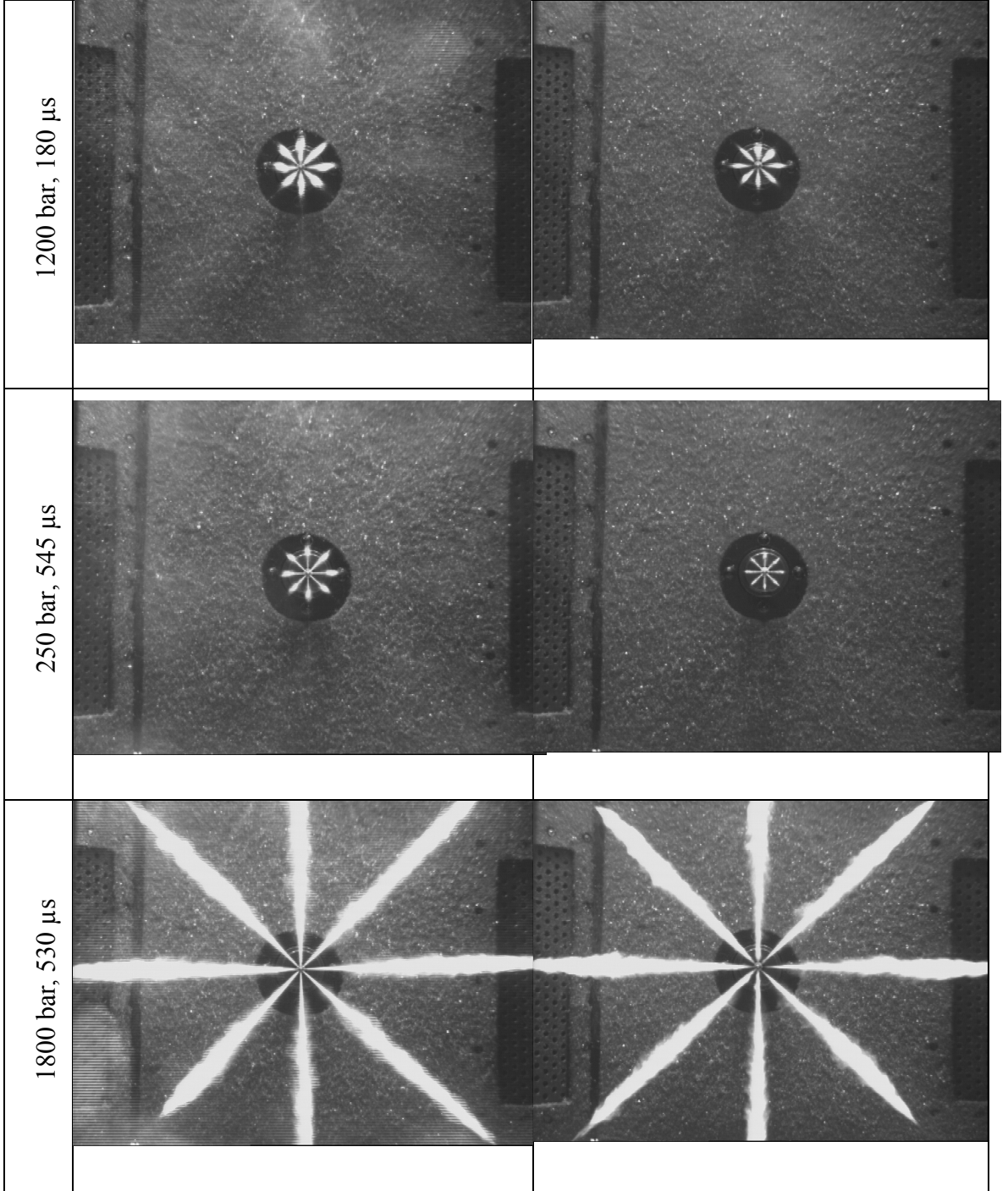
Tablo 6.5: Korozyon sonrası meme parçasının püskürtme değerleri

Meme Püskürtme Değerleri	1. Meme	2. Meme
[cm ³ /100bar/30sn]	820	837

6.16. Yıkanmış Memelerin Püskürtme Resimlerinin Çekilmesi

Memeler yıkandıktan sonra bazı ölçümler yapıp püskürtme resimlerinin çekilebilmesi için enjektörlere monte edilmiştir. Çekilen resimlerde görüldüğü kadarıyla yakıt demetinde düzensizlikler meydana gelmiştir. Bazı memeler olması gerektiğinden daha fazla püskürtürken bazıları olması gereken miktardan daha az miktarda püskürtmektedir. Az püskürtmesi delik içerisinde kalan birikintilerle açıklanabilir.





Şekil 6.14: Yıkanmış memelerin püskürtme resimleri

İstenilen performansı elde edebilmek için püskürtülen miktarın ve püskürtme geometrisinin doğru olması gerekmektedir. Bu kurala bağlı olarak memede meydana gelebilecek korozyon oluşumları motor parametrelerini etkilemektedir.

6.17. Yıkama Sonrası Farklı Basınç Ve Zaman Aralıklarında Enjektörlerin Püskürtme Miktarlarının Tespiti

Tablo 6.6’da gösterilen değerler ilk haldeki değerler ile karşılaştırılacak olursa püskürtülen değerler 2. memede artış göstermiştir. 1. memeden elde edilen değerler ilk haldeki değerlere yakındır. Fakat daha fazla korozyona maruz bırakılan ikinci memede püskürtülen miktarlarda anormal bir artış vardır.

Tablo 6.6: Yıkama sonrası enjektörlerin püskürtme değerleri

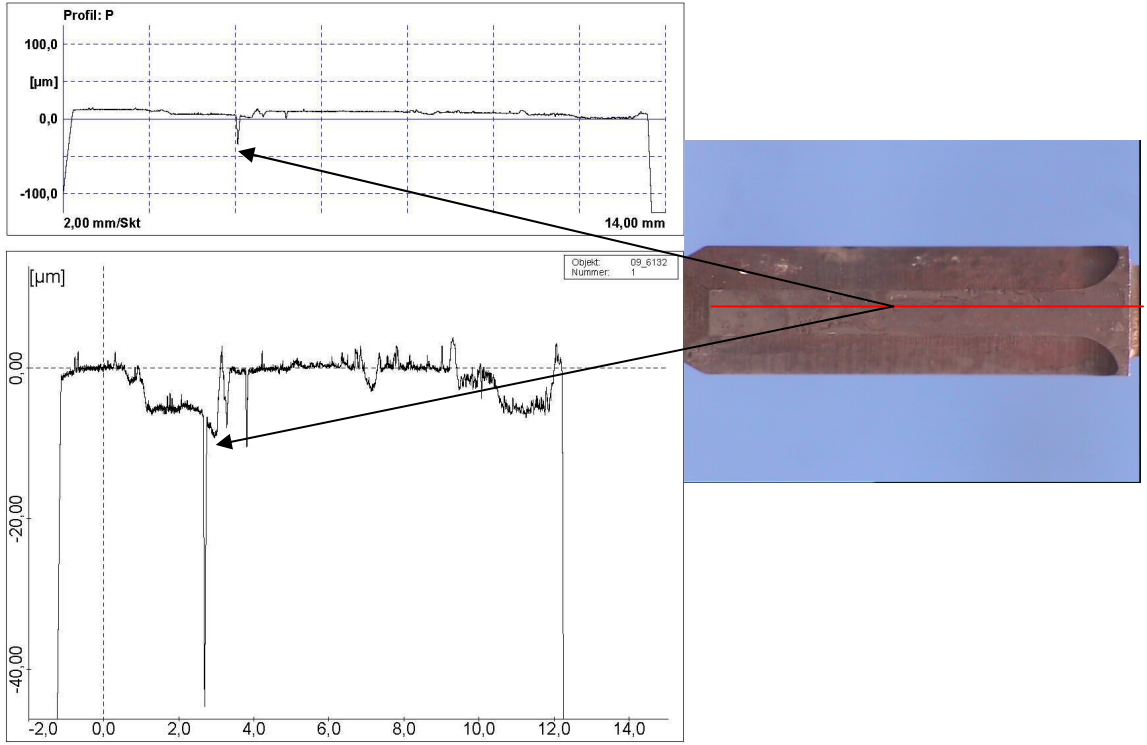
Enjektör numarası	Püskürtme miktarları			
	800 bar	1200 bar	250 bar	1800 bar
	475 μ s	180 μ s	545 μ s	530 μ s
	mm ³ /E	mm ³ /E	mm ³ /E	mm ³ /E
1	19,02 (ilk hal 19,91)	2,24 (ilk hal 2,48)	6,78 (ilk hal 6,96)	49,19 (ilk hal 49,28)
2	23,92 (ilk hal 20,07)	6,98 (ilk hal 2,48)	9,01 (ilk hal 7,14)	56,08 (ilk hal 49,33)

(mm³/E: Elektriklenme süresi boyunca mm³ olarak püskürtülen miktar)

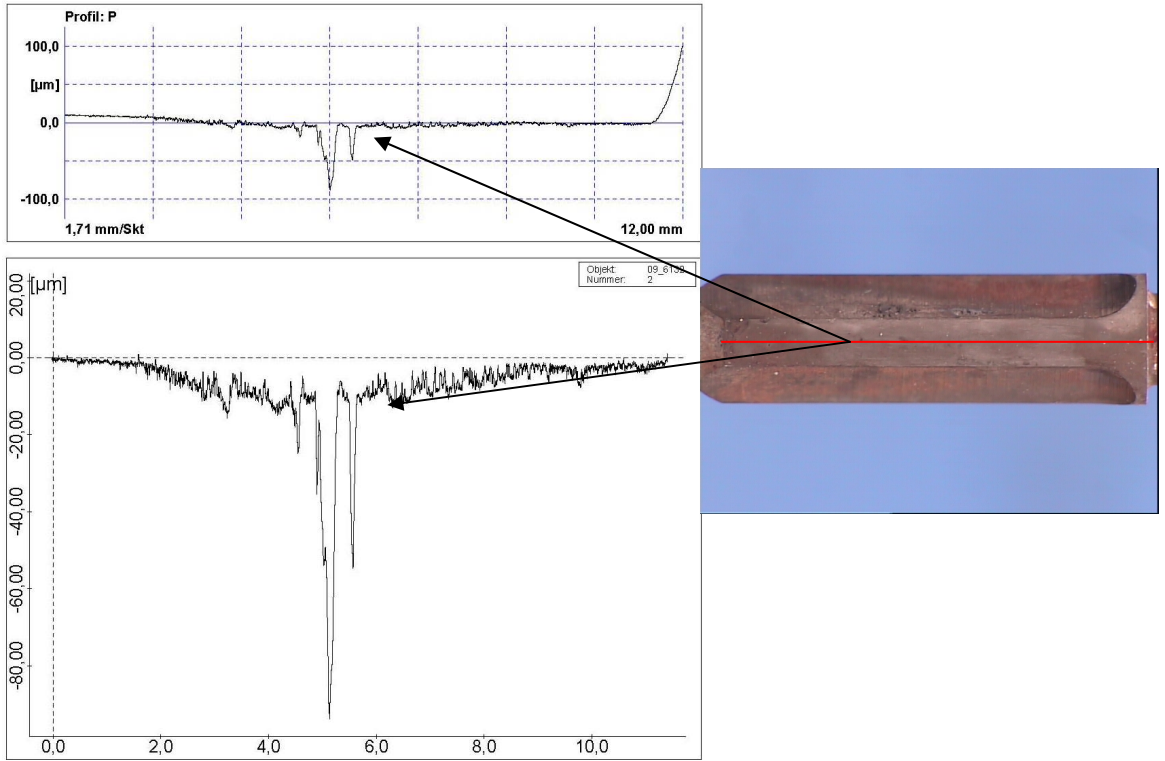
6.18. İğne kılavuz bölgesinde meydana gelen korozyonun derinliğinin ölçülmesi

Korozyonun etkileri rakamsal olarak gösterebilmek için iğne kılavuzunda meydana gelen korozyon oluşumlarının derinliği ölçülmüştür. Şekil 6.15’te görüldüğü üzere 1. memede 40 μ m’ nin üzerinde korozyon derinliği meydana gelmiştir. Şekil 6.16’da yapılan ölçüm sonucunda 2. mememim iğne kılavuzunda 80 μ m’ nin üzerinde korozyon derinliği tespit edilmiştir. Daha uzun süre korozyon maruz bırakılan 2. memede daha fazla korozyon derinliği tespit edilmiştir.

İğne kılavuz yüzeyinin hassas cihazlarla taranmasından sonra iki adet yüzey görünüşü çıkmaktadır. Aşağıdaki görüntü daha detaylı olarak yüzeyin üzerinde olan oluşumları göstermektedir.



Şekil 6.15: 1. Memenin iğne kılavuzunda korozyon derinliği



Şekil 6.16: 2. Memenin iğne kılavuzunda korozyon derinliği

Yapılan deneysel çalışmayı özetleyecek olursak memede meydana gelen korozyon oluşumları hem püskürtme geometrisini hem de püskürtme miktarını olumsuz bir biçimde etkilemektedir. Gerçek hayatta korozyon delikleri genişleten bir etki oluşturmaktadır.

Ayrıca daha fazla korozyona maruz kalan memelerde miktar olarak daha fazla püskürtme meydana geldiği görülmektedir. Bunun nedeni deliklerin korozyondan dolayı daha fazla genişlemesi olarak açıklanabilir.

Yanma olaylarının, yüksek basıncın, yüksek sıcaklıkların ve de çeşitli tepkimelerin meydana geldiği yanma odasında korozyonun yanı sıra başka negatif etkiler de meydana gelmektedir. Bunlardan bir tanesi de delik içlerinde kalıcı kurumların oluşmasıdır. Korozyonun genişlettiği delikler kurum oluşumlarından dolayı daralabilmektedir. İki negatif etki pozitif bir sonuç doğurup püskürtme değerlerinin normal seyretmesine sebep olabilmektedir.


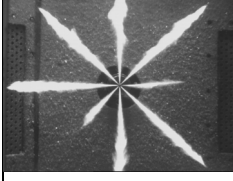
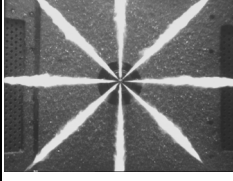
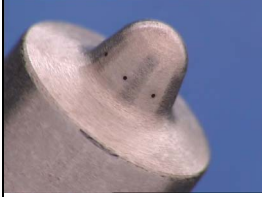


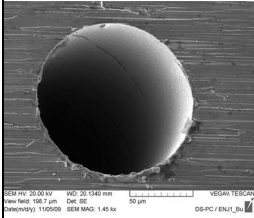
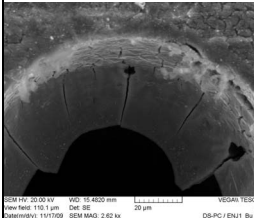
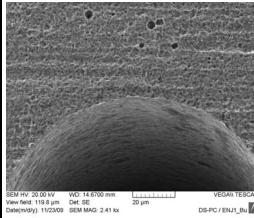
6.19. Deney Adımlarının Karşılaştırılması

Deney adımları daha önce de belirtildiği gibi her iki enjektör için 3 ana gruba ayrılmıştır. Bunlar;

- i) Üretimden hemen sonraki durum
- ii) Korozyona uğratıldıktan sonraki durum
- iii) Korozyonun temizlenmesinden sonraki durum

Bu üç durumdaki karşılaştırmalar 1. ve 2. enjektör için Tablo 6.7'de gösterilmiştir. Yapılan görsel ve rakamsal karşılaştırmalar farklılıkların bariz bir şekilde görüldüğü durumlarda ve enjektörlerde karışık olarak yapılmıştır.

Tablo 6.7: Enjektörlerin deney adımlarının karşılaştırılması

	Üretimden hemen sonraki durum	Korozyona uğratıldıktan sonraki durum	Korozyonun temizlenmesinden sonraki durum
Karşılaştırma 1: 2. enjektörün 1800 bar, 530 μ s'de püskürtme resimlerinin karşılaştırılması			
Karşılaştırma 2: 2. enjektörün 1800 bar, 530 μ s'de enjektörün püskürtme miktarlarının karşılaştırılması	49,33 mm ³ /E	48,13 mm ³ /E	56,08 mm ³ /E
Karşılaştırma 3: 1. meme ucu standart resimleri			
Karşılaştırma 4: 1. Meme Püskürtme Değerleri	789 cm ³ /100bar/30sn	541 cm ³ /100bar/30sn	820 cm ³ /100bar/30sn
Karşılaştırma 5: 2. memenin delik SEM fotoğrafları			

Karşılaştırma 1'de korozyona uğradıktan sonraki durumda püskürtme demetlerinin formlarındaki bozukluk ve küçülme görülmektedir. Yıkandıktan sonraki durumda demet büyüklüklerindeki büyüme de görülmektedir.

Karşılaştırma 2’de enjektörün tam yükteki püskürtme miktarı korozyona uğradıktan sonraki durumda delik içerisindeki korozyon birikintilerinden dolayı düşüşe geçerken yıkama sonrasında miktarda ilk değere kıyasla büyüme meydana gelmiştir. Bunun sebebi daha önce de belirtildiği üzere yıkama sonrasında deliklerdeki korozyona bağlı çukurcuklardan kaynaklı genişlemelerden kaynaklanmaktadır.

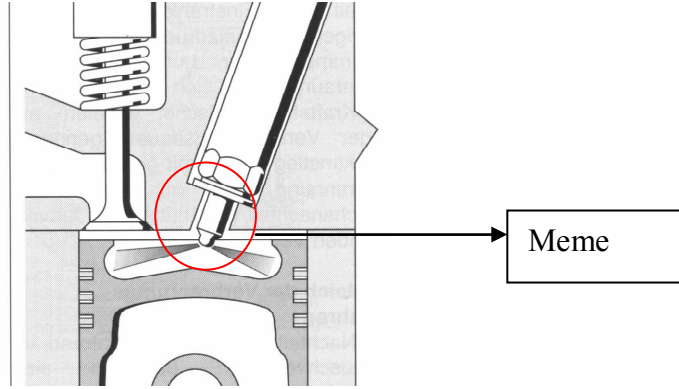
Karşılaştırma 3’de meme ucundaki korozyon (pas) oluşumu ve yıkandıktan sonraki durum resmedilmiştir.

Karşılaştırma 4’de meme püskürtme değerlerinde korozyon sonrasında bir düşüş meydana gelirken korozyon birikintilerinin temizlenip bu birikintilerin altındaki korozyon çukurcuklarının ortaya çıkması ve delik çaplarını büyütmesinden dolayı ilk değer kıyasla miktar artışı meydana gelmiştir.

Karşılaştırma 5’de ilk hal, korozyona uğramış haldeki ve de temizlendikten sonraki durumda meme püskürtme deliği SEM (taramalı elektron mikroskobu) fotoğrafları görülmektedir.

7. DİZEL CRI SİSTEMİNDE KULLANILAN ENJEKTÖR MEMESİNDE KARŞILAŞILAN KOROZYONUN İSTATİSTİKİ DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmanın amacı CRI sisteminde kullanılan enjektör memesinde karşılaşılan korozyon oluşumlarını farklı parametrelere bağlı olarak incelemektir. Şekil 7.1’de görüldüğü üzere bu parça enjektörün yanma odası içerisinde çevresindeki yüksek ısı yüküne ve kimyasal veya elektrokimyasal tepkimelere direkt maruz kalan tek parçadır.



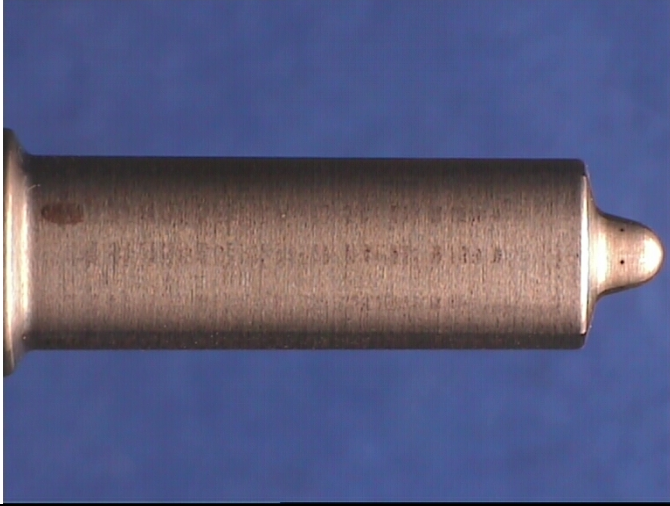
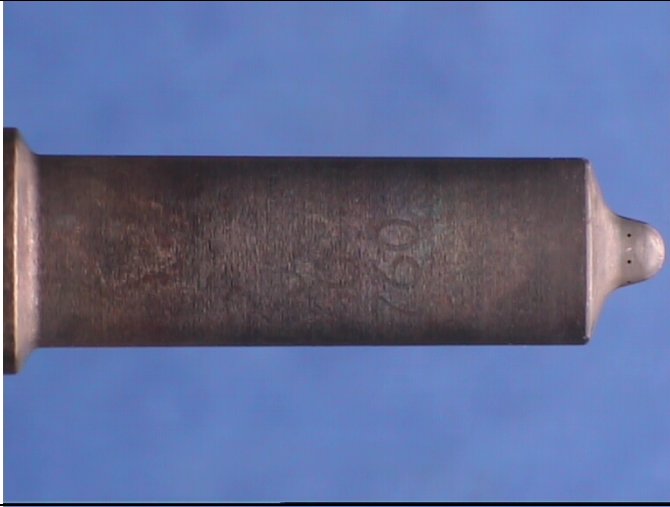

Şekil 7.1: Motor içerisinde memenin konumu


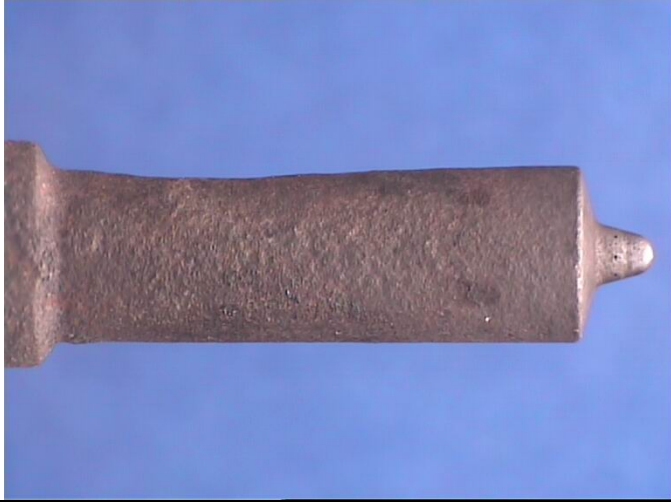
7.1. Değerlendirme Kriterleri

Analiz yapmak için ilk olarak korozyon değerlendirme seviyeleri tanımlanmıştır;

- 0 => Korozyon yok,
- 1 => Hafif korozyon,
- 2 => Orta seviye korozyon,
- 3 => Belirgin korozyon,
- 4 => Şiddetli korozyon.

Şekil 7.2’de korozyon sınıflandırmalarını gösteren örnek resimler gösterilmektedir.

	Seviye 0	Korozyon yok
	Seviye 1	Hafif korozyon
	Seviye 2	Orta seviye korozyon

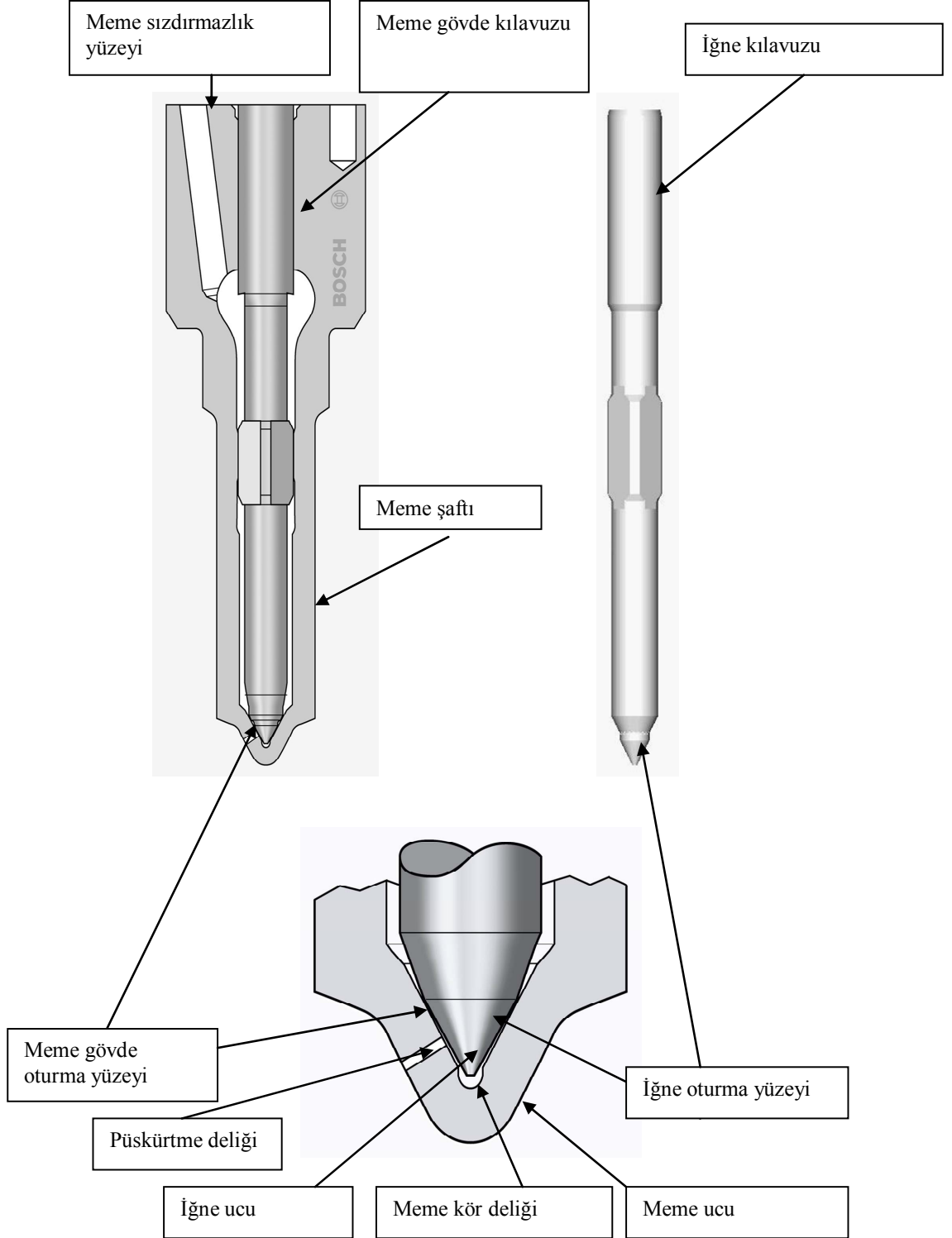
	Seviye 3	Belirgin korozyon
	Seviye 4	Şiddetli korozyon

Şekil 7.2: Korozyon sınıflandırması

Meme gövdesinde ve ucunda tespit edilen 4. seviye korozyon hasarının sebebi muhtemelen çalışma süresince maruz kalınan aşırı sınır şartları ve/veya yanma odası içerisine su karışması (örneğin soğutma suyu) olabilir. Eğer yanma odası ile meme arasındaki sıcaklık farkı çok yüksek ise sülfürik asit oluşumu düşük yükleme aralıklarında (120 °C 'nin altındaki ön püskürtme, düşük rölanti çalışma şartları) meydana gelir. Yanma sonucunda meydana gelen sülfür bileşeni suyun da ani sıcaklık düşüşleri sonrasında yoğuşması sonucunda bir araya gelerek sülfürik asiti meydana getirirler. Sülfürik asit (elektrolit) meme yüzeyinde korozyon hasarına yol açar. Korozyon oluşumu yüzey düzensizliklerinden dolayı da desteklenebilir. Uzun çalışma şartlarında memede meydana gelen korozyon oluşumu fonksiyonel ve dayanım olarak sorunlara yol açabilir.

7.2. Korozyon Oluşumunun Meydana Geldiği Bölgeler ve Bazı Korozyon Örnekleri

Şekil 7.3'de memenin ve iğnenin 10 farklı bölgesi gösterilmektedir;



Şekil 7.3: Meme ve iğne korozyon bölgeleri

Bu korozyon değerlendirmesi yaklaşık 6000 memenin Şekil 7.3’de gösterilen 10 farklı bölgesinden alınan korozyon seviye değerlendirmelerine göre yapılmıştır. Bu da 60000 defa korozyon değerlendirmesi yapıldığı anlamına gelmektedir.

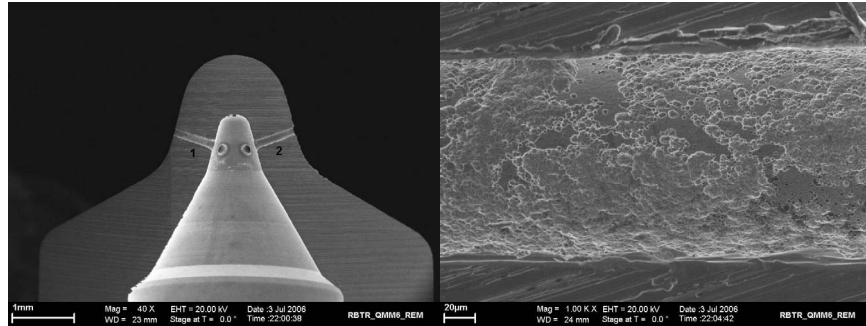
Şekil 7.4 ile Şekil 7.10 arasında Şekil 7.3’deki bazı bölgelerde tespit edilen korozyon örnekleri görülebilmektedir.



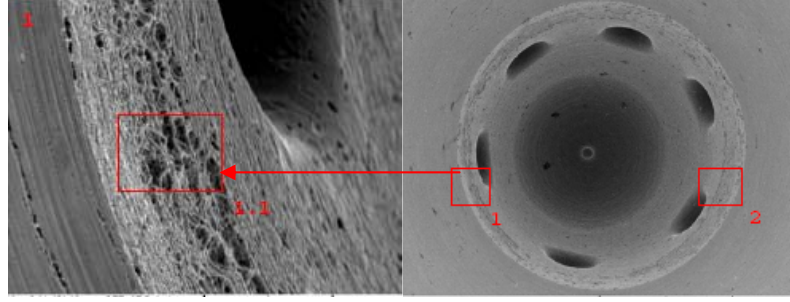
Şekil 7.4: Meme şaftında/püskürtme deliği dış kısmında korozyon



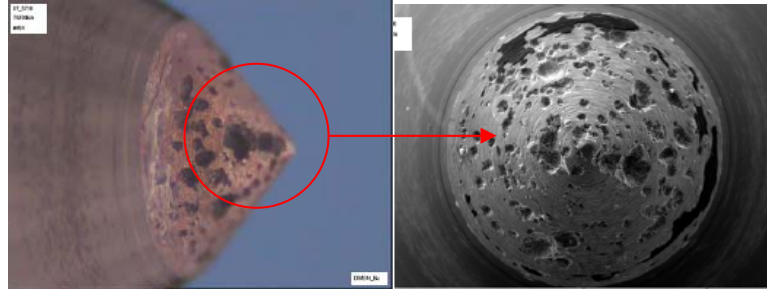
Şekil 7.5: Meme ucunda korozyon



Şekil 7.6: Püskürtme delikleri içerisinde korozyon



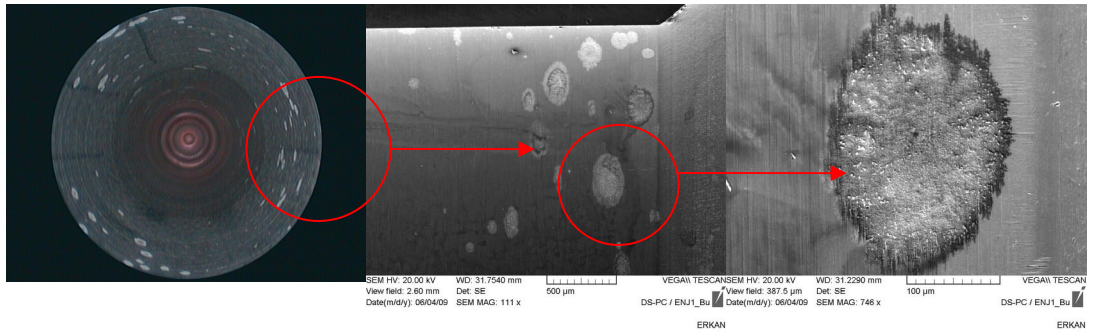
Şekil 7.7: Kör delik bölgesinde korozyon



Şekil 7.8: İğne ucunda korozyon



Şekil 7.9: İğne ucunda korozyon



Şekil 7.10: Meme kılavuz bölgesinde korozyon

7.3. İstatistikî Analiz

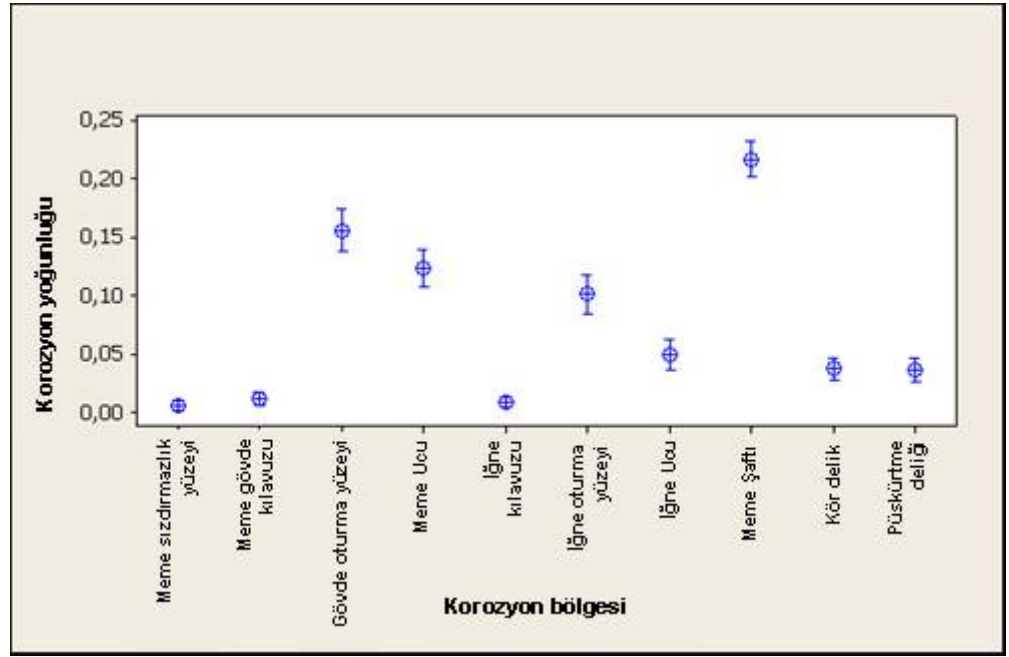
İstatistikî analiz için Minitab istatistik programı kullanılmıştır. Dataları değerlendirmek için Scatter plot, interval plot, box plot ve histogram metotları kullanılmıştır. 10 farklı bölgeye ait yaklaşık 60000 data değerlendirmeye alınmıştır.

Common Rail püskürtme sisteminde iki ana tip enjektör vardır. Bunlar CRIP ve CRIN enjektörlerdir. CRIP kelimesi “Common Rail Injector Passenger”, CRIN kelimesi ise “Common Rail Injector Nutzfahrzeug” kelimesinin baş harflerinden oluşmaktadır. CRIP enjektörleri binek araçlar için kullanılmaktadır. 3 farklı tip CRIP enjektör vardır. CRIN enjektörleri ağır vasıta araçlar için kullanılmaktadır ve 4 farklı çeşit CRIN enjektörü vardır. Memeler enjektör tiplerine ve nesle göre adlandırılır. CRIP3.x ve CRIN4.x enjektörleri son teknoloji enjektörlerdir. Piezo aktör denilen gerilim altında uzayıp kısılabilen bir malzeme bu iki farklı tip enjektörlerde kullanılmaktadır. Diğer tip ve nesil enjektörlerde magnet valf yardımı ile sistem harekete geçmektedir.

Korozyon yoğunluğu olarak adlandırılan Y eksenini 5 farklı seviyenin (4. seviye korozyon hiç tespit edilmedi) miktarlarına göre ortalamasını göstermektedir. Bu da göstermektedir ki sıfır korozyon yani korozyonun tespit edilmediği durumların sayısı diğer seviye korozyon tespit edilen örnek sayısından çok daha fazladır. Korozyon yoğunluğunun 0 ile 1 rakamları arasında olmasının sebebi bundandır.

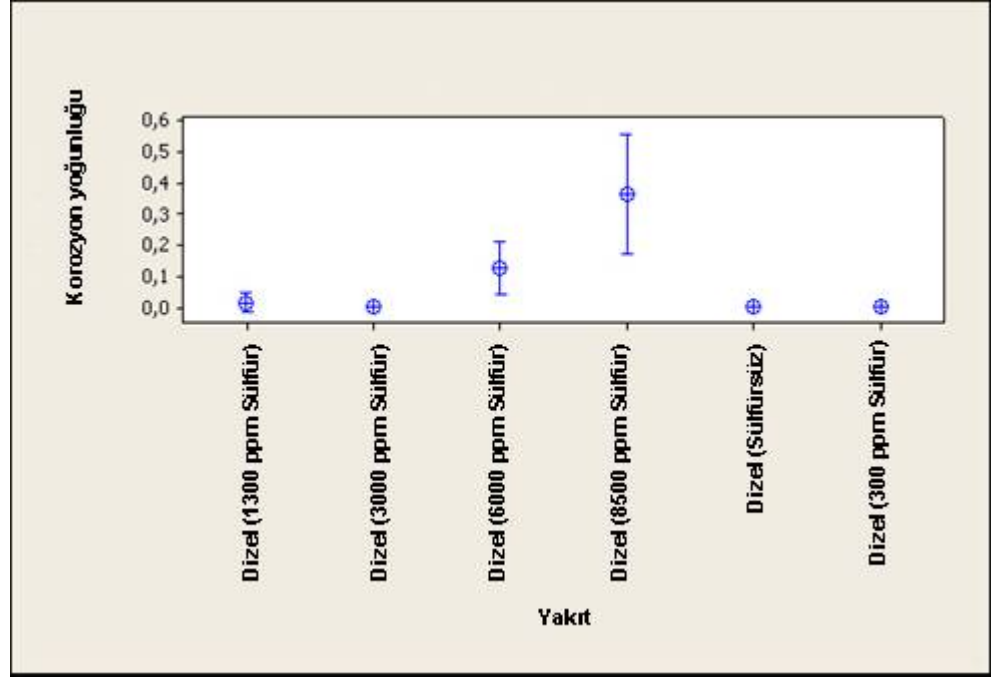
CRIN ve CRIP enjektör memelerinde korozyonun maruz kaldığı meme bölgeleri ile korozyon yoğunluğu arasındaki ilişki Şekil 7.11’de gösterilmiştir. Korozyon seviyesi memenin yanma odası tarafında özellikle meme shaftı ve ucunda diğer bölgelere kıyasla daha yüksek görülmektedir. Memenin bu bölgeleri enjektörün yanma odası içerisinde çevresindeki yüksek ısıya ve kimyasal veya elektrokimyasal tepkimelere direkt maruz kalan bölgeleridir. Daha öncesinde de belirtildiği üzere, meme gövdesinde ve ucunda tespit edilen 4. seviye korozyon hasarının sebebi muhtemelen çalışma süresince maruz kalınan aşırı sıcaklık ve/veya yanma odası içerisine su karışması (örneğin soğutma suyu) olabilir. Eğer yanma odası ile meme arasındaki sıcaklık farkı çok yüksek ise sülfürik asit oluşumu düşük yüklemelerinde (120 °C ‘nin altındaki ön

püskürtme, düşük rölanti çalışma şartları) meydana gelir. Yanma sonucunda meydana gelen sülfür bileşeni suyun da ani sıcaklık düşüşleri sonrasında yoğunlaşması sonucunda bir araya gelerek sülfürik asiti meydana getirirler. Sülfürik asit (elektrolit) meme yüzeyinde korozyon hasarına yol açar. Korozyon oluşumu yüzey düzensizliklerinden dolayı da desteklenebilir. Uzun çalışma şartlarında memede meydana gelen korozyon oluşumu fonksiyonel ve dayanım olarak sorunlara yol açabilir.



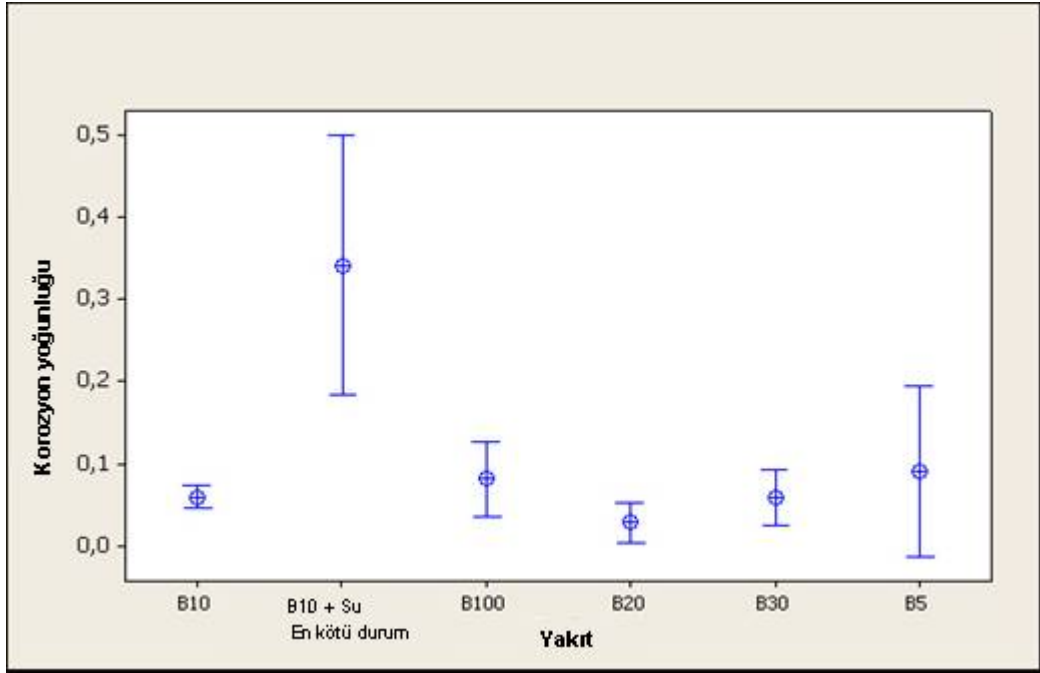
Şekil 7.11: Korozyon yoğunluğu ile meme-iğne bölgelerinin karşılaştırılması

Şekil 7.12 bize tüm CRIN ve CRIP enjektör memelerinde yakıt içerisindeki ppm olarak sülfür miktarı ile korozyon yoğunluğu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Korozyon seviyesi yakıt içerisindeki sülfür miktarının artması ile artmaktadır. Dizel yakıtının içerisindeki sülfür bileşeni birkaç reaksiyon sonrasında sülfürik aside dönüşerek parça üzerinde korozyon hasarına yol açmaktadır.



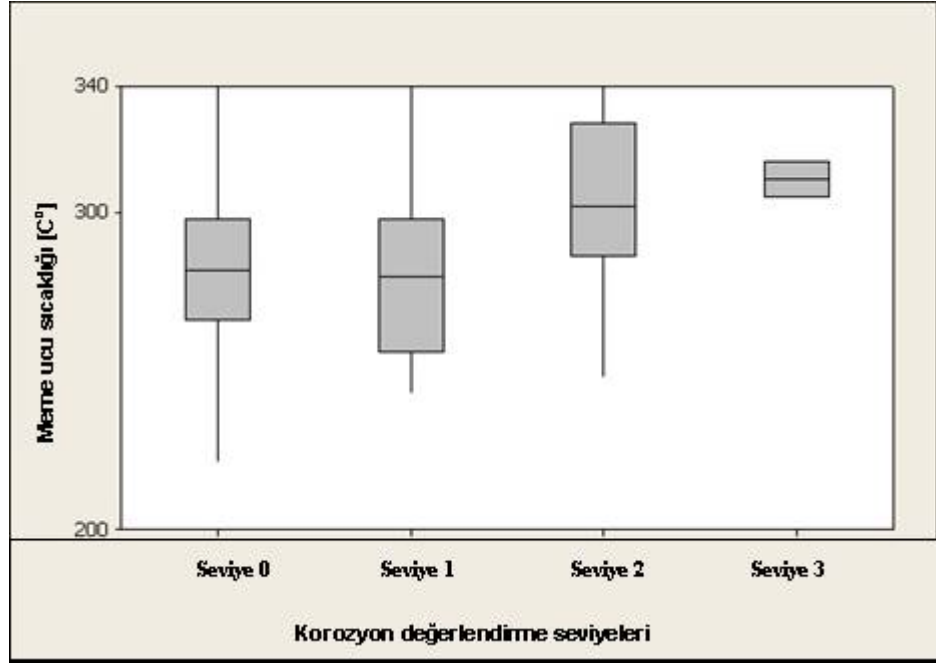
Şekil 7.12: Yakıttaki sülfür (kükürt) miktarı – Korozyon yoğunluğu

Biodizelin korozif doğası ham halden işlendikten sonra saf halini kaybetmesinden veya esteri üreten çeşitli reaksiyonlara girdikten sonra ortaya çıkabilir. Bundan dolayı doğru reaksiyonlar altında emilmiş su bir kısım esteri tekrar yağ asidine ve metanole dönüştürecektir. Meydana gelen asit metalle tepkimeye girerek korozyon hasarına sebebiyet vermektedir. Şekil 7.13'e göre biodizel içerisindeki su korozyon seviyesini arttırmaktadır.



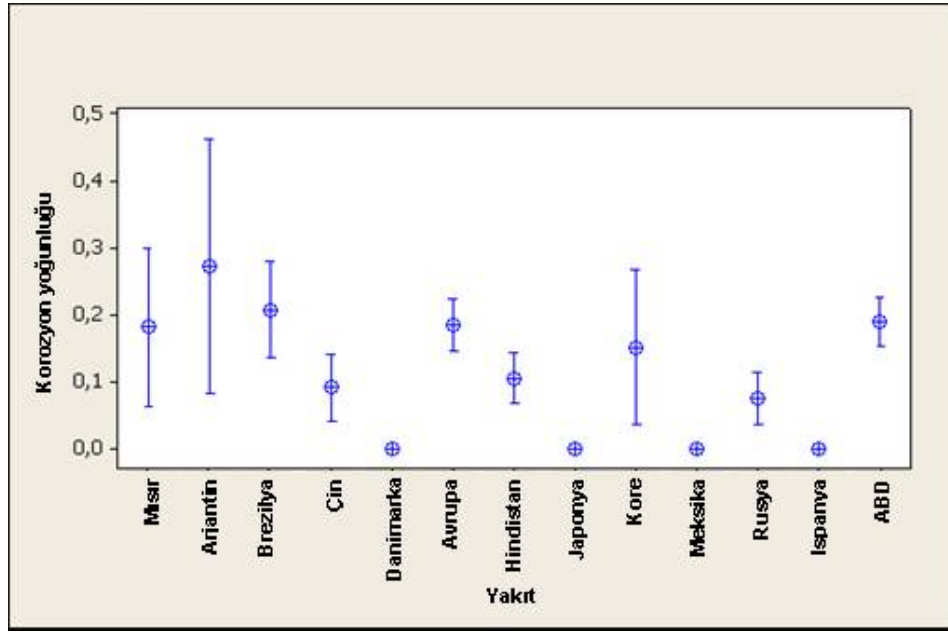
Şekil 7.13: Biodizel tipi – Korozyon yoğunluğu

Şekil 7.14 bize tüm CRI sistemindeki meme sıcaklığı ile korozyon yoğunluğu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Korozyon yoğunluğu yanma odası sıcaklığının ve buna bağlı olarak malzeme sıcaklığının artması ile artmaktadır. Yüksek sıcaklıkta (yüksek ısı ortam) sıcak gazların bileşik oluşturup metal yüzeyine çökmesi metal üzerindeki deformasyonu ivmelendirici bir etki yapmaktadır. Birçok farklı korozyon olayı çöken çökeltinin türevleri ile ilişkilidir.



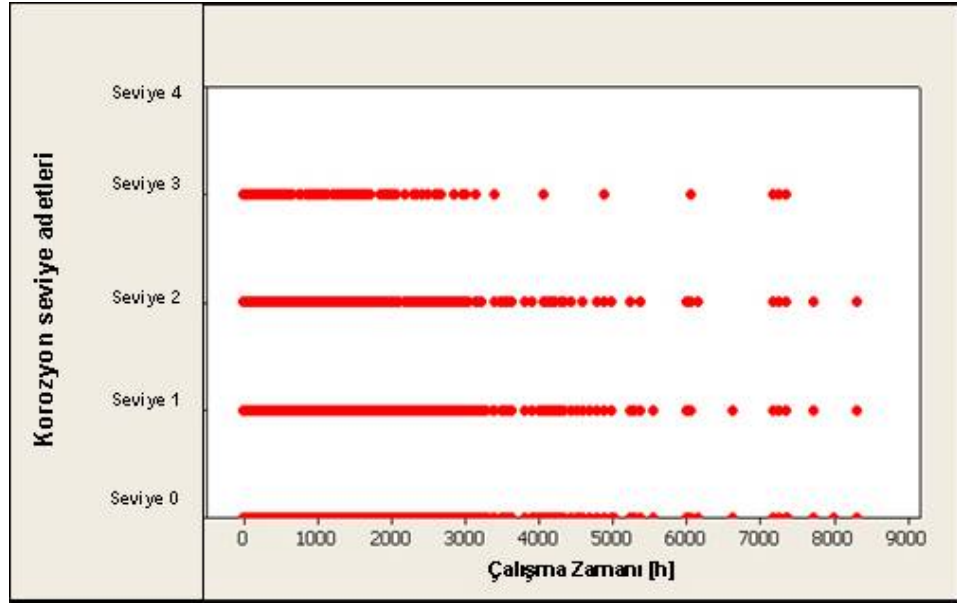
Şekil 7.14: Sıcaklık – Korozyon karşılaştırması
(4. seviye korozyon bulunmamaktadır.)

Şekil 7.15 bize tüm CRIN ve CRIP enjektör memelerinde farklı ülkelerde kullanılan dizel yakıtı ile korozyon yoğunluğu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Arjantin’de kullanılan yakıttan kaynaklı meydana gelen korozyon oluşumu diğer ülkelere oranla daha fazladır. Kirli yakıt, yakıt içerisindeki sülfür miktarı, yakıt içerisindeki çözünmüş su vb. korozyonu tetikleyici rol oynar.



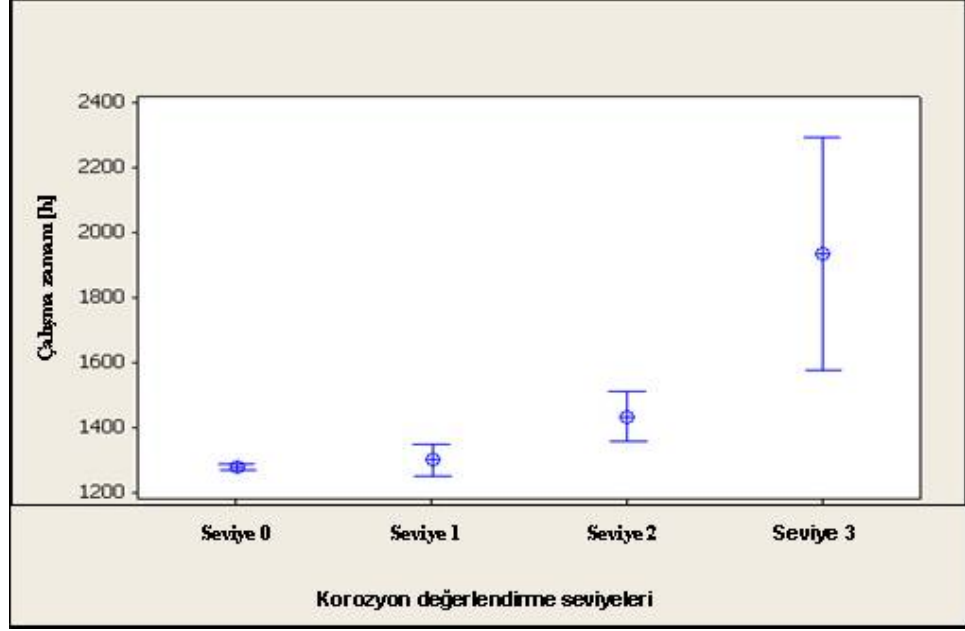
Şekil 7.15: Farklı ülkelerdeki dizel yakıtı – Korozyon yoğunluğu

Şekil 7.16’da 5 farklı seviyeye bölünen veri adetleri görülmektedir. Seviye 0’da veri adedi diğer seviyelere oranla fazladır. 4. seviyede herhangi bir veri bulunmamaktadır. Alınan 6000 adet memenin içerisinde aşırı korozyona uğramış bir memeye ulaşılamamıştır. Bu durum, bu seviyede bir korozyon hasarının çok nadir durumlarda meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca korozyondan korunma yöntemlerinin etkili olduğunu da bu grafikten görebilmekteyiz.



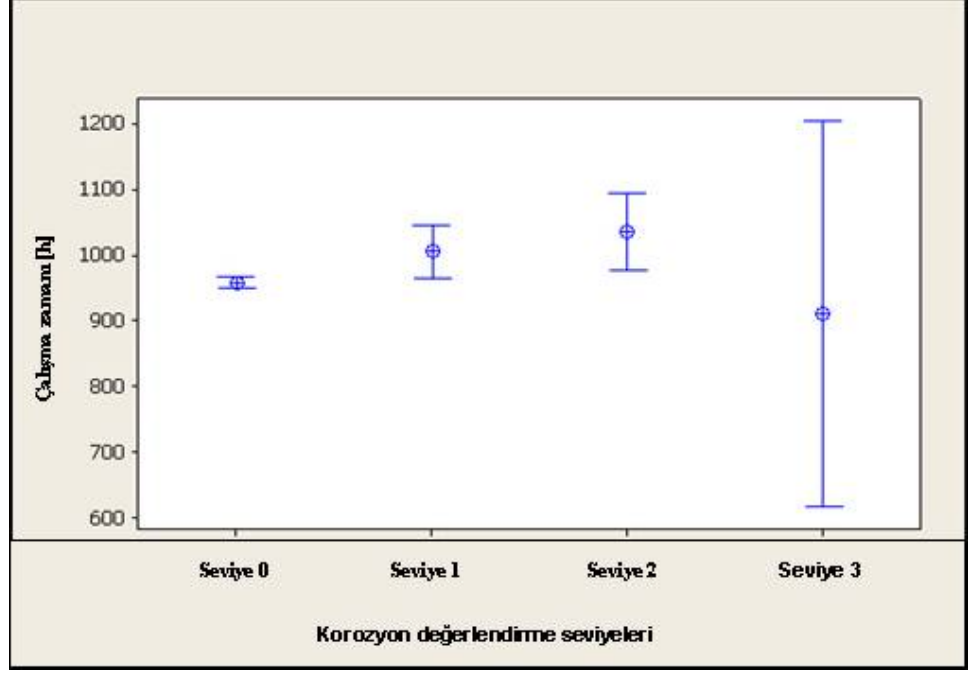
Şekil 7.16: Korozyon seviyelerine ve zamana bağlı örneklem dağılımları.
(4. seviye korozyon bulunmamaktadır.)

Şekil 7.17 bize tüm CRI sistemlerindeki korozyon yoğunluğu ile çalışma zamanı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Korozyon seviyesinin çalışma zamanının artmasıyla arttığı görülmektedir. Zamanla meme parçası korozyon saldırısına uğrayacaktır. Bu nedenle yüksek seviye korozyon hasarını yüksek çalışma zamanlarında görebilmekteyiz.

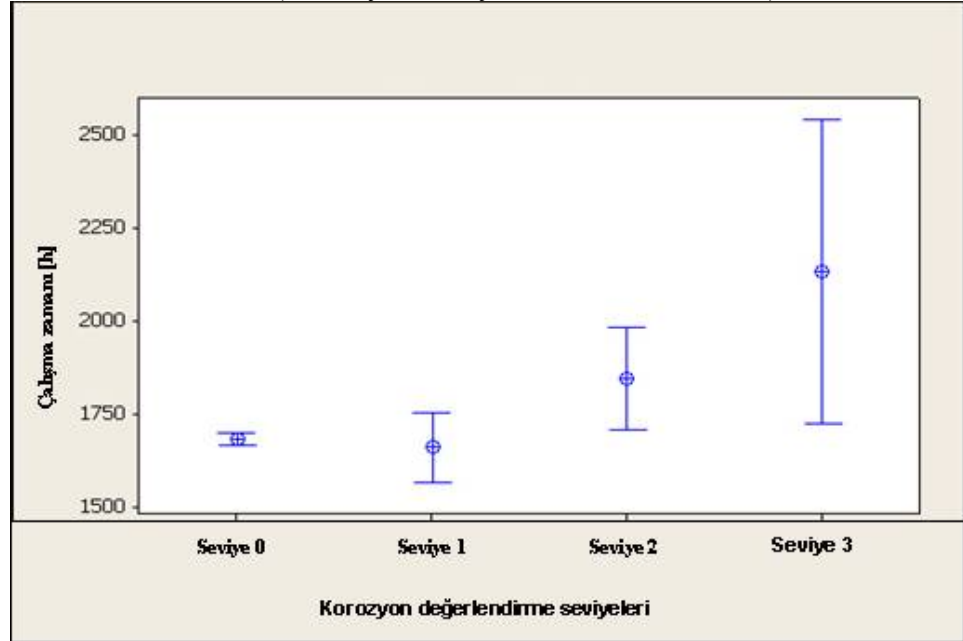


Şekil 7.17: CRIN+CRIP Korozyon – Çalışma zamanı karşılaştırılması
(4. seviye korozyon bulunmamaktadır.)

Korozyon – Çalışma zamanı karşılaştırması CRIP ve CRIN için sırasıyla Şekil 7.18 ve Şekil 7.19’da gösterilmektedir. Her iki grafikte de korozyon etkisinin zamanla arttığı görülmektedir.

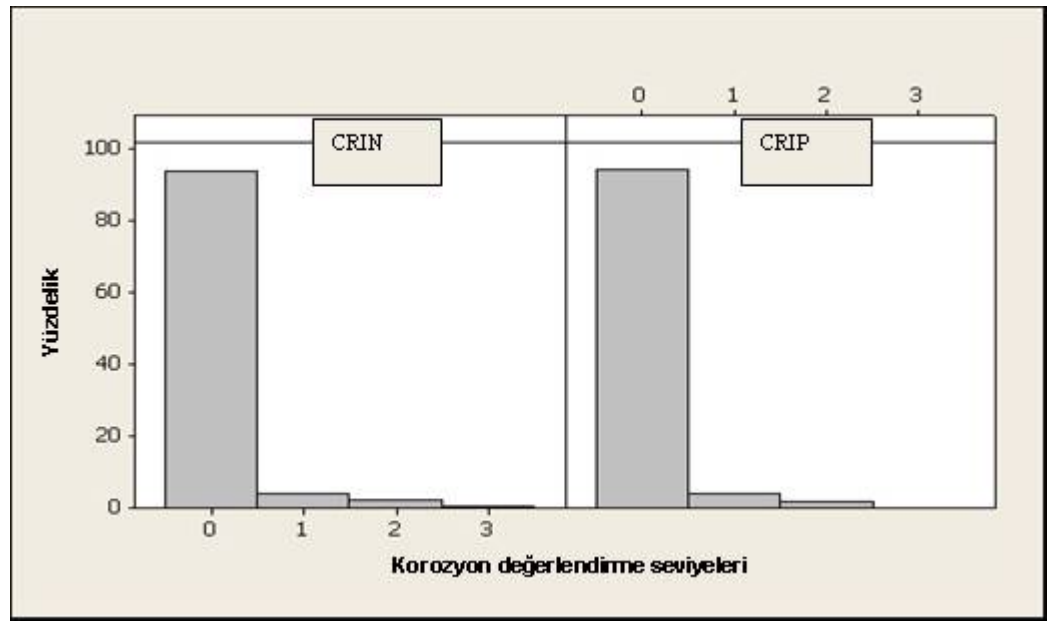


Şekil 7.18: CRIP Korozyon – Çalışma zamanı karşılaştırması
(4. seviye korozyon bulunmamaktadır.)



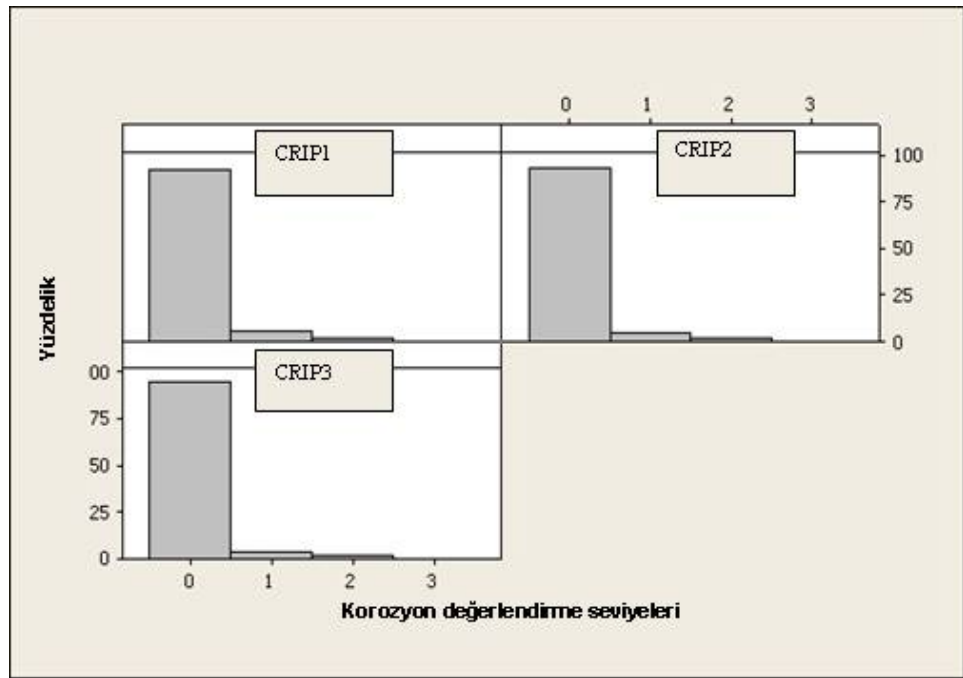
Şekil 7.19: CRIN Korozyon – Çalışma zamanı karşılaştırması
(4. seviye korozyon bulunmamaktadır.)

Şekil 7.20 yüzdelik olarak 5 farklı seviyeye bölünen verilerin miktarını göstermektedir. Seviye 0'ın diğer seviyelere oranla bariz bir şekilde fazla olduğu görülmektedir. 4. seviyede CRIN ve CRIP memelerde herhangi bir veriye rastlanılmamıştır. CRIP memelerde 3. seviye korozyon da bulunmamaktadır. Bu da şunu gösteriyor; CRIN memelerde korozyon etkisi CRIP memelere oranla daha fazla olmaktadır. CRIN memelerin ağır vasıtalarda kullanılıyor olması ve buna bağlı olarak çalışma zamanı açısından daha uzun süreli dış etkilere maruz kalması korozyon etkisini arttırmaktadır.

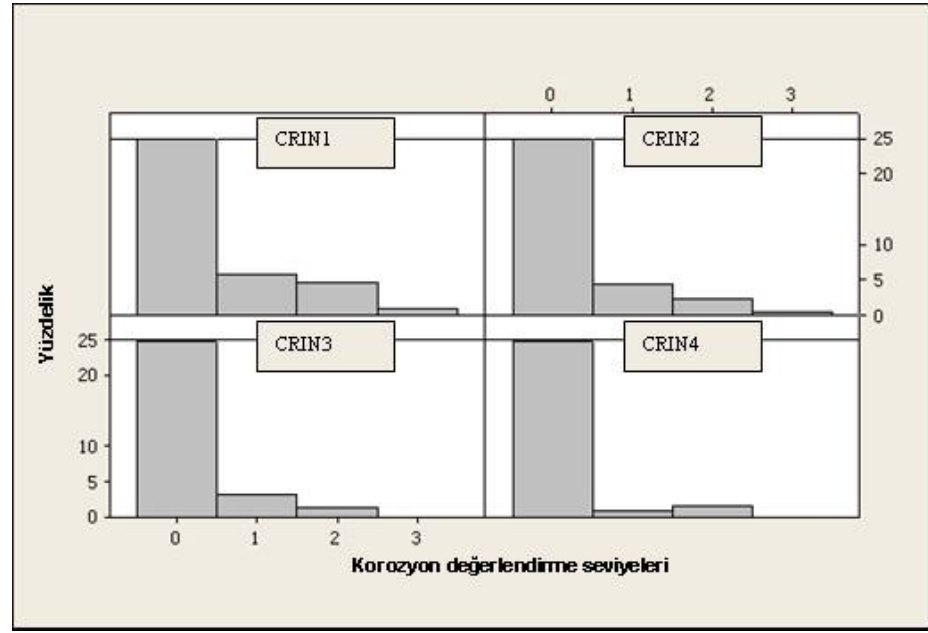


Şekil 7.20: CRIN-CRIP / Korozyon seviyesi
(yüzdelik olarak karşılaştırma)
(4. seviye korozyon bulunmamaktadır.)

Korozyon seviyelerinin yüzdelik olarak miktarları CRIP ve CRIN memeler için sırasıyla Şekil 7.21 ve Şekil 7.22’de gösterilmektedir. CRIP memeler için 3. ve 4. seviye korozyon oluşumu mevcut değildir. CRIN memeler de ise 3. seviye korozyona 1. ve 2. nesil (CRIN1.x ve CRIN2.x) rastlanılmıştır. Eski nesil memelerde korozyon oluşumuna rastlanması o dönemde kullanılan dizel yakıtının içerisindeki sülfür miktarı ile ilişkilendirilebilir. Euro normlarına bağlı olarak gün geçtikçe dizel yakıtının içerisindeki sülfür miktarı azalmaktadır. Bu da korozyondan korunma açısından pozitif bir rol oynar.



Şekil 7.21: CRIP 1-2-3 / Korozyon seviyesi
(yüzdelik olarak karşılaştırma)
(4. seviye korozyon bulunmamaktadır.)



Şekil 7.22: CRIN 1-2-3-4 / Korozyon seviyesi
(yüzdellik olarak karşılaştırma (max 25%))
(4. seviye korozyon bulunmamaktadır.)

Yapılan bir başka istatistiki incelemede korozyon yoğunluğu ile CRIP ve CRIN memelerin nesilleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Kullanılan malzemede bir değişiklik olmadığından dolayı korozyon yoğunluğuna yeni nesillerde kullanılan yakıtın bileşenleri etkili olmaktadır. Euro normlarına bağlı olarak dizel yakıtının içerisindeki sülfür miktarının düşmesi ve korozyon etkisinin azalmasından kaynaklanmaktadır.

Korozyonun dizel sistemleri üzerinde birçok negatif etkisi vardır. Özellikle püskürtme deliği giriş-çıkışında ve içerisinde oluşan korozyon oluşumu püskürtme karakteristiğini dolayısıyla tüm motor performansını olumsuz etkiler. Ayrıca korozyon kaynaklı kırılma ve çatlaklar yüksek basınçta çalışan sistemde sızdırmazlık problemine yol açabilmektedir. Bu nedenle enjektör memesindeki korozyon oluşumunun nedenlerini bilmek ve korozyon oluşumlarının şiddetini tespit etmek hem önleminin alınması noktasında hem de ileri vadede karşılaşılabilecek problemlerin tespiti noktasında etkin rol oynamaktadır. Bu amaçla yaklaşık 6000 adet memede korozyonun en yoğun olduğu bölgeler ve bu bölgelerdeki korozyon şiddeti bazı parametreler açısından incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

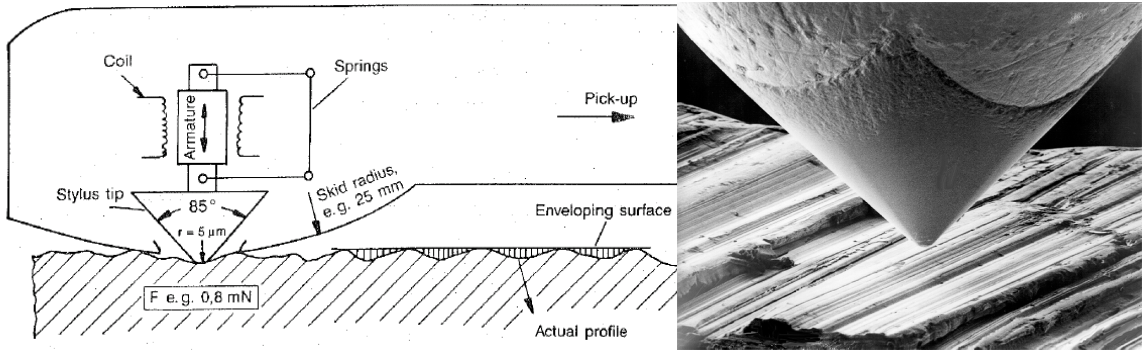
- Korozyon yoğunluğu çevre sıcaklığının artmasıyla artmaktadır.
- Korozyon yoğunluğu yakıt içerisindeki sülfür miktarının artmasıyla artmaktadır.
- Memede tespit edilen korozyon konusunda en kritik bölge meme şaftıdır. Bu bölge direkt olarak ısı yüküne ve elektrokimyasal tepkimelere maruz kalır. Memenin en sıcak noktası meme ucudur. Meme şaftı, meme ucundan daha soğuktur. Yanma odasındaki sıcak gazlar meme ucundan geçip şaft bölgesine geldiğinde burada yoğunlaşmaya uğrar. Bu yoğunlaşma sonrasında meme malzemesi ile yoğunlaşmış ortam gazları arasında tepkimeler meydana gelir. Tepkimeler sonrasında meme malzemesine zarar veren korozyon hasarları oluşur.
- CRIN memelerde korozyonla karşılaşma zaman aralığı CRIP memelere oranla daha fazla gözükmektedir. Bunun nedeni CRIN memelerin CRIP memelere oranla daha uzun süre çalışmasıdır. Ağır vasıtaların uzun mesafelerde sürekli kullanılması neticesinde ağır vasıtalarda kullanılan memelerin binek araçlara oranla daha fazla yanma odasındaki etkilere maruz kaldığı tespit edilmiştir.
- Analiz yapılan 6000 memenin hiçbirinde 4. seviye korozyona rastlanılmamıştır. Bu olmadığı anlamına gelmemektedir.

- Yakıtın su ile kirlenmesi motorda korozyona yol açabilir. Yakıttaki su yağ asidi metil esterlerinin yağ asitlerine dönüşmesine yol açar. Bu yağ asitleri meme malzemesi üzerinde korozyon hasarlarına yol açar.
- Yeni nesil memelerde korozyon yoğunluğu eski nesillere oranla daha az seviyedir. Euro normlarının her geçen yıl daha da hassas olması sonucunda sülfür miktarlarının ppm olarak düşürülmesi ortamda asidik etkinin oluşabileceği tepkimelerin meydana gelme olasılığını düşürmektedir.

8. FARKLI YAKITLARLA KULLANILAN MEMELERDE KOROZYON

8.1. Yakıtların Korozyona Olan Etkileri

Yakıtların içerisinde bulunan bileşenlerden bazıları korozyon oluşumunda etkin rol oynamaktadır. En önemli bileşenlerden bir tanesi yakıttaki sülfür miktarıdır. Ayrıca yakıt içerisinde kaçan su ya da tuzlu su korozyon oluşumunu artırıcı rol oynamaktadır. Bu bölümde farklı yakıtlarla ve de farklı yakıt karışımları ile kullanılmış olan enjektör memelerinin oturma yüzeylerindeki korozyon oluşumları derinlikleri bakımından incelenecektir. Hangi yakıtın ne kadar bir korozyon hasarına sebep olduğu korozyon derinlikleri ölçülerek incelenmiştir. Bu ölçüm için oturma yüzeyini Şekil 8.1'de görüldüğü üzere iki boyutlu tarayan bir hassas uç kullanılmıştır. Bu hassas ucun taradığı yüzey bilgisayar ortamına aktarılarak yüzey profili ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada yapılan yüzey taramaları derinlik ve yükseklik bakımından $-5\mu\text{m}$ ile $+5\mu\text{m}$ arasındaki bölgede yapılmıştır. Daha derin oluşumlar için profil ayarları değiştirilebilmektedir. Kullanılan ölçüm aleti bu ölçüm için özel tasarlanmış bir alettir.

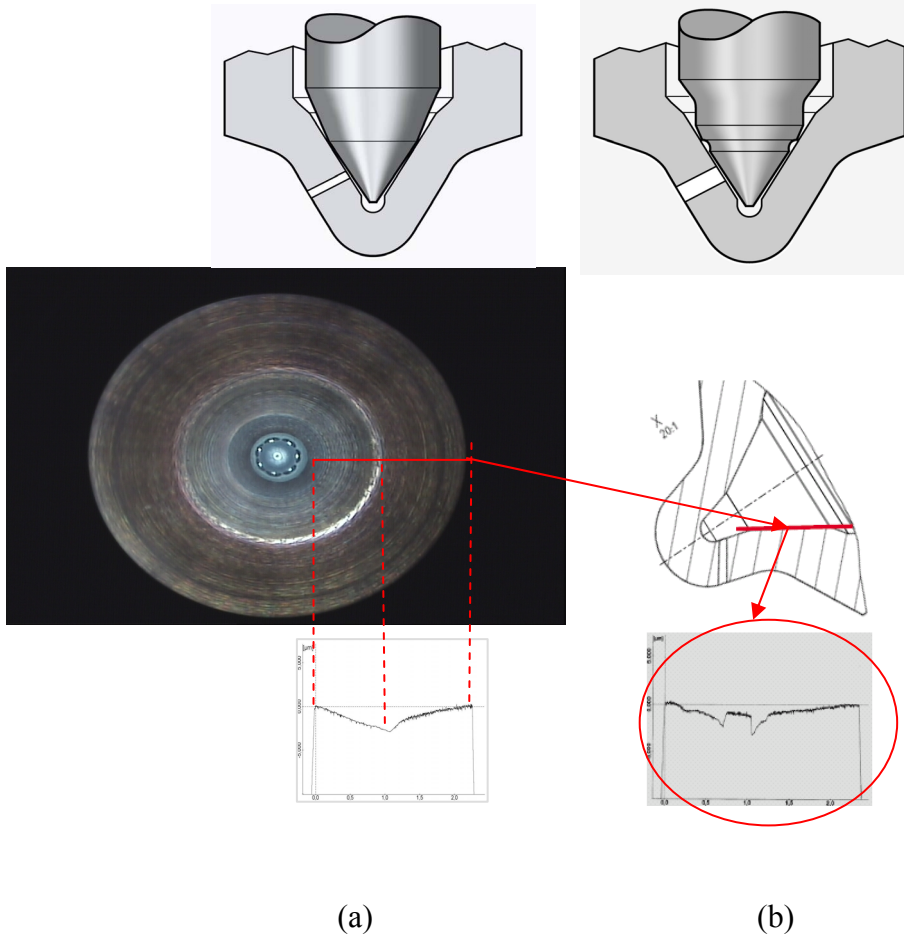


Şekil 8.1: Profil tarama ucu

Şekil 8.2'de oturma yüzeyinin taranması sonucu nasıl bir yüzey profili çıkacağı gösterilmiştir. Profillerin farklı (Şekil 8.2a profili ve Şekil 8.2b profili) olmasının nedeni temas ettiği iğnenin formunun farklı olmasından dolayıdır. (Oturma yüzeyinde dairesel bir kanal bulunan bir iğne kullanıldığından dolayı Şekil 8.2b'de meme gövdesinde bir

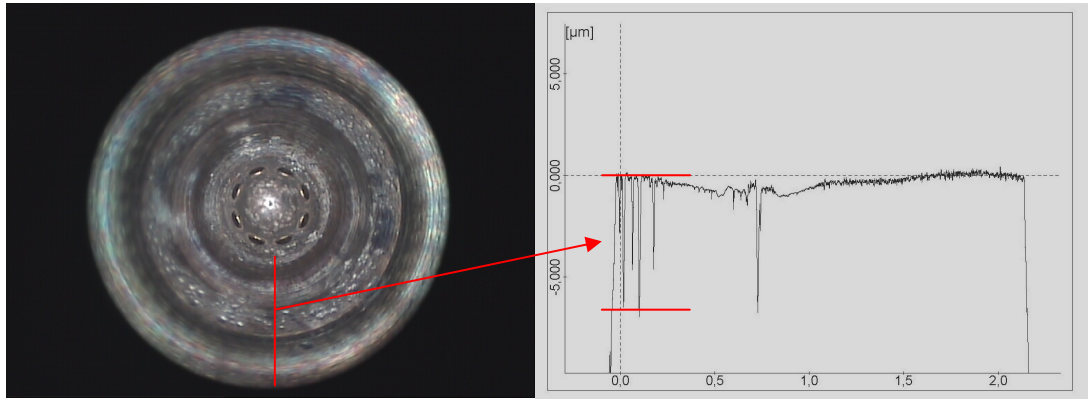
çıkıntı oluşmaktadır.) Bu iki farklı profilde sadece mekanik etkiden dolayı aşınma ve deformasyon mevcuttur. Bu her çalışan parçada olmaktadır. Önemli olan ne kadar olduğudur.

Y eksenini birim olarak “ μm ” iken x ekseninde birim olarak “mm” kullanılmıştır. Bunun nedeni taranan meme oturma yüzeyinin tümünü görüntüleyebilmek içindir. Y eksenini de “ μm ” cinsinden almış olsaydık ya çok küçük bir alanı görüntüleyebilecektik ya da tüm alanı görüntüleyebilmek için çok büyük bir yüzey profiline ihtiyaç duyacaktık. Bundan dolayı Y eksenini “mm” olarak alınmış ve oturma yüzeyi bir nevi sıkıştırılmıştır. Toplam taranan yüzey uzunluğu profillerde X ekseninde görülmektedir.



Şekil 8.2: Meme oturma yüzeyi ve profil resimleri

Korozyon oluşumları Şekil 8.3'den itibaren görülen meme oturma yüzeyindeki ani ve derin çukurcuklardır. Bu oluşumlar şekillerde kırmızı iki çizgi arasında gösterilmiştir. Burada korozyonun nasıl bir hasara sebep olduğu görülmektedir. Aşırı korozyon hasarlarında memede sızdırmazlık sorunları ile dahi karşılaşılabilir. Şekil 8.3'de görüldüğü üzere oturma yüzeyinde ortalama $5\mu\text{m}$ 'lik bir korozyon derinliği görülmektedir. Korozyon oluşumu malzemenin en zayıf olduğu bölgeden ilerlemektedir. Oturma yüzeyinin alt kısmı yanma odasından gelen sıcak gazlara maruz kaldığı için bu bölgede korozyon oluşumu oturma yüzeyinin üst tarafına oranla daha fazladır. Temelde oturma yüzeyinde meydana gelen korozyon oluşumları ileri vadede meme gövdesi ile iğnenin temas noktalarının tam olarak buluşamamasına ve sızdırmazlık problemlerine sebep olmaktadır. Sızdırmazlığın başlaması için ne kadar bir derinliğin gerekli olduğunu belirtmek yanlış olur. Çünkü korozyon oluşumunun tam nerede olduğu ve teması engelleyici bir şekilde olup olmadığı önemli ölçütlerdendir. Olduğunu Sürekli sızdırmanın olduğu bir sistemde hem istenilen basınç değerlerine ulaşamayacağı gibi hem de sürekli bir yanma meydana gelecektir. Sonuç itibari ile hem performans değerlerinde hem de emisyon değerlerinde istenmeyen sonuçlar alınacaktır.



Şekil 8.3: Meme oturma yüzeyinde korozyon ve profil resimindeki görünümü

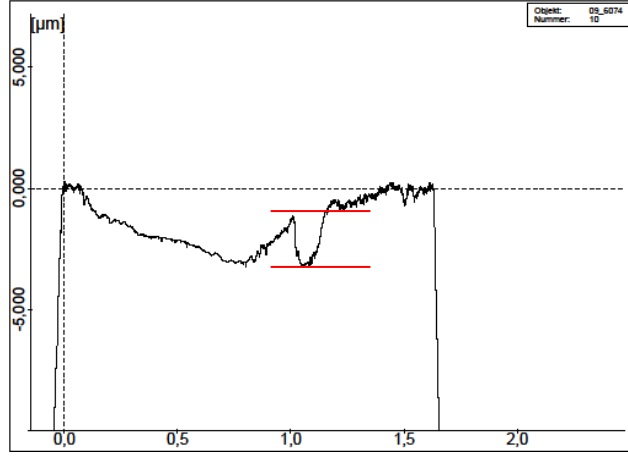
Bu bölümde korozyon derinliklerine bakılarak farklı yakıtların korozyon etkilerine bakılacaktır.

8.2. Farklı Yakıtların Kullanıldığı Memelerde Tespit Edilen Korozyon Derinlikleri

8.2.1. Sülfür (Kükürt) miktarına göre

- 50ppm Sülfür bileşeni olan dizel yakıtı:

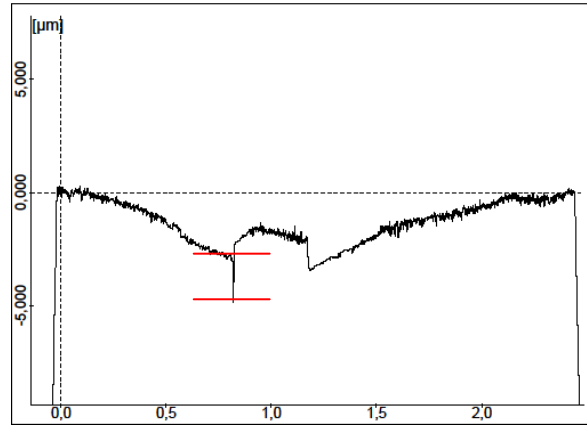
50 ppm sülfür bileşeni olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.4'de görüldüğü üzere yaklaşık 2 μm 'lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Bu yakıt Japonya'da kullanılan ve içerisinde %5 kadar biodizel barındıran bir yakıttır. Test için hazırlanan ölçüm düzeneğinde sadece ağır vasıtalar için kullanılan bir motor alınıp 500 h (yaklaşık 25000 km'ye karşılık gelmektedir) çalıştırıldıktan sonra enjektörler sökülmüş ve analiz edilmiştir. Genelde korozyon oluşumları oturma yüzeyinin alt kısmında meydana gelmektedir. Enjektörümüz kapalı konumdayken yani iğne oturma yüzeyi meme oturma yüzeyi ile temas halindeyken yanma odasındaki yanmış gazlar sadece meme ve iğne oturma yüzeylerin alt kısmına temas edebilmektedirler. İğne kalkıp püskürtme başladığında dahi bu gazlar yukarıya kaçamamaktadır. Çünkü enjektörün iç basıncının yanma odası basıncından büyük olması sebebiyle yanmış gazlar yukarıya doğru ilerleyememektedir. Fakat bu örnekte görüldüğü üzere korozyon oluşumun oturma yüzeyinin üst kısmında meydana gelmiştir. Bu oluşumun temel sebebi yakıtın içeriklerinden kaynaklıdır. Yakıt içerisindeki sülfür ile biodizel içerisindeki serbest suyun bir araya gelip tepkime sonucu asidik bir etki oluşturması bu oluşumun sebebi olabilir. Aşağıdaki biodizel içerikli örneklerde de görüldüğü üzere oturma yüzeyinin üst kısmında da korozyon oluşumları görülebilmektedir.



Şekil 8.4: 50ppm sülfür kullanılan yakıtın korozyon etkisi

- 300ppm Sülfür bileşeni olan dizel yakıtı:

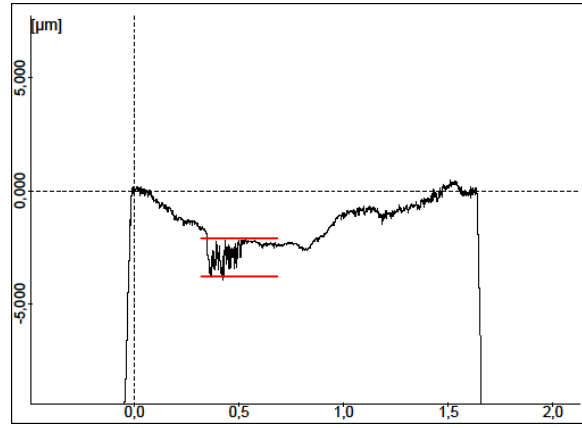
300 ppm sülfür bileşeni olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.5'de görüldüğü üzere yaklaşık 1,5 µm'lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Test için hazırlanan ölçüm düzeneğinde sadece ağır vasıtalar için kullanılan bir motor alınıp EN590 normlarında bir yakıt ile 200 h (yaklaşık 10000 km'ye karşılık gelmektedir) çalıştırıldıktan sonra enjektörler sökülmüş ve analiz edilmiştir.



Şekil 8.5: 300ppm sülfür kullanılan yakıtın korozyon etkisi

- 1300ppm Sülfür bileşeni olan dizel yakıtı:

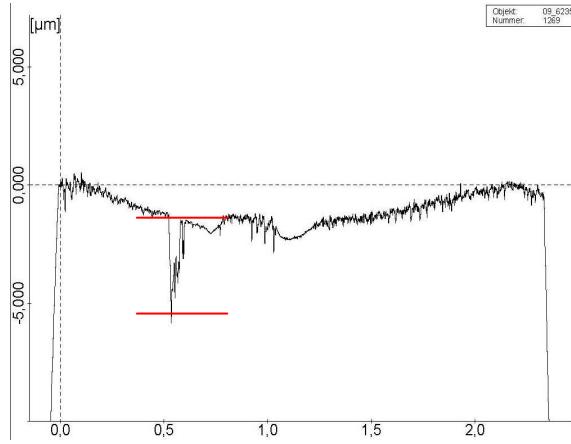
1300 ppm sülfür bileşeni olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.6'de görüldüğü üzere yaklaşık 2 μm 'lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Test için hazırlanan ölçüm düzeneğinde sadece ağır vasıtalar için kullanılan bir motor alınıp 1300 ppm sülfür içeren EN590 normlarında olan bir yakıt ile 943 h (yaklaşık 50000 km'ye denk gelmektedir) çalıştırıldıktan sonra enjektörler sökülüp ve analiz edilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere korozyon oluşumu daha geniş bir alana etki etmiştir.



Şekil 8.6: 1300ppm sülfür kullanılan yakıtın korozyon etkisi

- 3000ppm Sülfür bileşeni olan dizel yakıtı:

3000 ppm sülfür bileşeni olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.7'de görüldüğü üzere yaklaşık 3 μm 'lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Binek vasıtada kullanılan bu yakıt 3000 ppm sülfür içeren EN590 normlarında olan bir yakıt olup test aracı 100000 km (yaklaşık 1250 h'e denk gelmektedir) yol aldıktan sonra enjektörler sökülüp analiz edilmiştir.



Şekil 8.7: 3000ppm sülfür kullanılan yakıtın korozyon etkisi

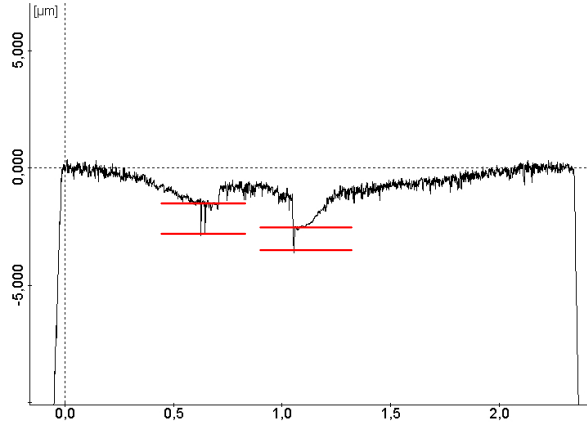
Sülfür miktarının korozyon oluşumu için etki bir parametre olduğu belirtilmişti. Sülfüre ek olarak korozyonu tetikleyici diğer etmenler de korozyonun şiddetini etkilemektedir. Örneğin düşük sülfür miktarlarındaki bir yakıtla kullanılan bir meme çok ağır şartlarda çalıştırılmış olabilir. Bu durumda korozyonu tetikleyici diğer parametreler aşırı korozyon hasarına sebebiyet verebilir. Tam tersini düşünecek olursak, yüksek sülfür miktarlarında bir yakıtla kullanılan bir memede çalışma şartlarının rahatlığından dolayı herhangi bir korozyon sorunu ile karşılaşılabilir. Fakat şu bilinmelidir ki sülfür miktarının artması korozyonun oluşma şartları sağlandığı durumlarda daha düşük sülfürlü yakıtlardan daha fazla korozyon hasarına sebebiyet verecektir.

8.2.2. Biodizel yüzdesine göre

- B10 (%10 Biodizel bileşeni olan) dizel yakıtı:

Biodizel bileşeni %10 olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.8'de görüldüğü üzere yaklaşık 1 µm'lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Binek vasıtada kullanılan bu yakıt %10 biodizel katkısı içeren EN590

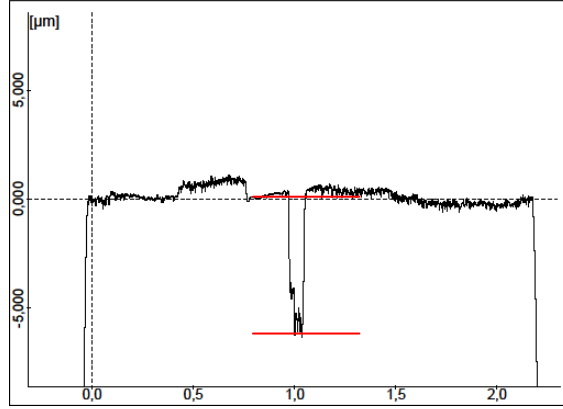
normlarında olan bir yakıt olup test aracı 134500 km (yaklaşık 1700 h) yol aldıktan sonra enjektörler sökülüp analiz edilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere korozyon oluşumu tam temas bölgelerinde meydana gelmiştir. Yanma odasından gelen yanmış gazların oturma noktalarına gelmesi mümkün değildir. Buradaki oluşumlar diğer biodizel oluşumlarında olduğu gibi yukarıdan gelen yakıtın içerisindeki oluşumlardan kaynaklanmaktadır.



Şekil 8.8: %10 biodizel kullanılan yakıtın korozyon etkisi

- B20 (%20 Biodizel bileşeni olan) Dizel yakıtı:

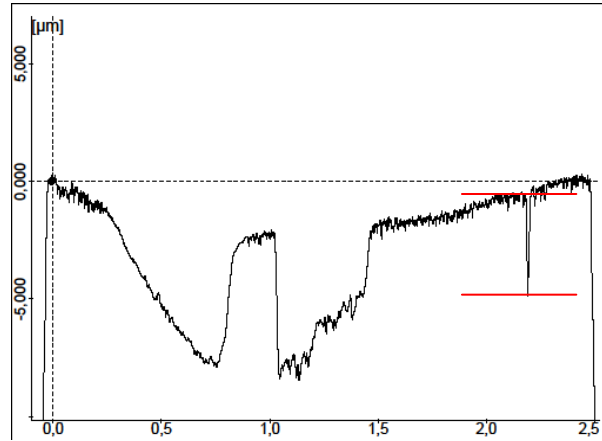
Biodizel bileşeni %20 olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.9'de görüldüğü üzere oturma yüzeyinin üst kısmında yaklaşık 6 µm'lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Ağır vasıtada kullanılan bu yakıt % 20 biodizel katkısı içeren EN590 normlarında olan bir yakıt olup test aracı 159909 km (yaklaşık 3200 h) yol aldıktan sonra enjektörler sökülüp analiz edilmiştir. Bu örnekte korozyon derinliğinin fazla olmasının sebebi hem ağır vasıtada kullanılan hem de uzun süreli kullanılan bir deney olmasındandır.



Şekil 8.9: %20 biodizel kullanılan yakıtın korozyon etkisi

- B30 (%30 Biodizel bileşeni olan) Dizel yakıtı:

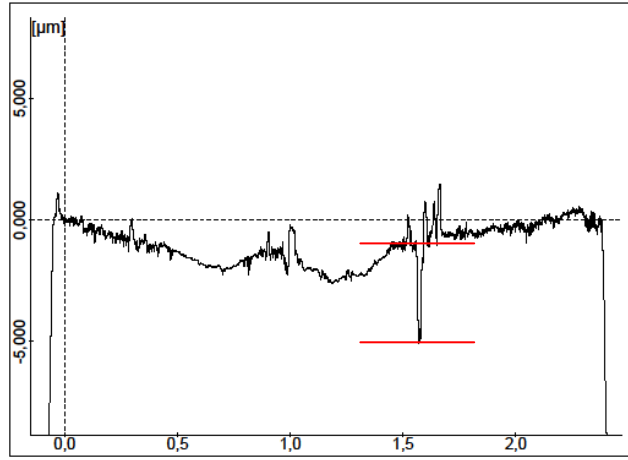
Biodizel bileşeni %30 olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.10'de görüldüğü üzere yaklaşık 4 µm'lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Binek vasıtada kullanılan bu yakıt % 30 biodizel katkısı içeren EN590 normlarında olan bir yakıt olup test aracı 130000 km (yaklaşık 1600 h) yol aldıktan sonra enjektörler sökülüp analiz edilmiştir.



Şekil 8.10: %30 biodizel kullanılan yakıtın korozyon etkisi

- B100 (%100 Biodizel bileşeni olan) Dizel yakıtı:

Biodizel bileşeni %100 olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.11’de görüldüğü üzere yaklaşık 4 μm ’lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Test için hazırlanan ölçüm düzeneğinde traktörlerde kullanılan bir motor alınıp % 100 biodizel olan bir yakıt ile 2000 h (yaklaşık 100000 km’ye karşılık gelmektedir) çalıştırıldıktan sonra enjektörler sökülmüş ve analiz edilmiştir.

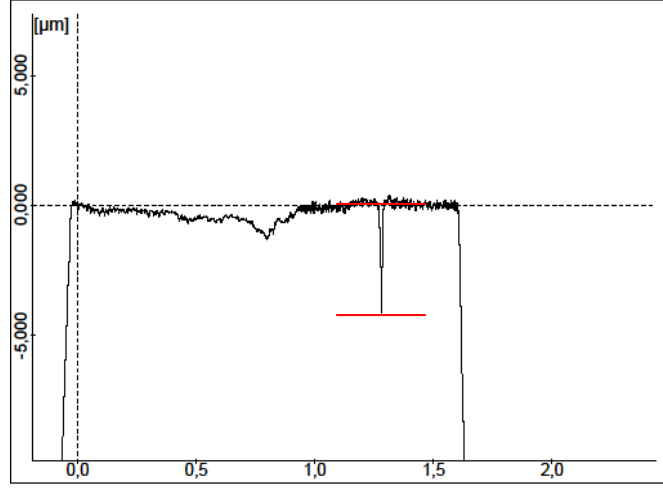


Şekil 8.11: %100 biodizel kullanılan yakıtın korozyon etkisi

8.2.3. Su katkısına göre

- %1 su katkısı olan Dizel yakıtı:

Su katkısı %1 olan bir yakıtla kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.12’de görüldüğü üzere yaklaşık 5 μm ’lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Test için hazırlanan ölçüm düzeneğinde sadece ağır vasıtalar için kullanılan bir motor alınıp % 1 su katkılı bir yakıt ile 168 h (yaklaşık 8500 km’ye karşılık gelmektedir) çalıştırıldıktan sonra enjektörler sökülmüş ve analiz edilmiştir.

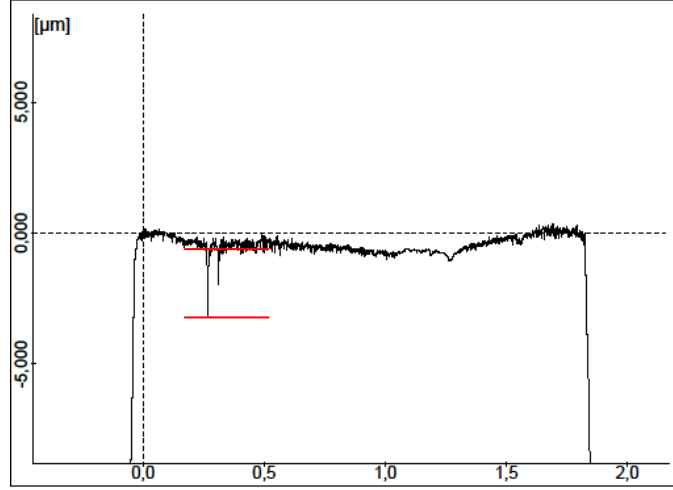


Şekil 8.12: %1 Su katkısının korozyon etkisi

8.2.4. Etanol kullanımına göre

- %100 Etanol yakıtı:

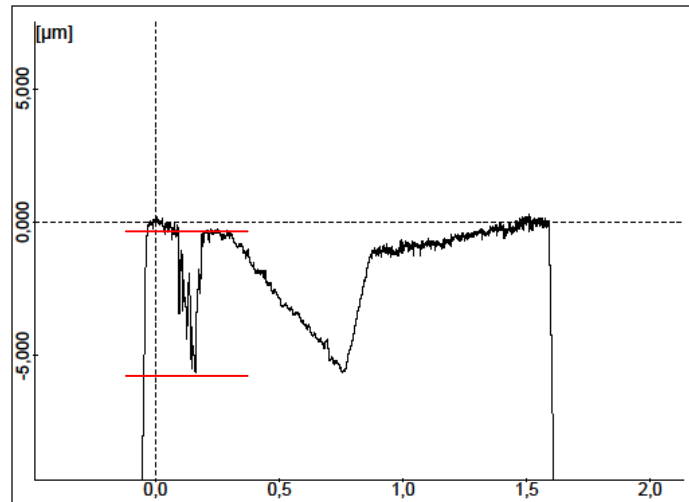
%100 Etanol kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.13’de görüldüğü üzere yaklaşık 2 µm’lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Test için hazırlanan ölçüm düzeneğinde sadece ağır vasıtalar için kullanılan bir motor alınıp % 100 etanol olan bir yakıt ile 500 h (yaklaşık 25000 km’ye karşılık gelmektedir) çalıştırıldıktan sonra enjektörler sökülmüş ve analiz edilmiştir. Buradan Etanolün yanma odasında yanması ve ortam gazları ile tepkimeye girerek oturma yüzeyini alt kısmında korozyon oluşumuna sebep olduğu görülmektedir.



Şekil 8.13: %100 Etanol'un etkisi

- %50 Etanol ve %50 biodizel yakıtı:

%50 Etanol ve %50 biodizel yakıtı kullanılmış enjektör memesinin oturma yüzeyinde Şekil 8.14'de görüldüğü üzere yaklaşık 5 µm'lik bir korozyon çukuru oluşmuştur. Test için hazırlanan ölçüm düzeneğinde sadece ağır vasıtalar için kullanılan bir motor alınıp %50 Etanol ve %50 biodizel olan bir yakıt ile 1260 h çalıştırıldıktan sonra enjektörler sökülmüş ve analiz edilmiştir. Korozyon oluşumu oturma yüzeyinin alt kısmında meydana gelmiştir. Buradan biodizel ile etanolun kendi aralarında tepkimeye girmeden püskürtüldüğü düşünülebilir.



Şekil 8.14: %50 Etanol ve %50biodizel'in etkisi

Kullanılan yakıt bakımından yaptığımız araştırmada farklı parametrelere bağlı olarak korozyon oluşumları incelenmiştir. Yaptığımız incelemeye göre;

- Yakıttaki sülfür katkısı korozyon oluşumunu tetiklemektedir. Bu etki biodizel katkılı yakıtlarda da görülmektedir.
- Korozyon oluşumu için sadece bu parametrelerin olması yeterli değildir. Korozyon şiddetinin artması için ortam şartlarının da korozyonu tetikleyici bir hal alması gerekmektedir.
- Sülfür bileşeni ortam gazları ile tepkimeye girerek asit oluşumuna bu da korozyon oluşumuna sebep olmaktadır. Biodizel ise içerisinde bulundurduğu serbest sudan dolayı korozyon oluşumuna sebep olmaktadır.
- Yakıtın içerisindeki serbest sular korozyon oluşumu için etkin rol oynamaktadır.
- Etanolun de korozyon oluşumunu tetikleyici rol oynadığı tespit edilmiştir.
- Biodizel kullanılmış deneylerde meme oturma yüzeyinin üst kısımlarında korozyon oluşumları tespit edilirken, biodizel kullanılmadan yapılan örneklerde oturma yüzeyinin alt kısmında korozyon oluşumlarına rastlanılmıştır. Korozyon oluşumlarının oturma yüzeyini alt kısmında meydana gelmesinin temel sebebi yakıtın yanması sonrasında yakıt içerisindeki bileşenlerle yanma odasındaki bileşenlerin bir araya gelip asidik bir bileşen oluşturmaları ve bu bileşenin püskürtme deliklerinden geçip oturma yüzeyinin alt kısmında korozyon oluşumlarına sebep olmasıdır. Korozyon oluşumun üst kısmında oluşmasının nedeni ise yine yakıtın içerisindeki bileşenlerin

yine yakıtın içerisinde bulunan ve tepkime sonucunda asidik bir bileşen oluşturan bileşenlerle bir araya gelmesi ve bu bileşenlerin korozyona sebep olmasıdır. Örneğin biodizel katkılı bir yakıtta yakıtın içerisindeki sülfür ile biodizelin içerisindeki serbest su ve oksijen bir araya gelerek sülfürik asidi oluşturur. Bu da meme üst yüzeyinde korozyona sebep olur.

- Sızdırmanın ne kadar bir korozyon aşınması sonrasında meydana gelebileceğini söylemek pek doğru değildir. Çünkü korozyon oluşumunun konumu çok önemlidir. Tam temas noktasında olmayan çok derin bir korozyon çukurunun sızdırmaya bir etkisi yoktur. Fakat tam sızdırma noktasındaki küçük bir korozyon çukuru oturma yüzeylerinin temasının engelleyebileceğinden dolayı sızdırmaya sebep olabilir.
- Kullanılan test aracının binek ya da ağır vasıta olması da korozyon oluşumları için etkili olmaktadır. Ağır vasıtalarda motor daha fazla zorlandığından dolayı ortam şartları korozyon oluşuma müsait hale gelmektedir.
- Yapılan deneyin motor düzeneğinde olması ya da bir test aracında yapılması da korozyon oluşumlarını etkileyecektir. Motor düzeneklerinde yapılan deneylerde motorlar daha uzun süreli ve daha fazla zorlanabilmektedirler. Taşıt ta ise bu durum sürekli olarak olamamaktadır. Aracın kullanıldığı bölge veya sürücünün uyguladığı sürüş biçimi deneyi etkileyen unsurlardandır.
- Yapılan deneyde elde edilen korozyon türü çukurcuk korozyonudur. Dar bir alanda meydana gelen, ince ve derin çukurcuklar halindeki oluşumlardan dolayı çukurcuk korozyonu denilmektedir.

- Yapılan deney sonrasında biodizel ile EN590 yakıtı kendi arasında tepkimeye girip oturma yüzeyinin üst kısmında korozyon hasarına sebep olduğu tespit edilmiştir. Fakat biodizel ile etanol arasında aynı etkileşime rastlanılmamıştır. Etanolun de su barındırmasına rağmen herhangi bir tepkimeyi tetikleyici bileşen her iki yakıtta da bulunmamaktadır. Korozyon oluşumu oturma yüzeyinin alt kısmında olmuştur. Buradan yanma odası kaynaklı bir korozyon oluşumunun meydana geldiği yorumu yapılabilir.

9. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Korozyon seviyesi memenin yanma odası tarafında özellikle meme şaftı ve ucunda diğer bölgelere kıyasla daha yüksek görülmektedir. Memenin bu bölgeleri enjektörün yanma odası içerisinde çevresindeki yüksek ısı yüküne ve kimyasal veya elektrokimyasal tepkimelere direkt maruz kalan bölgeleridir.

Yanma odası ile meme arasındaki sıcaklık farkı çok yüksek ise sülfürik asit oluşumu düşük yüklemeye aralıklarında (120 °C 'nin altındaki ön püskürtme, düşük rölanti çalışma şartları) meydana gelir. Yanma sonucunda meydana gelen sülfür bileşeni suyun da ani sıcaklık düşüşleri sonrasında yoğunlaşması sonucunda bir araya gelerek sülfürik asiti meydana getirirler. Sülfürik asit (elektrolit) meme yüzeyinde korozyon hasarına yol açar. Korozyon oluşumu yüzey düzensizliklerinden dolayı da desteklenebilir. Uzun çalışma şartlarında memede meydana gelen korozyon oluşumu fonksiyonel ve dayanım olarak sorunlara yol açabilir.

Korozyon seviyesi yakıt içerisindeki sülfür miktarının artması ile artmaktadır. Dizel yakıtının içerisindeki sülfür bileşeni birkaç reaksiyon sonrasında sülfürik aside dönüşerek parça üzerinde korozyon hasarına yol açmaktadır.

Biodizelin korozyon doğası ham halden işlendikten sonra saf halini kaybetmesinden veya esteri üreten çeşitli reaksiyonlara girdikten sonra ortaya çıkabilir. Bundan dolayı doğru reaksiyonlar altında emilmiş su bir kısım esteri tekrar yağ asidine ve metanole dönüştürecektir. Meydana gelen asit metalle tepkimeye girerek korozyon hasarına sebebiyet vermektedir. Yapılan tespite göre biodizelin saflığının artmasıyla birlikte korozyon yoğunluğunun arttığı görülmektedir.

Korozyon yoğunlu yanma odası sıcaklığının ve buna bağı olarak malzeme sıcaklığının artması ile artmaktadır. Yüksek sıcaklıkta (yüksek ısı ortam) sıcak gazların bileşik oluşturup metal yüzeyine çökmesi metal üzerindeki deformasyonu ivmelendirici bir etki yapmaktadır. Birçok farklı korozyon olayı çöken çökeltinin türevleri ile ilişkilidir.

Kirli yakıt, yakıt içerisindeki sülfür miktarı, yakıt içerisindeki çözünmüş su vb. korozyonu tetikleyici rol oynar.

Korozyon seviyesinin çalışma zamanının artmasıyla arttığı görülmektedir. Zamanla meme parçası korozyon saldırısına uğrayacaktır. Bu nedenle yüksek seviye korozyon hasarını yüksek çalışma zamanlarında görebilmekteyiz.

Ağır vasıtalarda kullanılan memelerde korozyon etkisi hususi araçlarda kullanılan memelere oranla daha fazla olmaktadır. Ağır vasıtalarda kullanılan memelerin daha ağır şartlarda kullanılıyor olması ve buna bağı olarak çalışma zamanı açısından daha uzun süreli dış etkilere maruz kalması ve de kullanılan yakıtın kalitesinin düşük olması korozyon etkisini arttırmaktadır.

Eski nesil memelerde korozyon oluşumuna rastlanması o dönemde kullanılan dizel yakıtının içerisindeki sülfür miktarı ile ilişkilendirilebilir. Euro normlarına bağı olarak gün geçtikçe dizel yakıtının içerisindeki sülfür miktarı azalmaktadır. Bu da korozyondan korunma açısından pozitif bir rol oynar. Sülfürün yanında yakıt kalitesini etkileyen diğer parametrelerde korozyon üzerinde etkili rol oynayabilir.

Korozyon tanımında da belirtildiği üzere malzeme yapısını bozucu bir etkiye sahiptir. Korozyonun çeşitli türleri malzeme üzerinde çeşitli etkilere sebep olabilmektedir. Bazı korozyon türleri malzeme kaybına sebep olurken bazı korozyon türleri malzeme yapısını bozmaktadır. Kırıklar ve çatlaklar hem malzeme kaybının

meydana geldiği bölgelerde hem de içyapının bozulduğu bölgelerde meydana gelebilmektedir. Memenin kırılması veya çatlaması için bir gerilmeye maruz kalması da gerekmektedir. Bir gerilmeye maruz kalan parçada korozyon etkisi kırılmaya veya çatlamaya yardımcı olur.

Memede meydana gelen korozyonun CRI sisteminin fonksiyonuna olan negatif etkileri arasında püskürtme geometrisinin ve püskürtme miktarının bozulmasını söyleyebiliriz. Özellikle püskürtme deliklerinde meydana gelen korozyon hasarları deliklerden geçen yakıtın yönünü ve debisini değiştirecektir. Bu da hem homojen karışım oluşumunu hem de yanan miktara bağlı olarak motordan elde edilen gücü negatif bir şekilde etkileyecektir.

Korozyonun püskürtme deliği içerisinde yapmış olduğu hasardan dolayı genişlemeye sebep olmaktadır. Bu da püskürtme değerlerinin artmasına sebep olmaktadır.

Korozyondan dolayı delik içlerinde meydana gelen hasardan dolayı püskürtme geometrisinde bozulmalar meydana gelmektedir. Bu da yakıt demetinin doğrultusunu ve boyutlarını etkilemektedir. Netice itibari yanma kalitesinin düşmesi sonucunda motor performansı negatif yönde etkilenmektedir.

SONUÇ

Korozyonun dizel sistemleri üzerinde birçok negatif etkisi vardır. Özellikle püskürtme deliği giriş-çıkışında ve içerisinde oluşan korozyon oluşumu püskürtme karakteristiğini dolayısıyla tüm motor performansını olumsuz etkiler. Ayrıca korozyon kaynaklı kırılma ve çatlaklar yüksek basınçta çalışan sistemde sızdırmazlık problemlerine yol açabilmektedir. Bu nedenle enjektör memesindeki korozyon oluşumunun nedenlerini bilmek ve korozyon oluşumlarının şiddetini tespit etmek hem önleminin alınması noktasında hem de ileri vadede karşılaşılabilecek problemlerin tespiti noktasında etkin rol oynamaktadır.

Korozyonun şiddetinin çevre şartlarına bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Örneğin çevre sıcaklığının artması korozyon oluşumunu arttıracaktır.

Dizel sistemlerde kullanılan yakıtla ilgili olarak birçok inceleme yapılmıştır. Farklı türdeki yakıtlar kullanılarak bunlar sistem üzerine etkileri incelenmiştir. Yakıt içerisindeki bileşenler incelenmiş ve her bir bileşenin nasıl bir etki bıraktığı tespit edilmiştir. Bilindiği üzere zararlı etkilerinden dolayı Euro normlarına bağlı olarak dizel yakıtının içindeki sülfür miktarı ppm olarak gittikçe düşürülmeye çalışılmaktadır. İnsan sağlığına olan zararlarının yanı sıra malzemede korozyon oluşumuna sebebiyet vermesinden dolayı malzeme için de tehlike arz etmektedir. Sülfür miktarının artması ile korozyon miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Biodizel alternatif bir yakıt olarak dizel yakıt dünyasında önemli bir yer tutmaktadır. Biodizelin üretilmesi noktasında birçok farklı bitkiden ya da yağdan faydalanılmaktadır. Daha ucuz ve kolay üretilen bir yakıt olmasına karşın kullanıldığı sisteme negatif etkileri de görülmektedir. Biodizel kullanılan durumlarda

korozyon oluşumlarının arttığı tespit edilmiştir. Biodizelin kullanımı genellikle Petrodizellerle karışım halindedir. Bilindiği üzere yüzdelik oranına göre kullanılan yakıt isimlendirilmektedir. Kullanılan biodizel yüzdesinin artması ile yani yakıtın biodizel saflığı arttıkça korozyon oluşumunun arttığı tespit edilmiştir.

Yanma odası yanan gazların artıklarının, ortama çekilen dış ortam havasının ve yakıt hava karışımının bulunduğu bir ortamdır. Bu ortam yüksek sıcaklık ve basınç artımıyla patlamalar meydana gelmektedir. Dolayısıyla bu odada bulunan tüm motor parçalarının dayanımının yüksek olması gerekmektedir. Sıcaklığa, basınç ve gerilime karşı dayanımın fazla olması gerektiği gibi korozyona karşı da dayanım yüksek olmalıdır. Yanma odasındaki sıcak gazlar meme ucundan geçip şaft bölgesine geldiğinde burada yoğunlaşmaya uğrar. Bu yoğunlaşma sonrasında meme malzemesi ile yoğunlaşmış ortam gazları arasında tepkimeler meydana gelir. Tepkimeler sonrasında meme malzemesine zarar veren korozyon hasarları oluşur. Memede tespit edilen korozyon konusunda en kritik bölge meme şaftıdır. Bu bölge direkt olarak ısıl yüke ve elektrokimyasal tepkimelere maruz kalır. Memenin en sıcak noktası meme ucudur. Meme şaftı, meme ucundan daha soğuktur.

Yakıtın su ile kirlenmesi ağır hasarlara sebep verebilir. Yatak sarmasından tutun da piston kırılmalarına kadar birçok sorunla karşı karşıya geldiği bilinmektedir. Yakıttaki suyun bir diğer etkisi de sistem parçalarının korozyona uğratmasıdır. Yakıttaki su yağ asidi metil esterlerinin yağ asitlerine dönüşmesine yol açar. Bu yağ asitleri meme malzemesi üzerinde korozyon hasarlarına yol açar.

Yapılan incelemelerde çeliğe krom katılarak elde edilen paslanmaz çelikler korozyona karşı korumada en iyi örnektir. Kromun oksijen tutucu özelliği sayesinde malzeme yüzeyinde yalancı korozyon tabakası meydana gelmektedir. Bu da malzemenin korozyona uğrama isteğini yok etmektedir. Yani malzeme aktif haldeyken pasif hale gelmektedir.

KAYNAKLAR

- CAROA, P.S., Z. MOULOUNGUIA, G. VAITILINGOMB, J.C. BERGEC. 2001. Interest of combining an additive with diesel-ethanol blends for use in diesel engines. *Fuel*, 80: 565-74.
- HANSEN, A.C., Q. ZHANG, P.W.L. LYNE. 2005. Ethanol-diesel fuel blends - a review. *Bioresource Technology*, 96(3): 277-85.
- HARDENBERG, H.O., A.J. SCHAEFER. 2008. The use of ethanol as a fuel for compression ignition engines. SAE Technical Paper, 811211.
- KASS, M.D., J.F. THOMAS, D.F. WILSON, S.A. LEWIS, A. SARLES. 2005. Assessment of corrosivity associated with exhaust gas recirculation in a heavy-duty diesel engine. SAE Technical Paper, 2005-01-0657.
- KAUL, S., R.C. SAXENA, A. KUMAR, M.S. NEGI, A.K. BHATNAGAR, H.B. GOYAL, A.K. GUPTA. 2007. Corrosion behavior of biodiesel from seed oils of Indian origin on diesel engine parts. *Fuel Processing Technology*, 88(3): 303-7.
- LABECKAS, G., S. SLAVINSKAS. 2006. Performance of direct-injection off-road diesel engine on rapeseed oil. *Renewable Energy*, 31(6): 849-63.
- LIM, M.C.H., G.A. AYOKO, L. MORAWSKA, Z.D. RISTOVSKI, E.R. JAYARATNE. 2007. The effects of fuel characteristics and engine operating conditions on the elemental composition of emissions from heavy duty diesel buses. *Fuel*, 86: 1831-39.
- LUNDBERG, M. 2008. Development of cold operability of diesel fuels and vehicles. SAE Technical Paper, 845012.
- MILLER, C.A., R.K. SRIVASTAVA. 2000. The combustion of orimulsion and its generation of air pollutants. *Progress in Energy and Combustion Science*, 26(2): 131-60.
- MUTHUKUMAR, N., S. MARUTHAMUTHU, N. PALANISWAMY. 2006. Water-soluble inhibitor on microbiologically influenced corrosion in diesel pipeline. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 53(2): 260-70.
- OHKAWA, S., A. KONISHI, H. HATANO, K. ISHIHAMA, K. TANAKA, M. IWAMURA. 2009. Oxidation and corrosion characteristics of vegetable-base biodegradable hydraulic oils. SAE Technical Paper 951038.
- POPA-SIMIL, L., V. CLAPON, P.M. RACOLTA, B. ALEXANDREANU, I. ROSU. 1997. Corrosion control of steel components exposed to thermal cycling using radioactive tracers. *Applied Radiation and Isotopes*, 48(10-12): 1515-19.
- QUIGLEY, R., R.H. BARBOUR. 2004. Biodiesel quality improvement with additive treatment. SAE Technical Paper 2004-01-1859.

ROVAI, F.F. 2005. Wear and corrosion evaluation of electric fuel pumps with ethanol/gasoline blends. SAE Technical Paper, 2005-01-2196.

SCHINAS, P., G. KARAVALAKIS, C. DAVARIS, G. ANASTOPOULOS, D. KARONIS, F. ZANNIKOS, S. STOURNAS, E. LOIS. 2009. Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil as an alternative feedstock for the production of biodiesel in Greece. *Biomass and Bioenergy*, 33(1): 44-49.

SGROI, M., G. BOLLITO, G. SARACCO, S. SPENCHIA. 2005. BIOFEAT: Biodiesel fuel processor for a vehicle fuel cell auxiliary power unit: study of the feed system. *Journal of Power Sources*, 149: 8-14.

SULLIVAN, G.W. 2007 Biogas vehicle fuel from digested cattle manure. M.S. Utah State University.

WINFRIED, R., M.P. ROLAND, D. ALEXANDER, L.K. JURGEN. 2008. Usability of food industry waste oils as fuel for diesel engines. *Journal of Environmental Management*, 86(3): 427-34.

YUSUF, A. 1995. Beef tallow as a biodiesel fuel. Ph D. The University of Nebraska - Lincoln.

ÖZGEÇMİŞ

10.04.1982 tarihinde Samsun'un Çarşamba ilçesinde doğdu. 1993'da Samsun Necatibey İlkokulunu, 1996'da 23 Nisan Orta Okulunu, 2000'de Tülay Başaran Süper Lisesini bitirdi. 2000 yılında kazandığı Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü 2005 yılında bitirdi. 2005 yılının Ağustos ayında Bosch San. ve Tic. A. Ş.'de Ürün geliştirme mühendisi olarak çalışmaya başladı. Askerlik görevini 2008 yılının Eylül ayında tamamladıktan sonra eşi endüstri mühendisi Burcu TAFLAN ile evlendi. Askerlik ve evlilikten dolayı yüksek lisansını bir yıl dondurmak zorunda kaldı. 2006 yılının bahar yarısında başladığı yüksek lisans eğitimine halen devam etmektedir.

Yaklaşık beş yıldır Ürün geliştirme mühendisi olarak çalışmakta olduğu mesleğine 01.01.2010 tarihinden itibaren proje lideri olarak devam etmektedir.

Kitap okumaktan ve basketbol oynamaktan hoşlanıyor. İyi derecede İngilizce ve Almanca biliyor.

Refaettin Asım TAFLAN

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. M. İhsan KARAMANGİL'e, yaptığım incelemelerde bana teknik destek sağlayan Bosch San. ve Tic. A.Ő.'ye, ayrıca hep yanımda olan ve manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili eőim Burcu TAFLAN'a teőekkürlerimi sunarım.

Refaettin Asım TAFLAN

