

ÖNSÖZ

Öğrenim hayatı boyunca ve yüksek lisans tezi için her aşamasında beni, olumlu fikir ve eleştirileriyle yönlendiren, tezi için son şekli ile hazırlanmasında bana yol gösteren Sayın Hocam Prof. Dr. Eyüp Sabri KAYALI'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım

Tezi için hazırlanması sırasında beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Hüseyin ÇİMENÖĞLU'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım

Deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Ereğli Demir ve Çelik Fabrikası Araştırma ve Geliştirme Müdürlüğü Baş Mühendisi Oktay ELKOCA ve arkadaşım Ramazan TÜRÜK'e sonsuz teşekkürlerimi iletirim

Son olarak, bugüne kadar hiç karşılık beklemeden bana her zaman destek olan aileme, şükranlarımı sunarım

MAYIS 2005

Mehmet GÜNDOĞAN

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş	1
2. SICAK HADDELEME PROSESİ	3
2.1. Slab Isıtma Fırın	3
2.2. Kombineli Hadde	4
2.3. Şerit Hadde	4
3. TUFAL OLUŞUMU VE ÇEŞİTLERİ	6
3.1. Tufal Oluşumu	6
3.2. Tufal Çeşitleri	9
3.2.1. Birincil tufal	10
3.2.2. Fırın tufalı	10
3.2.3. Birincil kızıl oksit	11
3.2.4. İkincil tufal	11
3.2.5. Şerit halindeki tufal	12
3.2.6. İkincil sıçrama tufalı	12
3.2.7. İkincil kızıl oksit	12
3.2.8. Isıl tufalı	13
3.2.9. Tuz biberi tufalı	13
3.2.10. Mordane aşınma tufalı	13
4. ASİTLEME PROSESİ	15
4.1. Asitleme Prensipleri	16
4.2. HCl Asitleme Prosesi	18
4.2.1. Sürekli asitleme prosesi	20
4.2.2. Süreksiz asitleme prosesi	23
4.2.3. Banyo asitleme prosesi	26
4.3. Asit Çeri Kazanım Prosesi	26
4.3.1. Tank çiftliği	27
4.3.2. Oksit silosu	27
4.3.3. Püskürtmeli fırın	27
4.3.3.1. Asit modu	27
4.3.3.2. Hava modu	29

4.3.3.3 Su mdu	29
5. SICAK TEMPERLEME PROSESİ	30
5.1. Rulo Kırtı ğı	30
5.2. Süreksiz Akma Olayı	30
5.2.1. Süreksiz akma olayı ve mekanizması	31
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	33
6.1. Deney Malzemeleri	33
6.2. Mekanik İşlemler	33
6.3. Asitleme Deneyleri	34
6.3.1. HCl asitleme deneyi	34
6.3.2. H ₂ SO ₄ asitleme deneyi	35
6.4. Tara malı Elektron Mikroskobu İncelemeleri	35
6.5. XIşınları Analizi	35
6.6. Tufal Yeni m Reaksiyonunun Tesbiti	35
6.7. Yüzey Przll ğ Tespiti	36
7. DENEYSEL SONUÇLARI VE İRDELENMESİ	37
7.1. İnhibitör İlavesi Yapıl mış Asitleme Deney Sonuçları	37
7.2. İnhibitör İlave Edilerek Gerçekleştirilen Asitleme Deney Sonuçları	45
7.3. Tara malı Elektron Mikroskobu Analizi	53
7.4. XIşınları Analizi	60
7.5. Tufal Yeni m Reaksiyonun Tesbiti	60
7.6. Yüzey Przll ğ İncelemeleri	65
8. GENEL SONUÇLAR	66
KAYNAKLAR	67
EKLER	68
ÖZGEÇMİŞ	75

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1	Slab ısıtma fırını teknik özellikleri 4
Tablo 2.2	Kombi ne hadde teknik özellikleri 4
Tablo 2.3	Şerit hadde teknik özellikleri 5
Tablo 3.1	Bir slabın ve bu slab üzerindeki tufalın kimyasal analizi 7
Tablo 4.1	Asitleme prosesi nin girdi ve çıktı miktarları 16
Tablo 6.1	Kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi 33
Tablo 7.1	Orijinal numuneye uygulanan HCl asitleme deney sonuçları 37
Tablo 7.2	: Orijinal numuneye uygulanan H ₂ SO ₄ asitleme deney sonuçları ... 38
Tablo 7.3	Doğrultma numunesine uygulanan HCl asitleme deney sonuçları.. 40
Tablo 7.4	Doğrultma numunesine uygulanan H ₂ SO ₄ asitleme deney sonuçları 41
Tablo 7.5	Temper numunesine uygulanan HCl asitleme deney sonuçları 42
Tablo 7.6	Temper numunesine uygulanan H ₂ SO ₄ asitleme deney sonuçları 43
Tablo 7.7	Rodin 50 Marka İnhibitor Maddesinin Elementel Analizi 45
Tablo 7.8	Orijinal numuneye, 5 ml inhibitor ilaveli HCl asit solüsyonu ile gerçekleştirilen deney sonuçları 46
Tablo 7.9	Orijinal numuneye, 5 ml inhibitor ilaveli H ₂ SO ₄ asit solüsyonu ile gerçekleştirilen deney sonuçları 47
Tablo 7.10	Doğrultma numunesine, 5 ml inhibitor ilaveli HCl asit solüsyonu ile gerçekleştirilen deney sonuçları 48
Tablo 7.11	Doğrultma numuneye, 5 ml inhibitor ilaveli H ₂ SO ₄ asit solüsyonu ile gerçekleştirilen deney sonuçları 49
Tablo 7.12	Temper hadde uygulanmış numuneye, 5 ml inhibitor ilaveli HCl asit solüsyonu ile gerçekleştirilen deney sonuçları 51
Tablo 7.13	Temper hadde uygulanmış numuneye, 5 ml inhibitor ilaveli H ₂ SO ₄ asit solüsyonu ile gerçekleştirilen deney sonuçları 52
Tablo 7.14	90 sn Süre İle Her İki Asit Solüsyonuna Tabi Tutulmuş Üç Grup Numunelerinin Pürüzlülük Değerleri 65

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 3.1 : Sıcak haddelenme sırasında oluşan tufal ve katmanları.....	7
Şekil 3.2 : Oluşan değişik tufal çeşitlerini sıcaklığa bağlı olarak miktarları ...	8
Şekil 3.3 : Tufal oluşumunun zamanla bağlılığı.....	8
Şekil 3.4 : Şerit haddede tufal katmanlarının oluşumu.....	9
Şekil 3.5 : Birincil tufal görünüşü.....	10
Şekil 3.6 : Erguvani renkteki kızıl oksit görünüşü ve kızıl renkteki kızıl oksidin görünüşü	11
Şekil 4.1 : (a) Tufal tabakası ile kaplı metal yüzeyine asidin etkisi (b) Laminer yapıya sahip oksit tabakasının asit ile etkileşimi (c) asit solüsyonunda oluşan hidrojen balonlarının tufal tabakası ile etkileşimi	17
Şekil 4.2 : HCl asit solüsyonu ile gerçekleşen asit ile tufal temizleme işleminin şematik gösterimi	18
Şekil 4.3 : HCl asit solüsyonu ile gerçekleşen asit ile tufal temizleme işleminin şematik gösterimi (FeO zengin tufal tabakası)	18
Şekil 4.4 : Sürekli asitleme prosesi akışması	21
Şekil 5.1 : Düşük karbonlu bir çeliğin gerilme deformasyon eğrisi.....	31
Şekil 7.1 : Sıcak haddelenmiş sac numuneye uygulanan HCl asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi ...	38
Şekil 7.2 : Sıcak haddelenmiş sac numuneye uygulanan H ₂ SO ₄ asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	39
Şekil 7.3 : Sıcak haddelenmiş numuneye uygulanan her iki asitleme deney sonuçlarının kıyaslanması	39
Şekil 7.4 : Doğrultma numunesine uygulanan HCl asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi ...	40
Şekil 7.5 : Doğrultma numunesine uygulanan H ₂ SO ₄ asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi ...	41
Şekil 7.6 : Doğrultma numunesine uygulanan her iki asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	42
Şekil 7.7 : Temper numunesine uygulanan HCl asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	43
Şekil 7.8 : Temper numunesine uygulanan H ₂ SO ₄ asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi ...	44
Şekil 7.9 : Temper numunesine uygulanan her iki asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	44
Şekil 7.10 : Sıcak haddelenmiş sac numuneye 5 ml inhibitör ilaveli HCl asit solüsyonu ile gerçekleşen deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	46
Şekil 7.11 : Sıcak haddelenmiş sac numuneye 5 ml inhibitör ilaveli H ₂ SO ₄ asit solüsyonu ile gerçekleşen deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	47

Şekil 7.12	: Sıcak haddelenmiş numuneye uygulanan inhibitory ilaveli her iki asitleme deney sonuçlarının kıyaslanması	48
Şekil 7.13	: Doğrultma numunesine 5 ml inhibitory ilaveli HCl asit solüsyonu ile gerçekleşen deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	49
Şekil 7.14	: Doğrultma numunesine, 5 ml inhibitory ilaveli H ₂ SO ₄ asit solüsyonu ile gerçekleşen deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	50
Şekil 7.15	: Doğrultma numunesine uygulanan inhibitory ilaveli her iki asitleme deney sonuçlarının kıyaslanması	50
Şekil 7.16	: Temper numunesine 5 ml inhibitory ilaveli HCl asit solüsyonu ile gerçekleşen deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	51
Şekil 7.17	: Temper numunesine, 5 ml inhibitory ilaveli H ₂ SO ₄ asit solüsyonu ile gerçekleşen deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybının deney süresi ile değişimi	52
Şekil 7.18	: Temper numunesine uygulanan inhibitory ilaveli her iki asitleme deney sonuçlarının kıyaslanması	53
Şekil 7.19	: Orijinal numuneni asitleme deneyi netabi tutulmuş hali	54
Şekil 7.20	: Doğrultma numunesinin asitleme deneyi netabi tutulmuş hali..	54
Şekil 7.21	: Temper numunesinin asitleme deneyi netabi tutulmuş hali	55
Şekil 7.22	: 10 sn asit solüsyonuna daldırılan orijinal numuneni yüzey görüntüleri	55
Şekil 7.23	: 10 sn asit solüsyonuna daldırılan doğrultma numuneni yüzey görüntüleri	56
Şekil 7.24	: 10 sn asit solüsyonuna daldırılan temper numuneni yüzey görüntüleri	56
Şekil 7.25	: 90 sn asit solüsyonuna daldırılan temper numune görüntüleri	57
Şekil 7.26	: 10 sn Süre İle 5 ml İnhibitory İlavesi Yapılmış Asit Solüsyonlarına Daldırılan Orijinal Numuneni Yüzey Görüntüleri	58
Şekil 7.27	: 10 sn Süre İle 5 ml İnhibitory İlavesi Yapılmış Asit Solüsyonlarına Daldırılan Doğrultma Numunelerini Yüzey Görüntüleri	58
Şekil 7.28	: 10 sn Süre İle 5 ml İnhibitory İlavesi Yapılmış Asit Solüsyonlarına Daldırılan Temper Numune Görüntüleri	59
Şekil 7.29	: 90 sn Süre İle 5 ml İnhibitory İlavesi Yapılmış HCl Asit Solüsyonuna Daldırılan Doğrultma Ve Temper Numunelerini Görüntüleri	59
Şekil 7.30	: Sıcak Haddelenmiş Numuneni Kesitten Görünümü	61
Şekil 7.31	: Doğrultma Numunesinin Kesitten Görünümü	61
Şekil 7.32	: Temper Numunesinin Kesitten Görünümü	62
Şekil 7.33	: 5 sn Süre İle H ₂ SO ₄ ve HCl Asit Solüsyonlarına Tabi Tutulmuş Sıcak Haddelenmiş Numunelerini Kesit Görüntüleri	62
Şekil 7.34	: 5 Sn Süre İle H ₂ SO ₄ ve HCl Asit Solüsyonlarına Tabi Tutulmuş Doğrultma Numunelerini Kesit Görüntüleri	63
Şekil 7.35	: 5 Sn Süre İle H ₂ SO ₄ ve HCl Asit Solüsyonlarına Tabi Tutulmuş Temper Numunelerini Kesit Görüntüleri	64
Şekil 7.36	: 90 Sn Süre İle H ₂ SO ₄ ve HCl Asit Solüsyonlarına Tabi Tutulmuş Temper Numunelerini Kesit Görüntüleri	64

SEMBOL LİSTESİ

HCl	: Hidroklorik asit
H₂SO₄	: Sülfürik asit
CO	: Karbon monoksit
CO₂	: Karbon dioksit
FeO	: Vüslit
Fe₂O₃	: Hematit
Fe₃O₄	: Manyetit
W	: Tünel kalınlığı
A	: Numune yüzey alanı
t	: Sıcaklık
K	: Sabit
FeCl₂	: Demir klorür
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu

MEKANİK İŞLEMLERİN ASİT İLE YÜZEY TEMİZLEME PROSELERİNE ETKİSİ

ÖZET

Sıcak haddelenme veya ısı işleme sırasında çelik yüzeyinde, atmosferdeki oksijen ile demir reaksiyona girerek yapısında demir oksit bulunduran tabakalar meydana getirir. Çelik yüzeyinde oksit tabakalarının varlığı çeliğin şekilleneceği yada soğuk haddeleneceği koşullarda istenmeyen durumlara sebep olmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda oluşan bu oksit tabakalarını ortadan kaldırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler; abrasiyona, fırçalamaya, asit ile tufal giderme, tuz banyosu ve alkali temizleme olarak sıralanabilir. Çelik üretiminde tercih edilen yöntem asitleme yani asit ile tufal giderme prosesi dir. Asitleme prosesi, asit çözümü olarak hidroklorik (HCl) veya sülfürik asidin (H₂SO₄) kullanıldığı, metal yüzeyine hiçbir etki yapmadan mevcut olan oksit tabakalarının çözülmesi için bir deşileme malzemesi yüzeyinde arındırıldığı bir kimyasal prosedir. Asit ile tufal giderme reaksiyonlarında, çözümün asit konsantrasyonu, çözüm içerisindeki demir klorür yada demir sülfat miktarı, çözüm sıcaklığı ve inhibör kullanımı reaksiyon hızını belirleyen önemli parametrelerdir.

Bu çalışmada sıcak haddelenmiş çelikler, asit ile tufal temizleme prosesi öncesi gerçekleştirilen doğrudan ve temper hadde mekanik işlemlerine tabi tutulmuş ve mekanik işlemlerin asit ile tufal giderme işlemine etkisi incelenmiştir. Uygulanan mekanik işlemler sayesinde malzemede oluşan deforasyonlar, tufal tabakalarının yüzeyden ayrılmasına neden olmuş, bu sayede tufal giderme reaksiyon hızı artmıştır. Ayrıca mekanik işlemler sayesinde sıcak haddelenmiş çelik yapısında oluşan lüders bantları giderilmiştir.

Deneysel çalışmalarda, hidroklorik ve sülfürik asit kullanılarak, her iki asidin reaksiyon mekanizmaları karşılaştırılmıştır. Elde edilen ağırlık kaybı değerleri yardımıyla hidroklorik asit ile gerçekleştirilen reaksiyonun sülfürik asit ile gerçekleştirilene göre daha hızlı meydana geldiği ortaya çıkmıştır.

THE EFFECT OF MECHANICAL PROCESSES IN PICKLING LINE

SUMMARY

Oxygen in the atmosphere and iron exist in the steel reacts during hot rolling or heat treatment of steel and as a result, oxide layers form on the steel surface. Oxide layers on the steel surface causes unexpected events during metal forming or cold rolling. There are many methods are used in industrial application to eliminate these unwanted oxide layers. Those methods are abrasive blasting, brushing, acid pickling, salt bath descaling and alkaline cleaning. In the steel production industry acid pickling used for descaling. Acid pickling is a kind of chemical process in which oxide layers are removed from the metal surface without affecting the main metal by using HCl or H₂SO₄. Acid concentration, amount of iron chloride or iron sulfate in the solution, solution temperature and using inhibitor are the parameters those effect the chemical reaction in descaling with acid operation.

In this thesis, before pickling process, flattener and temper mill mechanical process were applied to hot rolled steel samples and the effect of mechanical processes on acid descaling process was observed. Applied mechanical processes caused deformations and those deformations help to removal of oxide layers from the surface, as a result affect the descaling reaction speed. In addition, Luders band that was formed during hot rolling was also eliminated by mechanical process.

In experiments, HCl and H₂SO₄ were used and reaction mechanisms of these acid were compared. Reaction speed is related with the weight loss and reaction with HCl was detected higher than that of H₂SO₄.

1. GİRİŞ

Cevherden ve hurdadan çelik üretiminin gerçekleştirildiği günümüzde, üretim prosesleri sırasında, istenmeyen bir takım olumsuzluklar meydana gelmekte ve bu olumsuzlukların giderilmesi üzerine araştırmalar devam etmektedir. Yaşanan bu olumsuzlukların biride, çeliklerin sıcak haddelenme yada ısıl işlemleri sırasında yüzeyde oluşan tufal tabakası problemi dir. Tufal, ısıtma ve haddelenme işlemleri sırasında çelik ile oksitleyici bileşiklerin kimyasal tepkimeleri sonucunda meydana gelen bir demir oksit bileşiktir. Çelik yüzeyinde oksit tabakalarının varlığı çeliğin şekilleneceği yada soğuk haddeleneceği ve kaplanacağı koşullarda sorunlara sebep olmaktadır.

Oluşan bu oksit tabakası problemi ortadan kaldırmak için bir çok araştırma yapılmış, yapılan incelemeler ışığında çeşitli yöntemler ortaya konmuştur. Bu yöntemler; abrasiy ve püskürtme, fırçalamaya, asitleme, tuz banyosu ve alkali temizleme olarak sıralanabilir. Endüstriyel çelik üretiminde tercih edilen yöntem asit ile yüzey temizleme yani asitleme prosesi dir.

Asitleme prosesi farklı asit solüsyonları kullanılarak, metal ana yüzeyine hiçbir etki yapmadan mevcut olan oksit tabakalarının çözüldüğü diğer bir deyişle malzeme yüzeyinde arındırıldığı bir kimyasal proses tir. Çelik üretiminde asit solüsyonu olarak hidroklorik (HCl) veya sülfirik asidin (H₂SO₄) tercih edilirken, paslanmaz çelik üretiminde ise hidroklorik ve nitrik asit karışımı kullanılmaktadır.

Sıcak haddelenmiş veya ısıl işleme tabi tutulmuş çelik malzemeler, belirli sıcaklık ve oranlardaki asit solüsyonlarıyla reaksiyona girmekte ve reaksiyon sonucunda yüzey tufal tabakasından arındırılmaktadır. Asit ile tufal giderme reaksiyonlarında, solüsyonda kullanılan asidin cinsi ve konsantrasyonu, solüsyon içerisindeki demir klorür yada demir sülfat miktarı, solüsyon sıcaklığı ve inhibör kullanımı reaksiyon hızını belirleyen en önemli parametreler dir.

Bu çalışmada sıcak haddelenmiş çelikler, asit ile tufal temizleme prosesi öncesi gerçekleşen doğrultma ve temper hadde mekanik işlemlerine tabi tutulmuş mekanik

işlemlerin asit ile tufal giderme işlemlerine etkisini incelemesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmalarda, hidroklorik ve sülfürik asit kullanılarak, her iki asidin tufal giderme işlemlerine etkisini saptamak amaçlanmıştır.

2. SICAK HADDELEME PROSESİ

Sıcak haddelenme prosesi, adından da anlaşılacağı gibi dökümhanelerde üretilen slabların yüksek sıcaklıklarda haddelenerek istenilen kalınlıkta levha veya rulolu haline getirilmesi dir. Yapılan çalışmalarda deney numunelerini aldığı ERDEMİR Sıcak haddehanesi, 1965 yılında üretimi başla mış olup Isıtma fırını, Kombineli hadde, Şerit hadde, Levha ikmal ve normalizasyon fırını ile slabtan levha ve rulolu hale üretilen 733.000 ton net malzeme üretimi yapılmaktadır. Ek 2.1’de sıcak haddelenme süreci gösterilmiştir [1].

2.1 Slab Isıtma Fırını

Sıcak haddelenme öncesi slablar, dökümdendirit yapılarının uzaklaştırılması, çoğu alaşım elementlerinin yapı içerisinde çözülmesi ve malzeme üzerinde uniform bir sıcaklığın elde edilmesi için slab ısıtma fırınlarında yaklaşık 1250°C ye kadar ön ısıtmaya tabi tutulurlar. ERDEMİR’de mevcut olan slab fırını itmeli tip olup, üç bölgeden oluşmaktadır. Isıtma kapasitesi soğuk şarj için 110 ton/saat, Sıcak şarj için 150 ton/saattir. Isıtma fırınlarında yakıt olarak kok gazı ve fuel oil kullanılmaktadır. Verimli yanma kontrolü için oksijen analizörü ve çevre kirliliğini önlemek için atık gazda CO, CO₂ vb. gibi gazların ölçümleri için gaz analizörü mevcuttur. Slab fırınında yaklaşık 1250°C kadar tavlanan slablar haddelenmek üzere transfer masasına düşürülür. Isıtma fırınına ait teknik özellikler Tablo 2.1’de görülmektedir [1].

Tablo 2.1: Slab Isıtma Fırını Teknik Özellikleri [1]

Isıtma Kapasitesi	110 ton/saat
Tip/ Bölge adedi	İtmeli / 3
Yakıt Sarfıyatı	48.000 Kcal/saat
Kullanılan Yakıt Türü	Kök gazı - Fuel oil
Ebatlar(UzunlukxGenişlik)	(25.9x6.7) m

Isıtma fırınlarından çıkan slablar, ısıtma sırasında yüzeyde oluşan 2 ila 5 mm kalınlığındaki birincil tufal olarak adlandırılan oksit tabakalarının giderildiği tufal temizleme (descaler) ünitesinden geçirilir. Bu sistemde malzeme yüzeyine yaklaşık 150-180 bar basınçta su püskürtülmeiktir. Eğer bu bölümde yüzeydeki tufal uzaklaştırılmaz ise nihai ürün yüzeyi beklenen düzeyde olmaz [1].

2.2 Kombineli Hadde

1250 °C kadar tavlanan slablar transfer masaları yardımı ile kombineli hadde bölgesine taşınır. Daha sonra dik hadde ile genişlik kombineli hadde ile de kalınlık ezmesi (slabın ileri-geri geçirilmesi) gerçekleştirilir. Genellikle 7-15 paso sonrasında istenen kalınlığa kadar inceltmiş olan malzeme den levha üretimi yapılacaksa slab makasında istenen boylarda kesilir, levhalar doğrultma ünitesinden geçirildikten sonra soğutma yatağında havada soğumaya bırakılır. Rulo üretimi yapılacaksa transfer masası ile şerit hadde bölgesine taşınır. Kombineli haddeye ait teknik özellikler Tablo 2.2'de görülmektedir [1].

Tablo 2.2: Kombineli Hadde Teknik Özellikleri [1]

İş Mordane Çapı	1000 mm
Destek Mordane Çapı	1346 mm
Mordane Boyu	2895 mm
Motor Gücü	3500x2 HP
Dik Hadde Motor Gücü	300x2 HP
Tufal atıcı Su basıncı	180 bar

2.3 Şerit Hadde

Steckel Mill olarak da adlandırılan şerit haddeni işlevi, kombineli hadde 16-30 mm kalınlığa kadar inceltmiş olan şerit ön malzemesini istenilen kalınlığa kadar

haddel eyip rul o olarak sar makt ır. Şerit haddeye ait teknik zellikler Tablo 2.3' de grsteril miŐtir. Tek stand tipi nde olup drtl  düzenekte alıŐan Şerit hadde giriş ve çıkışında Şeridin sıcaklık kaybını azaltmak için tamburlu fırınlar bulunmaktadı r. Ayrıca otomatik kalınlık kontrol (Automatic Gauge Control), eksen kaydırma (Shifting) ve eğme (Bending) fonksiyonları yanında haddelerin eksene göre pozisyonlarının değişimi (Shifting) sayesinde malzemenin dzgnl ğ (Hatness) kontrol altında tutularak daha ho mjen bir malzeme elde etmek mnkn olmaktadır. Genellikle 7-11 paso sonrasında istenen 4-20 mm kalınlığa kadar incelti miŐ olan malzeme duşlu masalardan geerirken 500-700 C kadar soğut ulur. Nhai kalınlığna kadar haddelenip sarma sıcaklığına kadar soğut ulan malzeme bobin sarma nitesi nde rul o haline getirilir. Rulolar konveyör yardımı ile haddehane hol  dışına, sonra da vagonlara yüklenerek stok sahasına veya soğuk haddehane sıcak makaslara boy kesmek için gönderilir [1].

Tablo 2.3: Şerit Hadde Teknik zellikleri [1]

Kapasite	733 000 ton/yıl
İŞ Mrdane apı	660 mm
Destek Mrdane apı	1244 mm
Mrdane Boyu	1676 mm
Mbt or Gücü	3500X2 HP
Bobin Sarma Kalınlığı	4-25 mm

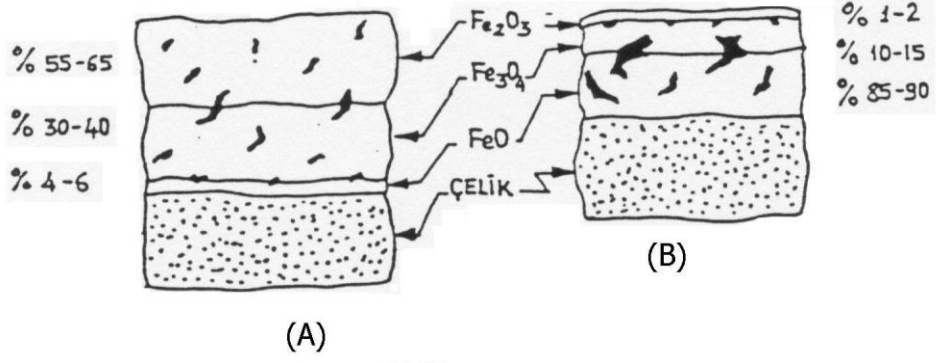
3. TUFAL OLUŞUMU VE ÇEŞİTLERİ

3.1 Tufal Oluşumu

Tufal, ısıtma ve haddelenme işlemleri sırasında çelik ile oksitleyici bileşiklerin kimyasal tepkimeleri sonucunda meydana gelen bir demir oksit bileşimidir. Sıcak haddehanede tufal yada oksit oluşumu dört ayrı safhaya ayrılabilir [2].

- Birincil Tufal: Tufal atıcı ile temizlenmesi gereken, tav çukurlarında yada ısıtma fırınlarında oluşan tufaldir.
- İkincil Tufal: Malzemenin kombine hadde işlenmesi sırasında meydana gelen tufaldir. Bu tip tufallar, malzeme şerit haddeye girmeden önce temizlenmesi gerekmektedir.
- Şerit Hadde Oksidi: Şerit hadde tufal atıcısından sonra oluşan ve haddelenme sırasında bir takım değişimlere uğrayan oksittir.
- Sıcak Haddelenmiş Bobin Oksidi: Şerit haddede oluşan, duşlu masada soğutma spreyleri ve bobinin soğuması sırasındaki gelişmeler tarafından bir takım değişimlere uğrayan oksittir [3].

Tufal Şekil 3.1'de görüldüğü gibi üç değişik katman halinde oluşur. En içteki tabaka, en düşük oksijen içeriği olan wüslit (FeO), ortadaki tabaka manyetit (Fe_3O_4) ve dıştaki mevcut olan tabakada hematit (Fe_2O_3)'dir. Şekil 3.1. A'de ısıtma fırınında oluşan ve kalınlığı 3 mm olan tipik bir tufal görülmektedir. Şekil 3.1. B'de ise, kombine hadde işlemleri sırasında oluşan 0,2-0,6 mm kalınlığındaki tufal tabakası gösterilmiştir. Şerit haddede oluşan tufal kalınlığı 0,12 ila 0,38 mm arasında değişmektedir [2].



Şekil 3.1: Sıcak Haddelme Sırasında Oluşan Tufal Ve Katmanları [2]

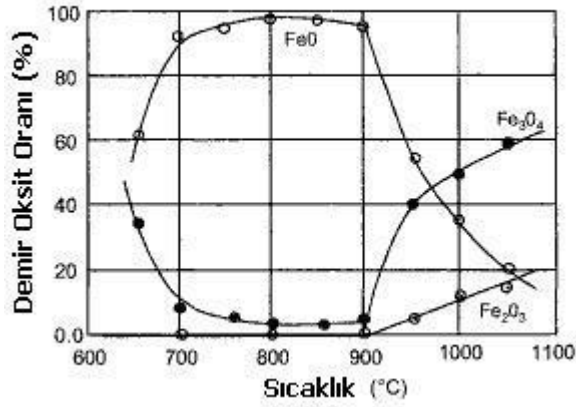
Tablo 3.1’de bir slabın kimyasal analizi ve ısıtma fırınında slab yüzeyinde oluşmuş olan tufalın kimyasal analizi gösterilmektedir. %değişimkolonunda görüldüğü gibi, C, S ve Al gibi elementler tamamen kaybolmuş, Mn, P ve Si gibi elementler tufal yapısına geçmiş, Cu ve Ni gibi elementler kısmen çelik yüzeyinde kalmış, son olarak da Cr, V ve Nb gibi elementler ise tamamen çelik içinde kalmış görülmektedir [2].

Tablo 3.1: Bir Slabın Ve Bu Slab Üzerindeki Tufalın Kimyasal Analizi [2]

Element	Slab	Tufal	% Değişim
C	.093	.000	-100
S	.005	.000	-100
Mn	.930	1.040	+12
P	.011	.023	+109
Si	.180	.430	+139
Al	.029	.000	-100
Cu	.220	.130	-41
Ni	.180	.093	-48
Cr	.040	.000	-100
V	.044	.000	-100
Nb	.010	.000	-100

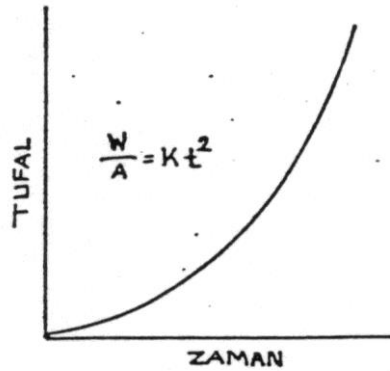
Tufal oluşumu genellikle zaman ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak tarif edilebilmektedir. Şekil 3.2’de farklı sıcaklıklarda tufal oluşumlarının nasıl gerçekleştiği görülmektedir. Isıtma fırınlarında oluşan tufal tabakasında FeO içeriğinin diğer oksitlere olan oranı kombine hadde esnasında oluşan tufal içeriğine

göre çok daha farklıdır. Bunun yanı sıra şerit hadde ve sarılma esnasında oluşan oksit içerikleri farklı karışımlar arz etmektedirler [4].



Şekil 3.2: Oluşan Değişik Tufal Çeşitlerini Sıcaklığa Bağlı Olarak Miktarları [4]

Daha öncede belirtildiği gibi tufalın büyümesinde en önemli faktör sıcaklıktır. Şekil 3.3'de tufalın büyüme hızı zamanla bağlı olarak gösterilmektedir. Tufalın büyüme hızının zamanla bağlı olarak değişiminden elde edilen sonuçlar ışığında bulunan formülde belirtilen W tufalın ağırlığı, A numunenin yüzey alanı, t: sıcaklık, K sabittir. K sabiti sıcaklıkla doğru orantılıdır yani düşük sıcaklıklarda çok düşük, yüksek sıcaklıklarda ise çok büyüktür [2].

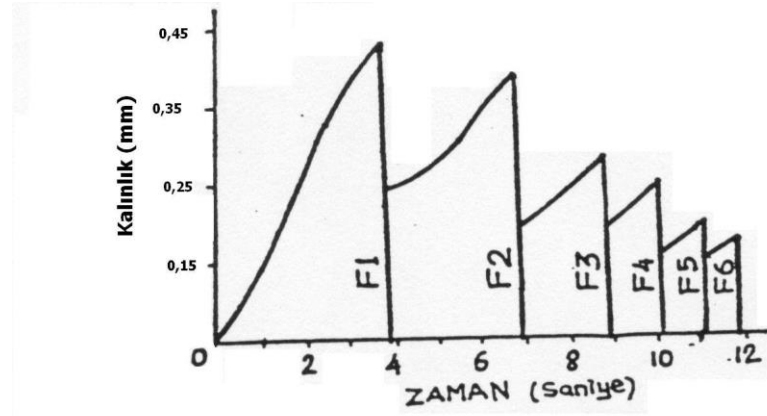


Şekil 3.3: Tufal Oluşumunun Zamanla Bağlılığı [2]

Sıcak haddelenme bölümünde de bahsedildiği gibi, ısıtma fırınlarında meydana gelen fırın tufalı, tufal atıcı tarafından temizlenir. Isıtma fırınından kombi ne haddeye giren slabda tekrar tufal oluşumu gözlemlenmektedir. Tufalın üç tabaka halinde oluşması tufal atıcıdan hemen sonra başlar. Büyüme hızı oksit tabakalarının kalınlığı ile çeşidini belirleyen zaman ve sıcaklığa bağlıdır. Şerit haddeleme yönteminde kombi ne haddeleme sürecinde gerçekleştirilen tufal atma işlemi iktiz tatbik edilir.

Bu sayı bazen beş defaya kadar edildiği de olur. Şerit haddeye gelen şerit ön malzemesi, tatbik edilen tufal atma işlemi sayısına, sıcaklığa, kimyasal kompozisyonuna ve haddelenme zamanına bağlı olarak değişik kalınlıkta tufal bağlayacaktır. Malzeme şerit haddeye girmeden önce, şerit hadde tufal atıcısı ikinci tufalın hepsini temizlemiştir [4].

Şerit haddeni n önünde malzeme ye tufal atma işlemi uygulandıktan sonra, son oksit oluşmaya başlar. Oluşan tufalın miktarı yine zaman, sıcaklık, kimyasal kompozisyon ve haddelenme hızına göre değişen haddelenme zamanına bağlıdır. Şekil 3.4’de tufalın nasıl büyüdüğü ve her pasoda ezildikten sonra tekrar nasıl büyüdüğü gösterilmektedir. En çok büyüme ilk birkaç ayakta, en az büyüme de son ayaktadır [2].



Şekil 3.4: Şerit Haddede Tufal Katmanının Oluşumu [2]

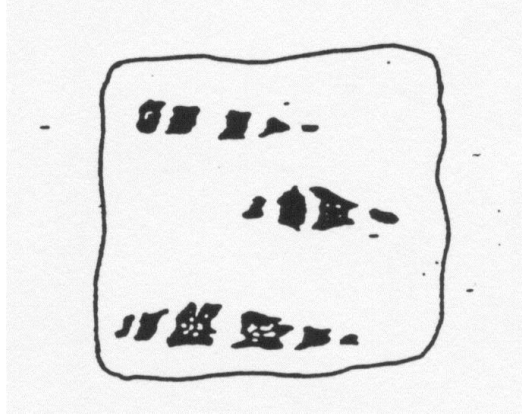
Oksidin büyümesi şerit haddeden sonrada durmaz. Çıkış masasında malzemenin ilerlemesi sırasında oksitlenme işlemi soğumanın şiddetine bağlı olarak bir müddet gecikir. “Sıcak baş-kuyruk uygulamaları”, kuyruk kamurları sarılma sırasında kuyruktaki hızlanma ile kalınlık dağılımı ve her yere aynı oranda süpürtülmesi v.s gibi sebeplerin hepsi son oksidin oluşumunu etkileyerek bobinde farklı “ısıllıklar” ortaya çıkarır. [3]

3.2 Tufal Çeşitleri

Tufal probleminin çözümü ve kontrolü, tufal oluşumunun bilinmesiyle, haddelenme işlemleri ve tufal atma işlemleri hakkında tam bilgiye sahip olunmasıyla başlar. Birçok haddehanede görülen tufal çeşitleri şunlardır [2]:

3.2.1 Birincil Tufal

Birincil tufal ısıtma fırınlarında meydana gelir. Eğer tufal, kombineli haddede ilk iki pasodan önce tufal atıcı ile atılmazsa tufal problemi genellikle ortaya çıkar. Şekil 3.5'de birincil tufal görünüşü gösterilmektedir [1].



Şekil 3.5: Birincil Tufal Görünüşü [2]

Bu tufalın atılmasınındaki ana sebepler şunlardır [2]:

- Yetersiz tufal atma kuvveti
- Uygun olmayan başlık (header) tasarımı
- Uygun olmayan tufal atıcı perdesi tasarımı
- Sıçrama (tufalın sıçrayarak haddeni altına girmesi)
- Slabın uzunluğu
- Paso hattının değişmesi

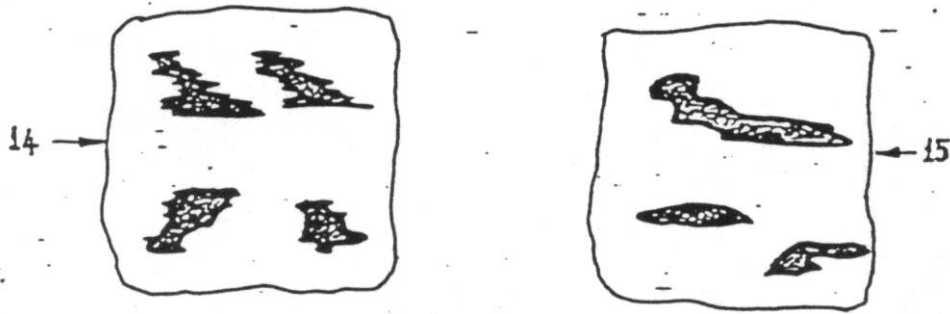
3.2.2 İkinci Tufalı

Bu tufal, tufal atmadaki zorluklar nedeniyle temizlenmeyen birincil tufalın değişik bir çeşidir. Her zaman olmakla birlikte birincil kızıl oksit ile yakından ilgilidir. Ana nedenleri şunlardır;

- Slab yüzeyinin kirli olması
- Bölgesel aşırı ısıtma
- Isıtma sırasında cehennemlikte uzun süre bekletme [2]

3.2.3 Birincil Kızıl Oksit

Birincil kızıl oksit tufalının erguvani ve kızıl olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. Bu iki çeşidi renklerinin farklı olmasından tanımlanabilir. Ayrıca, serbest oluşum biçimi olması da kaynağının fırından geldiğini gösterir. Serbest oluşum şekilleri az çok geometrik ve genellikle kaba çizgilerdir. Birincil kızıl oksit, fırının ısıtma pratiği, kimyasal kompozisyon ve tufal atmanın bir sonucudur. Şekil 3.6'da erguvani renkteki kızıl oksidin tipik şekli ve daha düzgün şekilli ve kırmızı renkteki kızıl oksidin şekli gösterilmektedir [2].



Şekil 3.6: Erguvani Renkteki Kızıl Oksit Görünüşü Ve Kızıl Renkteki Kızıl Oksidin Görünüşü [2]

3.2.4 İkincil Tufal

İkincil tufal kombinasyon hadde tufal atıcısından sonra oluşur ve çok küçük parçacıklar halindedir. İkincil tufal atıcı (şerit hadde tufal atıcısı) bu küçük parçacıkların her birini temizlemek gibi bir problemle karşılaşır. Temizlenmeyen parçacıklar küçük parçacıkların oluşmasına yol açar. Her halükarda ikincil tufalın nedeni tufal atma sistemindeki bir eksiklikten kaynaklanır. Bu eksiklikler şunlar olabilir [2].

- Basıncın düşmesi
- Tıkanmış süzgeçler
- Sprey başlıklarının konumu
- Sprey başlığının diyezmi
- Mermelerin konumu
- Yetersiz yapı montaj teknikleri

3.2.5 Şerit Halinde Tufal (Tıkalı Meme Tufalı)

Bu tipten tufal adından da anlaşılacağı gibi tıkalı memeden kaynaklanmakta ve malzeme boyunca şerit biçiminde uzanmaktadır. Şerit halinde tufal birincil veya ikincil olabilir. Birincil durumda tufal oluşumuna tıkalı olan meme veya memeler neden olurken ikincil tufala ise;

- Kısmen tıkalı bir meme
- Spreylerin arasında boşlukların olması
- Paso hattında şeridin oynaması
- Aşınmış memeler
- Yanlış memetakilması
- Başlıkların yetersiz yapımla montaj teknikleri
- Memelerin dizilmesi [2]

3.2.6 İkincil Sıçrama Tufalı

Her kombineli haddede her de şerit haddede yapılan genel uygulamada, tufal atma memelerinin giriş açısını 15 derece olarak ayarlanmaktadır. Bu durum bazen yaralı olurken bazı durumlarda da sıçramalı tufal oluşumuna neden olmaktadır. Memelerin ayarlı olması tufal parçacıkları üzerinde geriye doğru büyük bir kuvvet meydana getirir. Bu kuvvet tufal parçacıklarının haddeye doğru sıçramasına neden olur. Sonuç olarak tufal yüzeyden atılmış olmasına rağmen parçacıklar su ile haddeye doğru itilmişlerdir. İtilen küçük tufal parçacıkları F1 ayağı tarafından malzemeye gömülür. Kusur, temper haddeden sonraki işleme kadar görülmez. Karakteristik şekli, merkezinde oyuk olan bir göz yaşı dırması gibidir [2].

3.2.7 İkincil Kıızl Oksit

Bu çeşit tufalın oluşmasına şerit haddede soğutma suyu neden olur. Tufal atıcıdan sonra en son oksit olurken sıcaklık (800°C) oldukça değişir. Bu okside soğuk su çarpınca oksitlenme işlemi durur. Oluşmuş olan oksit plastik olmadığından dolayı bir sonraki ayakta uzama sırasında kırılır. Bu olay gerçekleşince tufal malzeme yüzeyinde kızıl oksit olarak kalır. İkincil oksidin şekli ince uzun ya da büyük leke biçimindedir. İkincil kızıl oksidin ince uzun olmasına Şekil 3.4'de gösterilen F1, F2

ve F3 bölgelerinde şeride çarpan su parçacıkları neden olurken, büyük leke biçiminde olmasına ise, giriş veya çıkış sınırlarından büyük su küreciklerinin düşmesi neden olur [2].

3.2.8 Isıl Tufal

Bu tufal çeşidi, şerit haddede oluşurken genellikle yüksek iletkenlik sıcaklığına sahip olan bobinlerde görülmektedir. Yüksek sıcaklık oksitlen tufal atıcısından sonra normalden daha fazla büyümesine yol açar. Ayrıca yüksek sıcaklıklardaki bobinler yavaş haddelendiğinden oksitlen büyümesi için gereken zaman daha uzundur. Isıl tufalı, F2' ye ve/veya F3' e (Şekil 3.4) geldiği zaman oldukça kalınlaşmış soğumuş ve plastikliği azalmıştır. Sonuçta tufal mardanenin kayma hareketiyle kırılıp birbiri üzerine yapışarak ısıl tufalı meydana getirir. Pürüzlü mardaneler, bobin başının tufal atıcısından hızlı geçmesi ve kombin haddedeki yüksek sıcaklığın muhafaza edilmesi problemi artırır [2].

3.2.9 Tuz Biberi Tufalı

Bu tufal çeşidi ısıl tufal ve mardane aşınma tufal çeşidi ile ilgilidir. Oksit tabakası F2 ve F3 bölgelerinde kırılır ve bazen bu kırılan oksitler mardaneye yapışır. Mardane bir turutama malzemesi ufacık parçacıklar halinde malzemeye gömülürler. Aşınmış olan mardane daha pürüzlü olacağından bu tip bir tufalın oluşma ihtimalini arttırabilir. **Qay;**

- Tufal atıcı başlıklarının konumu
- Tufal atıcının soğutma farklılıkları
- Şerit Sıcaklığı
- Ezme miktarı

Faktörlerinin birleşimidir. Önlenmesi oldukça zordur. Ancak yağlı haddelene ve krom mardane kullanımı kolaylık sağlar [2].

3.2.10 Mardane Aşınma Tufalı

Mardane aşınma tufalı, şerit haddede F1, F2 ve F3 bölgelerinde (Şekil 3.4) meydana gelen üçüncü tufal çeşididir. Burada problem sadece oksit oluşumu değil mardanelerin aşınmasından kaynaklanmaktadır. Mardane aşınmaya başladığında ilk

işaret tuz bi beri tufalıdır. Mordane yüzeyi ufalanıp dökülükçe yüzeyi oldukça pürüzlü hale gelir. Şeridin yüzeyindeki oksit tabakası kırılıp iki kat olarak tekrar şerit yüzeyine yapışır. Mordane aşınmaya devam ettikçe yüzeyin döküldüğü kısmın iyileştiği kısmarasındaki sınırlar genişler. Yüzeyin döküldüğü kısmın haddelendirme işleminin neticesinde düzleşmeye başlar. Problemin çözülmesi için haddelendirme programlarının uzunluk bazında programlanması ve mordanelerin bu bazda değiştirilmesi gerekir [2].

4 ASİTLEME PROSESİ

Sıcak haddelene veya ısıl işleme sırasında çelik yüzeyinde, atmosfere oksijen ile demir reaksiyona girerek yapısında demir oksit bulunduran kabuklar oluşmaktadır. Çelik yüzeyinde oksit tabakalarının varlığı çeliğin şekilleneceği yada soğuk haddeleneceği ve kaplanacağı koşullarda sorunlara sebep olmaktadır. Oluşan bu oksit tabakalarını ortadan kaldırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler; abradiv püskürtme, fırçalamaya, asitleme, tuz banyosu ve alkali temizleme olarak sıralanabilir. Çelik üretiminde tercih edilen yöntem asitleme prosesi dir [5].

Asitleme prosesi asit solüsyonu olarak hidroklorik (HCl) veya sülfirik asidi (H_2SO_4) kullanıldığı, metal ana yüzeyine hiçbir etki yapmadan mevcut olan oksit tabakalarının çözülmesi, diğer bir deyişle malzeme yüzeyinde arındırıldığı bir kimyasal prosesdir. Tablo 4.1'de çelik malzemelerin HCl ve H_2SO_4 asit kullanılarak gerçekleştirilen asitleme prosesinin girdi ve çıktı miktarları gösterilmiştir. HCl kullanılarak gerçekleştirilen prosesler, oksit tabakasının giderilmesini yanı sıra yüzeyde bulunan hafif pası temizlemek ya da kaplamaya öncesi metal yüzeyini aktif hale getirmek için kullanılabilir. Pas temizleme ve kaplamaya öncesi yüzeyi aktif hale getirmek için kullanılan asit konsantrasyon değeri, sıcaklık ve kullanım oranlarının tipik asitleme proseslerinden düşük olmasından dolayı asitleme operasyonu olarak kabul edilir [5].

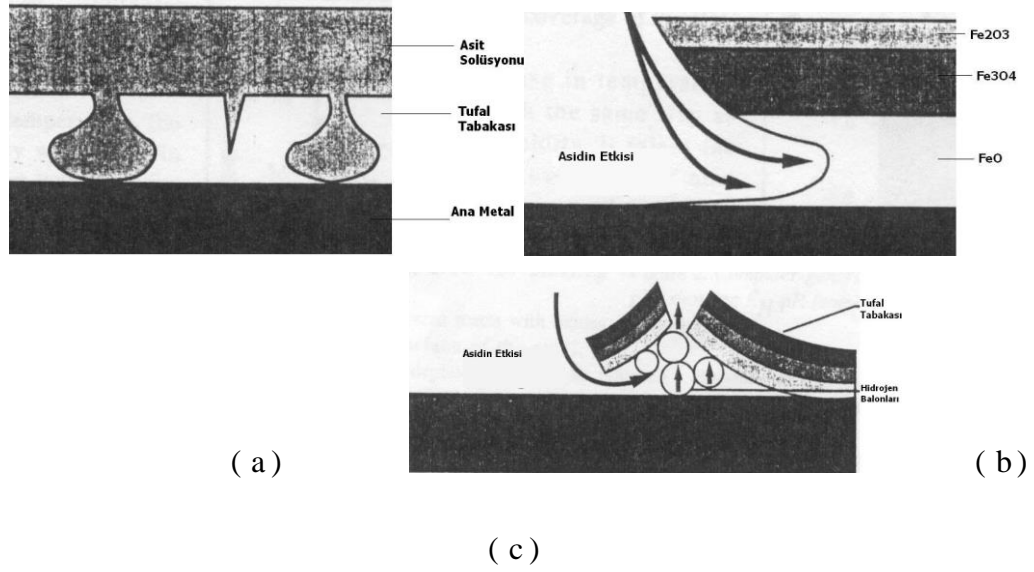
Tablo 4 1: Asitleme Prosesinin Grd ve Çıktı Mktarları [5]

	Birim	HCl	H₂SO₄
Met al			
Proses e giren mlz mlk	ton	1	1
Prosesden çıkan mlz mlk	ton	0,98	0,99
Sarfiyat ve Dğer Grdler			
Elektrik	kWh	18,2	18,2
Su	10 ³ m ³	1,2	1,8
H ₂ SO ₄ (25 %)	ton	N A	0,092
HCl (17 %)		0,15	N A
Çalışma Zamanı	saat	0,23	0,23
Çıktılar			
Kirli Asit	ton	0,17	0,0975
Demir	kg	16,5	5,08
Serbest Asit	kg	1,27	9,2
Toplam Asit	kg	30,8	18,28
Sülfat	kg	N A	17,55
Klorit	kg	21,86	N A
Durulama Suyu	10 ³ m ³	1,2	1,8
Demir	kg	0,22	0,725
Serbest Asit	kg	0,43	1,31
Toplam Asit	kg	0,84	2,6
Sülfat	kg	N A	2,5
Klorit	kg	0,6	N A

N A: Analizi yapılmamıştır

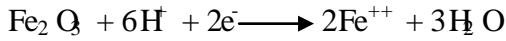
4.1 Asitleme Prensipli

Daha önce de bahsedildiği gibi asitleme tufal temizleme prosesi, asit solüsyonu olarak metal ana yüzeyine hiçbir etki yapmadan mevcut olan oksit tabakalarının malzeme yüzeyinde arındırıldığı bir kimyasal prostestir. Şekil 4.1’de yüzey temizleme işlemlerinin oluşum çeşitleri gösterilmiştir. Şekil 4.1.A’da tufal ile kaplı metal yüzeyine asidin etkisi görülürken Şekil 4.1.B’de ise laminar yapıya sahip oksit tabakasının asit ile etkileşimi gösterilmektedir. Son olarak, Şekil 4.1.C’de ise asit solüsyonunda oluşan hidrojen balonlarının tufal tabakası ile etkileşimi verilmiştir [6].



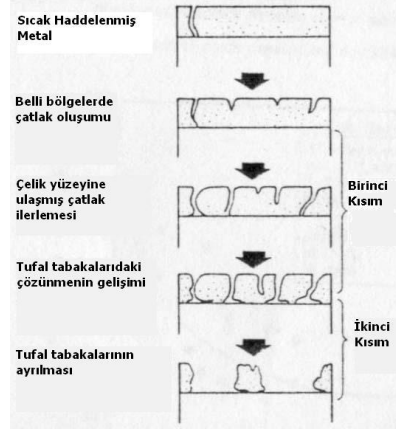
Şekil 4 1: (a) Tufal Tabakası İle Kaplı Metal Yüzeyine Asidin Etkisi (b) Laminer Yapıya Sahip Oksit Tabakasının Asit İle Etkileşmesi (c) Asit Solüsyonunda Oluşan Hidrojen Balonlarının Tufal Tabakası İle Etkileşimi [6]

Oluşan bu etkileşimler ışığında genel bir tufal çözünme reaksiyonu



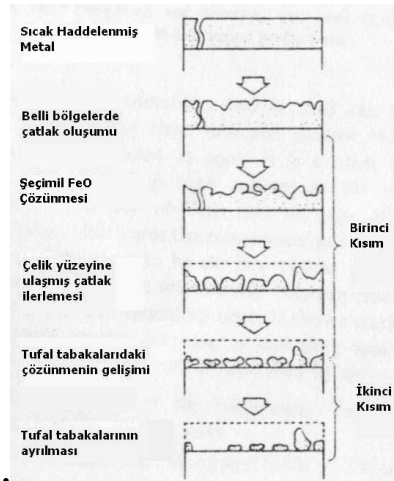
Şeklinde gerçekleşir. Reaksiyonda mevcut olan oksit stoikiometresi ve kullanılan asit çeşidi değiştirilebilir [6].

Yamaguchi ve Yoshida tarafından yapılan çalışmada, tufal tabakalarının asit solüsyonu ile temizlenmesi işleminin temel olarak iki kademeden oluştuğu açıklanmıştır. İlk kısmında, yüzeyde bulunan kimyasal çatlaklar tufal tabakası ile çelik yüzeyi sınırına ilerleyerek tufalların benek halinde ayrılmasına neden olur. Zaman ilerledikçe oluşan benek sayısında artış gözlenir (Şekil 4.2). Çatlak yoğunluğu yeterli sayıya ulaştığında temizleme işleminin ikinci kısmı başlamıştır. İkinci kısımda, tufal tabakası ile çelik sınırında tufal çözünmeleri başlar. Tam bu zamanda tufallar büyük parçalar halinde yüzeyden ayrılmaya başlar [7].



Şekil 4.2: HCl Asit Solüsyonu İle Gerçekleşen Asit İle Tufal Temizleme İşlemi'nin Şematik Gösterimi [7]

Fe O içeriği zengin olan tufal tabakalarında reaksiyon değerlerine nazaran farklı gerçekleşmektedir. Yapıda bulunan çatlaklar çelik yüzeyine doğru ilerlemek yerine, Şekil 4.3'de görüldüğü gibi Fe O yapısını çözecek şekilde bir yol çizerler [7].



Şekil 4.3: HCl Asit Solüsyonu İle Gerçekleşen Asit İle Tufal Temizleme İşlemi'nin Şematik Gösterimi (Fe O ce zengin tufal tabakası) [7]

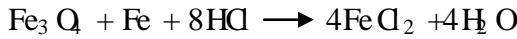
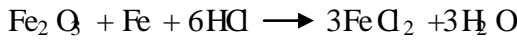
4.2 HCl Asitleme Prosesi

1964 yılı başlarında, bir çok asitleme prosesi sülfürik asit kullanımdan hidroklorik asit kullanıma doğru bir değişim göstermiştir. HCl ile asitlemenin H_2SO_4 'e ile asitlemeye göre avantajları şöyle sıralanabilir [8];

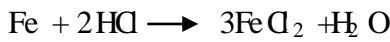
- Karbon çelikleri için en uygun asit hidroklorik asittir. Çünkü, sülfürik asidin metal oksitleri çözebilme gücü hidroklorik aside göre daha zayıftır.

- HCl asidinin asitleme hızı daha fazladır. Aynı sıcaklık ve konsantrasyonda HCl ile asitleme süresi, H₂SO₄ ile asitleme süresinin yaklaşık yarısıdır.
- HCl asitlemede alaşım kalıntılarının ve diğer katkı maddelerinin çözünmesi sonucu daha temiz ve daha parlak bir yüzey elde edilir.
- HCl asitlemede aşırı asitleme tehlikesi ve hidrojen kırılabilirliği çok daha azdır.
- Asitleme tankı dibinde partikül birikimi çok azdır. Çünkü FeCl₂'ün çözünürlüğü çok yüksektir. Dolayısıyla tankın sık sık temizlenme problemi yoktur.
- Atık asidin yeniden kazanımı çok daha kolaydır. Dolayısıyla özgül asit tüketimi daha azdır.

Demir oksitlerin HCl asit içerisinde çözünmesiyle birlikte aşağıda belirtilen reaksiyonlara bağlı olarak demir klorür ve su oluşumu gözlemlenmektedir [5].



HCl asit ayrıca çelik ana yüzeyi ile reaksiyona girerek demir klorür oluşturmaktadır.



Bunun yanında asit solüsyonlarına kullanılan asidin malzeme yüzeyine etkisini azaltmak aynı zamanda demir oksit ile reaksiyonuna tercihi olarak izinin vermesi için inhibitör ilavesi gerçekleştirilmektedir. Asitleme oranı, çeliğin kalitesine, çelik yapısındaki mevcut oksit yapısına, solüsyon içerisindeki asit ve demir klorür konsantrasyonuna, solüsyon sıcaklığına, solüsyonun sirkülasyon derecesine, malzemenin solüsyona dalma metoduna ve kullanılan inhibitör miktarına göre değişim göstermektedir. Asitleme oranı, asit konsantrasyonu ve ya sıcaklığın artmasıyla artan bir reaksiyondur [7].

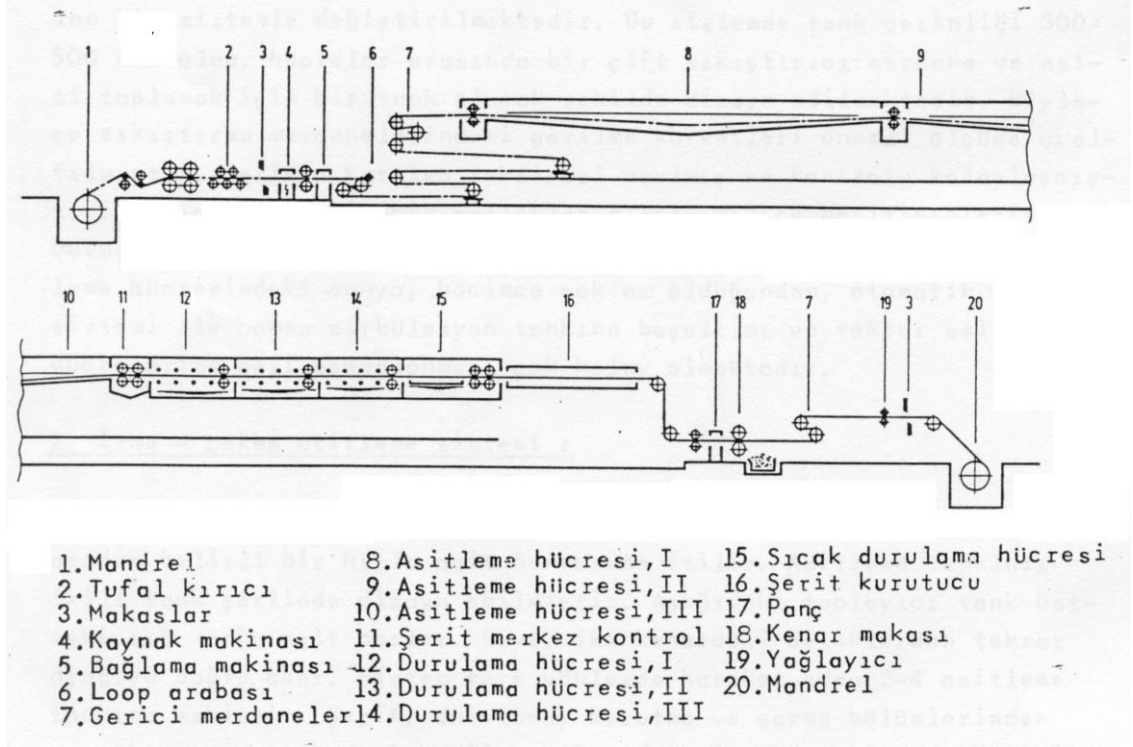
Daha öncede bahsedildiği gibi asitleme prosesi sırasında serbest HCl tükenmekte bununla birlikte solüsyon içerisinde demir klorür oluşumu gerçekleşmektedir. Artan demir klorür oranı prosenin etkinliğini düşürmekte böylelikle malzeme yüzey kalitesi bozulmaktadır. Bu noktada kullanılan asit solüsyonu kirli asit depo tankına boşaltılmalı ve yerine yeni solüsyon hazırlanmalıdır. Asit transferi sürekli yapılacağı gibi banyo modeli ile de gerçekleştirilebilir [5].

HCl asitleme prosesi reaksiyona giren çeliğin şekline ve asitleme proses tipine göre karakterize edilebilir. Çelik tipine göre; bobinlerin, çubukların, tellerin ve metal aksamlarının farklı parçalarının asitlenmesi olarak sınıflandırılabilir. Proses tipine göre ise sürekli, süreksiz ve banyo tipi olmak üzere üç grupta toplanabilir [5].

Sürekli asitleme prosesleri genellikle, bobin çubuk, tel ve borularını işlendiği ve çelik malzemelerin baş ve sonlarının birbiriyle kaynatılmak suretiyle sürekliliğin sağlandığı bir proses tipidir. Süreksiz asitleme proses tipinde ise her bir bobin ayrı ayrı proses etabı tutulmaktadır. Banyo tipi prosesinde ise genellikle bobin şeklindeki çubuk ve teller, borular ve metal aksamlar belirli zaman aralıklarında asit tanklarına daldırılarak suretiyle oksitler temizlenmektedir. Her bir asitleme prosesinde malzeme yüzeyindeki asidin temizlenmesi için durulama bölgesi mevcuttur [5].

4.2.1 Sürekli Asitleme Prosesi

Sürekli asitleme, asit ile tufal temizleme hattında birbiri ardına temizlenecek olan farklı bobinlerin baş ve sonları birbiri ile kaynatılarak sürekliliğin sağlandığı bir prosesdir. Tipik bir süreksiz asitleme prosesi Şekil 4.2 'de gösterilmektedir. Prosesin giriş kısmı, bobin konveyörü, giriş mandreli, giriş merdaneleri, makas ve kaynak makinasından oluşmaktadır [9]



Şekil 4.4: Sürekli Asitleme Prosesi Akış Şeması [8]

Giriş merdaneleri, şeridin açıldığı mandrellerle iç içedir. Giriş merdanelerini çekme, basma, doğrultma ve tufal kırıcı merdaneler olarak gruplandırılmaktadır. Malzeme bu merdaneler arasında geçerken yüzeydeki yaprak tufal tabakaları kırılarak yüzeyden dökülmektedir. Ayrıca bu merdaneler sayesinde malzeme üzerindeki eğim ve dalgalanmalar giderilerek malzeme yüzeyine asidin efektif olarak nüfuz etmesi sağlanmaktadır [9].

Giriş merdanelerinden geçirilen şerit, kaynak yapımına için gerekli olan uç kesme işlemi için makaslara gelir. Malzemenin proses esnasında kopmaması yani sürekliliğinin sağlanması için iyi bir uç kesmeye ve kaynağa ihtiyaç vardır. Kaynak yapılan şerit gerekli olan gerginin sağlanabilmesi için gergi merdanelerinden geçirilip giriş lupunda depolanır [9].

Sürekli asitleme proseslerinde biri girişte diğeri de çıkışta olmak üzere iki adet lup bulunmaktadır. Kaynak yapımına esnasında oluşan duruşlar, giriş lupunda bulunan şeridin işlenmesi ile minimuma indirgenmektedir. Aynı şekilde çıkış lupunda, çıkış bölgesinde oluşabilecek kısa duruşlar için kullanılmaktadır. Giriş lupundan çıkan malzeme yüzeydeki tufalı kırılmak üzere temper merdanelerinin ya da gergi merdanelerinin (tension leveller) arasından geçirilerek asitleme tanklarına hazır hale

getirilir. Temper veya gergî merdanelerini kullanılmaması, yüzeyde mevcut olan tufalların belirli yükler altında sac yüzeyinden uzaklaştırılmasıdır [9].

Çoğu sürekli asitleme proseslerinde bobinler yatay asit tanklarından geçirilerek asitleme işlemine tabi tutulmaktadır. Genellikle asitleme bölgesi, üç ve ya dört adet tanktan oluşmaktadır. Proses asit ilavesi son asit tankına yapılmaktadır. İhtiyaç duyulması halinde son tanka su ilavesi de yapılabilir. İlave edilen asit taşma sistemi sayesinde diğer tanklara geçmektedir. Yüksek hızlarda kısa süreli asitleme işlemi için asit solüsyonları 85°C ve üzeri sıcaklıklarda olması şarttır. Asit solüsyonlarının nispeten hızlı işlemi, buhar enjeksiyon sistemleri ya da iç ve ya dış eşanjör sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Proses giren malzeme, manyetik luplar sayesinde asit içeriğine belirli bir derinlikten geçirilir [9].

Proses tankları ardından malzeme yüzeyinde kalan asidi temizlemesi için durulama sistemleri mevcuttur. Durulama tanklarına giren malzeme temiz su püskürtülerek yüzey asidinden arındırılır. Durulama tanklarında da asit tanklarında mevcut olan taşma sistemi mevcuttur. Durulama prosesi asitleme prosesi kadar önemli bir proses olup, malzemenin iyi temizlenmesi durumunda malzeme yüzeyinde pas oluşumları gözlenebilir. Durulama işleminde kullanılan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 75°C - 85°C olmalıdır. Suyun pH değeri ise son tankta 6 ile 7 arasında değişirken diğer tanklarda kademe olarak azalmalıdır [9].

Durulama tankından çıkan şerit yüzeyinde mevcut olan suyun kurutulması amacıyla kurutma bölgesinden geçirilir. Kurutma bölgesinde sıcak hava üflenerek malzeme yüzeyinde kurutma sağlanır. Yüzeğe üflenen havanın sıcaklığının 100 ile 120°C olması gerekmektedir [9].

Asitleme prosesi nin çıkış kısmında ise genellikle çıkış lupu, merkezleme merdanesi, muayene istasyonu, kenar kesme ünitesi, yağlayıcı ve çıkış mandrel sistemi bulunmaktadır [9].

Bazı modern asitleme hatlarında proses tankı olarak sığ tanklar tercih edilmektedir. Bu tank sistemleri de taşma sistemi ile dolmasına rağmen her bir tankın kendine ait resirkülasyon tank sistemi ve ısıtma sistemleri mevcuttur. Bu tipteki tank sistemlerinde proseste uzun duruş ihtiyacında tank içindeki mevcut asit kolaylıkla boşaltılabilir. Böylelikle malzemenin yanması önlenmiş olmaktadır. Yatay

tank tiplerinde ise malzeme kalınlık kolları ile tank içinden dışarı alınıp yanma riski ortadan kaldırılır [5].

4.2.2 Süreksiz Asitleme Prosesi

Bu bölümde, yapılan çalışmalarda deney numunelerinin alındığı Ereğli Demir ve Çelik Fabrikası'nda mevcut olan süreksiz asitleme hattı hakkında bilgi verilecektir. Süreksiz asitleme hattı, malzemelerin süreksiz olarak işlendiği bir proses tipidir. Sistem üç ana kısımlardan oluşmaktadır. Bu kısımlar sırasıyla giriş kısım, proses kısım ve çıkış kısım olarak sıralanabilir. Tipik bir süreksiz asitleme süreci Ek 4.1'de gösterilmektedir [10].

Giriş kısmında sıcak haddehaneden gelen bobinlerin kalınlık tolerans dışı olan kısımlarının kesildiği bobin hazırlama istasyonu bulunmaktadır. Bu hatta bulunan makasın kapasitesi maksimum 10 mm kalınlığındadır. Kesilen bobin açıcıya taşınır. Bobin açıcı, 1,5 ila 16 mm kalınlığında, akma mukavemeti maksimum 400 N/mm², çekme mukavemeti maksimum 500 N/mm² olan 600 mm ile 1650 mm genişliğinde sıcak haddelenmiş bobinler açılacak kapasitededir. Bobin açma mandrel çapı 762 mm olup gömlek kullanımı ile 860 mm'ye kadar yükseltilebilir. Bobin hatta verilerek önce kavrama merdanelerinden daha sonra doğrultmadan geçilerek malzeme yüzeyindeki tufal tabakalarının kırılması ve yüzeyde mevcut eğim ve dalgalanmaların giderilmesi sağlanır. Doğrultmadan geçen bobinler giriş hurda makasına ulaşır. Burada kuyruk ucu kesimi ve ince kısmın kesimi yapılır. Kesilen kısımlar hurda olarak kovalarda toplanır. Yan yollardan geçen sac ön yıkama tankında servis suyu ile yıkanarak yüzey kirliliği giderilir ve şeridin sıcaklığı artırılır [11].

Suyun sıcaklığı 90 °C sıcaklıkta tutularak şeridin sıcaklığının artırılması ile tanklarda bulunan asidin sıcaklığının düşmesi engellenmektedir [11]

Proses kısmında şerit yüzeyindeki tufal tabakasının giderilmesi sağlanır. Proses kısmı kendi içinde beş alt kısma ayrılır [10];

- 1- Asitleme Bölümü
- 2- Durulama Bölümü
- 3- Kurutma Bölümü
- 4- Sirkülasyon Sistemi

5- Egzoz Sistemi

Asitleme bölümü üç tanktan oluşmaktadır. Tanklar 14.6 metre uzunluğunda 60 cm derinliğinde V tipinde yapılmış, giriş kısımları derin, çıkışa doğru daralan yapıda granit bloklarının birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Tankların yanlarında asit solüsyonu homojen olarak şeritin yüzeyine püskürtülen her bir kenarda dört adet olmak üzere toplam sekiz adet yan püskürtme bulunmaktadır [10].

Hat ilk devreye alındığında taze asitle çalıştırılırken, daha sonra asit rejenerasyon tesisinde geri elde edilmiş asit kullanılır. Üretim sırasında kaybedilen asit miktarı kadar asidi ilave edilmesi gerekmektedir. Tanklarındaki bulunan asit solüsyonun konsantrasyonu sırasıyla;

1. tankta % 4-6
2. tankta % 8-10
3. tankta % 12-14

arasında sağlanarak üretim 90-95 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmektedir [11].

Her bir tankın çıkışında asidin diğer tanklara taşınmasını önleyen sıyrıcı merdaneler mevcuttur. Böylece asit konsantrasyon seviyelerinin tanklar arasında sabit kalması sağlanır. Asitleme tanklarında kullanılan solüsyon sirkülasyon tankına dolar ve buradan tekrar pompalarla karbon eşanjörlerinden geçirilerek tanklara pompalanır [10].

Sirkülasyon tankları birbirlerine taşınma sistemi ile bağlı olduklarından, son tankta taze asit veya geri elde edilmiş asit ilave edildiğinde asit taşınma sistemi ile şeridin hareketine ters yönde hareket ederek ilk resirkülasyon tankına kadar ulaşır ve buradan geri elde edilmiş (rejenerasyon) sistemine kirli asit olarak besleme yapılır. Hattın durması halinde tanklarda bulunan asit solüsyonu kendi resirkülasyon tanklarına boşaltılır. Tanklara geri doldurma işlemi ise sirkülasyon pompaları ile sağlanır [10].

Asidin durulanması ve şerit yüzeyinin temizlenmesi beş bölümlen oluşan durulama kısmında gerçekleştirilir. Burada demineralize su spreylerle sacın üst ve alt yüzeyine püskürtülerek sac yüzeyinden asit solüsyonu giderilir. Durulama prosesi asitleme prosesi kadar mühim bir proses olup malzemenin iyi temizlenmesi durumunda malzeme yüzeyinde pas oluşumları gözlemlenebilir. Durulama suyunun

sıcaklığı 70-85° C olarak ayarlanmalıdır. Bu sıcaklığın altında leke oluşumu görülebilir. Suyun pH değeri 6,5-7 olarak ölçülmelidir [11].

Son durulama tankına asitlemeden geçen malzeme miktarı kadar taze sıcak suyun sürekli olarak ilave edilmesi gerekmektedir. Her bir durulama bölümünün ayrı ayrı sirkülasyon pompa devresi mevcuttur. Taşma sistemi ve sirkülasyon sistemiyle ilave edilen taze su ilk spreyci bölümüne ulaşır. Her bir spreyci ile durulama bölümünün sonunda sıyırma merdaneleri sac yüzeyinde taşınan durulama suyunun diğer bölüme karışması azaltılır [10].

Asitleme bölümünün son işlemi olarak kurutma ünitesinde, asitlenmiş ve durulanmış sacın kurutulması işlemi gerçekleştirilir. Sacın yüzeyine yapışan durulama suyu, buhar eşanjörlerinden elde edilen sıcak hava (121 °C maks.) ile giderilir [11].

Asit içeren dumanların, asit solüsyon tankları ve durulama tanklarında kaçmalarını önleyecek kaplamalar ve duman toplayıcı aletler kurulmuştur. Asit dumanı, toplanarak kapalı boru hattı sistemi ile ortamdan uzaklaştırılır. Fan arka kısmına bulunan buhar temizleme ünitesi (gaz temizleme ünitesi) ile atık asit temizlenir. Temizlenmiş atık duman halinde baca ile su giderici bölümlerle atmosfere bırakılır [10].

Çıkış kısmında, proses kısmını geçen sac temper haddeye girer ve gergi (bridle roll) standlarında yüzey durumları kontrol edilir. Temper hadde çıkışında gözlemciler için kontrol sehpası yer almaktadır ve bobin hem alt hem üst yüzeyi kontrol edilebilmektedir. Temper işlemi 6 mm kalınlığa kadar maksimum %2,5 ezme verecek şekilde dizayn edilmiştir. Yüzey gergi işlemi 16 mm kalınlığa kadar maksimum 8 ton olarak gerçekleştirilmektedir [11].

Temper ünitesinden geçen sac ihtiyaç doğrultusunda çıkış makasında kesildikten sonra kenar kesme işlemine tabi tutulur. Kenar kesme ünitesinde maksimum 9 mm kalınlığındaki malzemelere kesme uygulanabilir [10].

Sarıma öncesi hatta bulunan son grup gergi birimi, elektrostatik yağlayıcı, kavrama mekanizması ve sarma besleme masasından oluşmaktadır. Bobin açıcı ve sarıcı nın kapasitesi maksimum 35 tondur [10].

Dıştan yataklı sarıcıda kenar kontrol sistemi ve kalın malzemelerde uc bükme işlemini gerçekleştirecek aparat ve baskı mekanizması bulunmaktadır. Taşıyıcı araba ile sarılan bobin hattan alınıp paketlenen kısmını gönderilir [10].

4.2.3 Banyo Asitleme Prosesi

Banyo asitleme yönteminde yüzeydeki oksit ve tufal tabakalarının temizlenmesi için malzeme 10 ila 30 dk süre ile solüsyona daldırılır. Bu süre sonunda malzeme kaldırılıp yüzeyinde kalan asidin süzülmesi sağlanır ve durulama banyolarına daldırılır. Banyo tipi asitleme prosesinde çubuk ve tellerin bobin halleri işlenirken tüp ve yassı plakalar dikey şekilde işleme tabi tutulur [5].

Yüzey temizliği için gerekli zaman 5 ile 15 dk arasındadır. Oksit ve tufalın giderilmesi için gerekli süre ise 20 ila 30 dk arasında değişmektedir. Etkif bir temizleme için solüsyon sıcaklığı 50° C olmalıdır [5].

4.3 Asit Geri Kazanım Prosesi

Bu bölümde, Ereğli Demir ve Çelik Fabrikası'nda asitleme proseslerinde kullanılan asitlerin geri kazanıldığı püskürtmeli fırın (sprey roaster) tipi hidroklorik asit rejenerasyon tesisi hakkında bilgi verilmiştir. Asit rejenerasyon tesisi, asitleme hatlarında kirlenen asidi içerisindeki demir klorür'den arındırılarak tekrar kullanıma uygun hale getirildiği arındırma tesisi olarak tanımlanabilir. Asit rejenerasyon tesisi akışması Ek 4.2'de gösterilmiştir. Asit rejenerasyon tesislerinde giridi olarak kirli asitten rejene yani temizlenmiş asit ve demir oksit eldesi sağlanır. Tesiste kullanılacak olan kirli asidin özellikleri aşağıda sıralanmıştır [12].

a. Demir İçeriği: 125 gr/lit

Asitleme hattından asit rejenerasyon tesisine transfer edilecek olan kirli asidin Fe içeriği

- | | |
|---|-----------------|
| a) Normal | 105- 135 gr/lit |
| b) Max | 140gr/lit |
| c) Serbest HCl Miktarı: | 43 gr/lit |
| d) Yoğunluğu: | 1,24 gr/lit |
| e) Sıcaklık | 20-90° C |
| f) Rejenerasyon Asit içerisindeki Fe oranı: | 2 gr/lit |

Asit rejenerasyon tesisi, üç ana kısımlardan oluşmaktadır [12].

1. Tank Çiftliği
2. Oksit Silosu
3. Püskürtmeli Fırın (Roaster)

4.3.1 Tank Çiftliği

Asitleme hattında kullanıldıktan sonra kirlenen asit, tesiste geri kazanılan asit, taze asit ve tesiste yıka ma işleminde kullanılan suyun depolandığı bölümdür [12].

Toplam 10 adet, 10 m³ hacminde tank vardır [11].

- 2 adet kirli asit tankı
- 2 adet geri kazanılan asit tankı
- 4 adet hem kirli asit hem de geri kazanılan asit hattına bağlı tank,
- 1 adet yıka ma suyu tankı,
- 1 adet taze asit tankı,

4.3.2 Oksit Silosu

Asidin geri kazanım sırasında elde edilen demir oksidin, 50 ton kapasiteli bir siloda depolandığı ve daha sonra paketlenerek tesisin dışına gönderildiği bölümdür [12].

4.3.3 Püskürtmeli Fırın

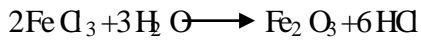
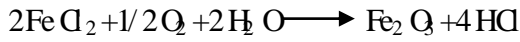
Asit geri kazanımın ve demir oksitin elde edildiği bölümdür. Bu bölüm fırın, soğutucu (venturi), yoğunlaştırıcı (separatör), rejener asit eldesi (rejener asit eldesi ünitesi), buhar temizleme ünitesi (scrubber) ve bacadan oluşmaktadır. Püskürtmeli fırın prosesi, üç farklı moda çalışır [12].

4.3.3.1 Asit Modu

Asit modu hattın normal olarak işletildiği mod'tur. Asitleme hatlarından gelip, kirli asit tanklarında toplanan kirli asit, kirli asit pompası ile yoğunlaştırıcıya oradan da soğutucu ünitesi geri dönüşüm pompaları ile soğutucu ünitesine basılır. Soğutucu fırından 370 °C da gelen sıcak gazlar ile kirli asit arasında, ısı ve kütle transferi gerçekleştiği bölümdür. Bunun sonucunda soğutucudan ayrıştırıcıya geçen gazın sıcaklığı 85-95 °C a düşer, kirli asitden de %10-25 oranında suyun ve az bir miktar asidin buharlaşması sağlanarak, konsantre kirli asit üretilmiş olur [12].

Ayrıştırıcıya gelen konsantre kirli asidin, bir kısım soğutucu geri dönüşümpompları ile filtre edilerek konsantre kirli asit pompaları ile fırına gönderilir. Kalan kısım da tekrar soğutucuya aktarılır [12].

Fırına gelen konsantre kirli asit, sprey borular aracılığıyla pulverize bir şekilde fırının içerisine püskürtülür. Fırının içerisi, doğal gaz ile çalışan üç adet yakıcı sayesinde yaklaşık 425 °C sıcaklığındaır. Burada konsantre kirli asidin içerisindeki su ve HCl' in buharlaşması sağlanarak, demir oksit tabana çökertilir. Oluşan oksitler iki kimyasal reaksiyon sonucunda meydana gelmektedir [12].



Tabana çökertilen demir oksit 5 µm'dan daha küçük parçacıklar şeklinde olduğu için gaz gibi davranır. Bu sayede oksit üfleyci sistemi ile stoklanacağı siloya alınır. Buharlaşan su ve HCl, yanmış gazlar, artan hava ve demir oksit parçacıkları sıcak gaz olarak adlandırılır. Bahsi geçen sıcak gaz fırının gaz kanalından soğutucuya aktarılır [12].

Fırından soğutucuya gönderilen, burada soğutulup yoğunlaştırıcıya giden sıcak gaz, buradan da rejener asit eldesi ünitesine gelir. Asit geri kazanımının yapıldığı bölüm burasıdır. Sıcak gaz rejener asit eldesi ünitesinin tabanından giriş yaparak yukarıya doğru yükselmeye başladığı anda üstüne, gaz temizleme ünitesine gelen yıkama suyu püskürtülür. Suyun HCl' yi içine alma özelliği kullanılarak, rejener asit eldesi ünitesinin içerisindedi adiabatik (ısı transferini olmadığını molekül transferini olduğu bir reaksiyondur. Buharlaşan her bir kg suyun içerisinde 0,65-0,75 kg HCl bulunmaktadır.) bir reaksiyon gerçekleştirilir ve bu sayede sıcak gazın içerisindeki HCl moleküllerinin büyük bir kısmının su tarafından emilmesi sağlanır. Bu işlemden sonra rejener asit eldesi ünitesinin tabanında biriken su geri kazanılmış asittir ve buradan da rejener asit eldesi ünitesi pompaları rejener asit tanklarına gönderilir. Rejener asit eldesi ünitesinden çıkan geri kazanılmış asit max %20,4'lük HCl dir. İdeal şartlarda bu değer %18 olmalıdır [12].

Rejener asit eldesi ünitesinde HCl moleküllerinin büyük bir kısmının su tarafından emilmesi sağlanan gaz, aynı mantıkla buhar temizleme ünitesinin tabanından giriş yapar ve yukarı doğru yükselirken üstüne filtrelenmiş su püskürtülür. Ancak sıcak gazın içerisinde kalan HCl moleküllerinin su tarafından emilmesini sağlamak ve

bacadan atılacak olan gazı mümkün olduğunca temizlemektir. Buhar temizleme ünitesinin tabanında biriken suya, rejenere asit eldesi ünitesi' a yetecek miktara ulaşınca kadar yıkama suyu, çukur suyu, taze su ilave edilerek gaz temizleme ünitesi pompaları ile rejenere asit eldesi ünitesi' a gönderilir. Gaz temizleme ünitesinde son kez temizlenen sıcak gaz fan aracılığıyla bacadan çevreye bırakılır [12].

4.3.3.2 Hava Modu

Fırında, konsantre kirli asidin püskürtülmesi için spreylenmiş borular fırının dışına çıkarıldığı zaman tesis bu modda çalışır. fırından tahliye edilen sıcak gazlar venturi' de hava ile soğutulur. Tesisin bu modda çalışması sırasında asit geri kazanım ve demir oksit üretimi yapılır. Bu mod spray borularının temizlenmek üzere roaster dışına çıkarıldığı zamanlarda kullanılır [12].

4.3.3.3 Su Modu

Kirli asit pompası çalışmadığı durumlarda tesis bu moda geçer. Yoğunlaştırıcıya kirli asit gönderilemediği için filtrelenebilir su gönderilir. Amaç kirli asit pompasını devreye alana kadar, roaster' dan çıkan sıcak gazın su ile soğutulmasıdır. Tesisin bu modda çalışması sırasında asit geri kazanım ve demir oksit üretimi yapılır. Bu mod kirli asit pompalarında herhangi bir problem olduğu zamanlarda veya kirli asidin yetersiz olduğu durumlarda kullanılır [12].

5. SICAK TEMPERLEME PROSESİ

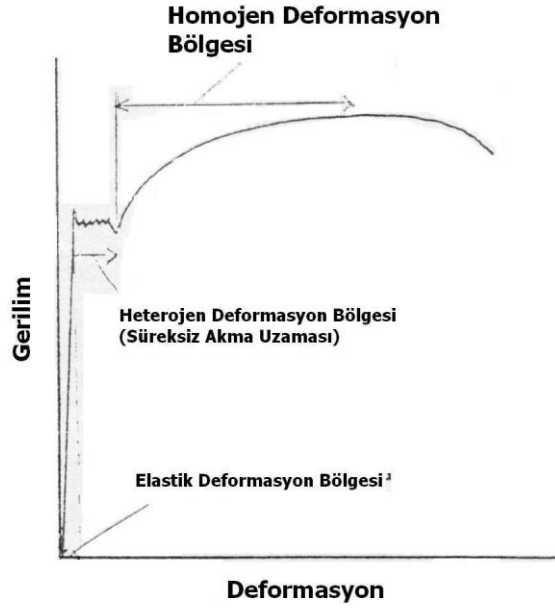
5.1 Rulo Kırığı

Rulo kırığı, ruloların açılış esnasında meydana gelen bükülme sonucu oluşan ve düzenli yada düzensiz aralıklarla malzeme genişliği boyunca görülen kolonsal kırıklardır. Rulo kırığı, malzemenin mekanik özelliklerini yada presle şekillendirme özelliklerini önemli ölçüde etkilememektedir; ancak dış kısımlarda kullanılacak olan sıcak daldırma ile galvanizleme ve püskürtme boyama gibi uygulamalarda kapatılmaktadır [13].

Rulo kırıklarının oluşumundaki temel neden, sıcak haddelenmiş yada tavllanmış düşük karbonlu çeliklerin çekme testinde görülen süreksiz akma bölgesindeki heterojen uzamadır [13].

5.2 Süreksiz Akma Olayı

Orta ve düşük karbonlu çeliklerin şekillendirme sürecinde, uygulanan kuvvetin artmasıyla birlikte elastik bölgeyi geçtikten sonra homojen plastik deformasyon bölgesine ulaşmadan hemen önce heterojen bir plastik deformasyonun görüldüğü bir bölge ile karşılaşılır. Bu bölgenin gerilme-deformasyon üzerindeki yeri şekil 5.1’de gösterilmiştir. Şekillendirme işlemlerinde istenmeyen yüzey kusurlarının ortaya çıkmasına neden olan bu heterojen deformasyon bölgesi literatürde süreksiz akma olarak adlandırılmaktadır. Çekme testindeki gerilme-deformasyon eğrisindeki bu bölgedeki gerilimler küçük adımlar şeklindeki artış ve azalışa karşılık gelmektedir [14].



Şekil 5 1: Düşük Karbonlu Bir Çeliğin Gerilme Deformasyon Eğrisi [14]

5.2.1 Süreksiz Akma Olayı ve Mekanizması

Süreksiz akma olayının açıklanmasında Cottrell'in yaklaşımından yararlanılmaktadır. Cottrell'in yaklaşımına göre, ilk durumda çelikteki katı eriyik içerisinde çözünmüş olan serbest haldeki C ve N atomları mevcut dislokasyonlara yayılmakta ve burada bir atom birikimi oluşturarak yada çökelerek dislokasyonları kilitlemektedir. Dislokasyonların kilitlenmeleri için C ve N atomlarının bu bölgelere yayılabilmeleri gereklidir. Bu durum pratikte ısı işlemler (sıcak haddelenme ve soğuk haddelenme sonrasında tavlama işlemleri gibi) sonrasında yavaş soğuma sırasında ve yaşlanma işlemleri sırasında gerçekleşmektedir. Cottrell-Bilby kuramına göre dislokasyonların hareketlerine devam edebilmeleri için malzemeye uygulanan gerilimin bir üst limiti (çekme eğrisindeki üst akma gerilmesi) geçip bu atmosferden kurtulması gerekmektedir. Bu durum çevresel olarak yeni bir bloğun oluşumuna ve ardından belirli bir aralık boyunca bir çok üst ve alt gerilim noktalarının oluşumuna yol açmaktadır. Oluşum zamanının büyüklüğü, çelikte mevcut C ve N gibi serbest arayer atomlarının konsantrasyonu, sıcaklık, deformasyon hızı ve tane büyüklüğü gibi parametrelere etkilenebilir.

C ve N elementlerinin serbest haldeki konsantrasyonları arttıkça dislokasyonla etkileşimi de o oranda artacaktır. Burada unutulması gereken nokta söz konusu

konsantrasyon değerlerinin ferrit içerisinde özünmiş C ve N atomlarına ait olmasıdır. Ferrit içerisinde bu atomlar AlN ve Fe₃C şekliinde bağlandığı takdirde süreksiz akma olgusu azalmaktadır [15].

Sıcaklığın süreksiz akmaya etkisi C ve N gibi atomların sıcaklığa bağlı olarak ferrit içerisindeki çözünürlükleri ve yayınma hızlarıyla açıklanmalıdır. Düşük sıcaklıklarda ferrit içerisinde azotun çözünürlüğü karbondan çok daha fazladır. Bu yüzden 100° C nin altındaki sıcaklıklarda azot daha etkili iken karbonun etkisi 200° C nin üstündeki sıcaklıklarda ortaya çıkmaktadır [15].

Deformasyon hızı arttıkça genellikle alt ve üst akma gerilmeleri ve akma uzaması artmaktadır. Yapılan bir deneimde %1 oranında ön uzama verilmiş malzede düşük deformasyon hızında süreksiz akma uzaması görülürken, yüksek deformasyon hızında süreksiz akma uzaması oluşmuştur. İri taneli yapıda deformasyon sertleşmesi ince taneli yapıya göre daha hızlı olduğundan tane boyutu arttığında akma mukavemeti azalırken Lüders band sayısı artmakta ve Lüders sınırları kısa zamanda çekme numunesini katedeceğinden akma uzaması azalmaktadır [15].

Çeliğin süreksiz akma potansiyeli taşıması pratikteki şekillendirme aşamalarında her an bu olgu ile karşılaşacağı gerçeğini göz önüne getirmektedir. Gerçekten bu olgu, yassı çelik üretim hatlarında rulo kırığı, yeterli ölçüde temperlenmiş soğuk haddelenmiş sac malzemelerde ise presle şekillendirme sırasında Lüders çizgileri şeklinde ortaya çıkmaktadır [15].

Özellikle ön deformasyon uygulanarak süreksiz akma olayının bastırılması en iyi bilinen ve en çok kullanılan yöntemdir. Pratikte bu uygulamada temper hatlarında sıcak haddelenmiş ve soğuk haddelenip tavllanmış malzemelerde % 0.5-2 deformasyon (ezme) verilerek gerçekleştirilmektedir [15].

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar, sıcak haddelenmiş çelik saca uygulanan farklı mekanik işlemlerin asitle tufal giderme işlemine etkisini kapsamaktadır.

6.1 Deneysel Malzemeleri

Bu çalışmada, Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarında sıcak haddelenerek üretilmiş (10*7*2,5 boyutlarında), ERDEMİR standardı 6222 kalite çelik kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 6.1'de bu malzemeyle ilgili kimyasal analiz sonuçları ile standartta verilen kimyasal analiz sınırları verilmiş ve bulunan kimyasal değerlerin 6222 kalite çeliğin kimyasal bileşimine uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6.1: Kullanılan Malzemenin Kimyasal Bileşimi

	C	Mn	P	S	N (ppm)	V	Ni	Nb
6222 (St)	.03-.06	.020-.35	.020	.02	120	.005	.060	.005
Numune	.04	.030	.019	.02	118	.0048	.058	.005

Deneysel numuneleri 10*7*2,5 mm boyutlarında hazırlanmıştır.

6.2 Mekanik İşlemler

Asit ile tufal giderme deneylerinde kullanılan numuneleri uygulanan mekanik işlem çeşidine göre üç gruba ayırarak mümkündür.

- Birinci grup: Malzemeyle hiçbir işlem uygulanmadan sıcak haddelenme prosesiyle çıkarılmış haliyle alınan numunedir. Bundan sonraki bölümlerde birinci grup numune orijinal olarak adlandırılacaktır.
- İkinci Grup: Sıcak haddelenmeden çıkan malzemeyle sıcak temper prosesiyle doğrudan ünitesinin uygulandığı numune tipidir. Bu grup malzeme, doğrudan ünitesinde 5 adet baskı neredanesi arasından geçirilmiştir.

- Üçüncü Grup: Malzeme sıcak temper prosesindeki doğrultma ve temper ünitesinin uygulandığı numune tipidir. Bu tip numuneye ikinci grupta olduğu gibi 5 adet baskı merdanesi ve ilaveten temper merdaneleri arasından geçirilmiştir.

6.3 Asitleme Deneyleri

Mekanik işlemler sonucu elde edilen üç tip numune grubuna iki farklı tip asit solüsyonu ile tufal giderme (asitleme) deneyi uygulanmıştır. Birinci tip asitleme deneyinde, hacimsel olarak %14 hidroklorik (HCl) asit içeren solüsyon ve 300 g/lit sülfürik asit (H_2SO_4) içeren iki farklı tip solüsyon kullanılırken, ikinci deney grubunda ise her iki asit solüsyonu tipine 5 ml Rodin 50 marka inhibitör ilave edilerek deneyler tekrarlanmıştır. Asitleme deneylerinde kullanılan numunelerin boyutları ölçülüp kaydedilmiştir.

6.3.1 HCl Asitleme Deneyi

HCl asit solüsyonu, genel olarak endüstriyel proseste kullanıma şekline uygun olacak şekilde hacimsel olarak %14 HCl içermektedir. Bu orana sahip 1 ltl'ik solüsyon sağlanabilmesi için 600 ml su içerisine 400 ml %32'lik saf HCl çözeltisi ilavesi gerçekleştirilmiştir.

HCl asit kullanılan asitleme deneyinde numuneler ilk olarak yüzey temizliği gerçekleştirilmek için asetoni içerisine daldırılmıştır. Temizlenen malzeme Sartorius AG tip hassas tartıda 0.01 mg hassasiyet ile tartılarak orijinal ağırlığı kaydedilmiştir. Ağırlığı tartılan numuneler, asit solüsyon sıcaklığının düşmesini engellenmesi için 80°C ısıtılmış 800 ml musluk suyunda, 1-2 dk arasında bekletilmiştir. İstenilen sıcaklığa gelen malzemeler, musluk suyu ile aynı sıcaklıkta olan hacimsel olarak %14 HCl asit içeren 800 ml solüsyon içerisinde 5 ile 90 sn arasında değişen sürelerde bekletilerek reaksiyon gerçekleştirilmiştir.

Solüsyondan çıkartılan numuneler, yüzeyde kalan asidin giderilmesi için su dolu kaptan durulanmıştır. Durulanan numune, Struers marka etüvde, 20°C de 4-5 dk bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulmuş numuneler tartıda tekrar tartılarak son ağırlığı kaydedilmiştir.

6.3.2 H₂SO₄ Asitleme Deneyi

H₂SO₄ asit solüsyonu, genel olarak endüstriyel proseste kullanılmak üzere uygun olacak şekilde hacimsel olarak %17 H₂SO₄ (300g/lt) içeriktir. Bu orana sahip 1 ltlik solüsyon sağlanabilmesi için 816 ml su içerisine yoğunluğu 1,76 g/cm³ olan 184 ml %2,5'lik saf H₂SO₄ çözeltisi ilavesi gerçekleştirilmiştir.

H₂SO₄ asit kullanılan asitleme deneyinde numuneler ilk olarak yüzey temizliği gerçekleştirilerek içi asetoniçi ne daldırılmıştır. Temizlenen malzeme Sartorius AG tip hassas tartıda 0.01 mg hassasiyet tartılarak orijinal ağırlığı kaydedilmiştir. Ağırlığı tartılan numuneler, asit solüsyon sıcaklığının düşmesini engellenmesi için 80°C ısıtılmış 800 ml musluk suyunda, 1-2 dk arasında bekletilmiştir. İstenilen sıcaklığa gelen malzemeler, musluk suyu ile aynı sıcaklıkta olan hacimsel olarak %17 HCl asit içeren 800 ml solüsyon içerisnde 5 ile 90 sn arasında değişen sürelerde bekletilerek reaksiyon gerçekleştirilmiştir.

Solüsyondan çıkartılan numuneler, yüzeyde kalan asidin giderilmesi için su dolu kaptaki durulanmıştır. Durulanan numune, Struers marka etüvde 20°C de 4-5 dk bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulmuş numuneler tartıda tekrar tartılarak son ağırlığı kaydedilmiştir.

6.4 Taraflı Elektron Mikroskopu İncelemeleri

İki tip asitleme deneyine tabi tutulan numuneler, JEOL-JSM5600 marka taraflı elektron mikroskopunda incelenerek yüzey fotoğrafları alınmıştır.

6.5 Xışınları Analizi

Sıcak haddelenmiş ve asit solüsyonlarında tufalı temizlenmiş numunelerin yüzeylerindeki demir oksit türlerini belirlemek amacıyla Xışınları difraksiyon analizleri yapılmıştır.

6.6 Tufal Yerin Reaksiyonun Tesiti

. Asit ile tufal giderme reaksiyonu öncesi ve reaksiyonun oluşumu sırasında yapıda bulunan tufal tabakasının asit ile reaksiyonun ortaya koyabilmesi için numuneler elektrotik olarak nikel ile kaplanmış ve Nikon marka optik mikroskopta kesitten

incelenmiştir. Ayrıca asit ile tufal gi der ne reaksiyonu öncesi numune yapısındaki tufal kalınlığı ölçülmüştür.

6.7 Yüzey Pürüzlülüğü Tespiti

Asit ile tufal gi der ne deneyine tabi tutulan numuneler, yüzey pürüzlülüğündeki değişimleri Mitutoyo SJ 201 marka cihazda ölçülerek kaydedilmiştir.

7. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

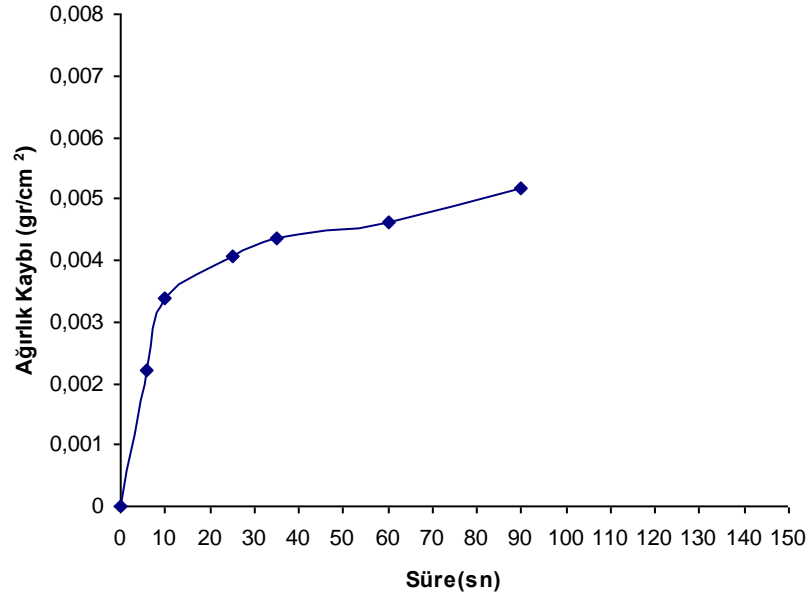
7.1 İnhibitör İlavesi Yapılmamış Asitleme Deney Sonuçları

Orijinal numune ile HCl solüsyonu kullanılarak gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresi ne bağlı olarak Tablo 7.1’de verilmiştir.

Tablo 7.1: Orijinal Numuneye Uygulanan HCl Asitleme Deney Sonuçları

Asit	İş Öncesi Ağı (g)	İş Sonrası Ağı (g)	Ağı Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüzey A (cm ²)	Ağı Kay/ Yü A (g/cm ²)
HCl	0	0	0	0		0
	156,467	156,145	0,322	6	146,35	0,0022
	156,299	155,806	0,493	10	146,38	0,0034
	158,016	157,423	0,593	25	145,77	0,0041
	156,273	155,631	0,642	35	147,72	0,0043
	157,356	156,675	0,681	60	147,54	0,0046
	157,354	156,595	0,759	90	146,73	0,0052

Elde edilen ağırlık kaybı değerlerinin deney süresi ile değişimini Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



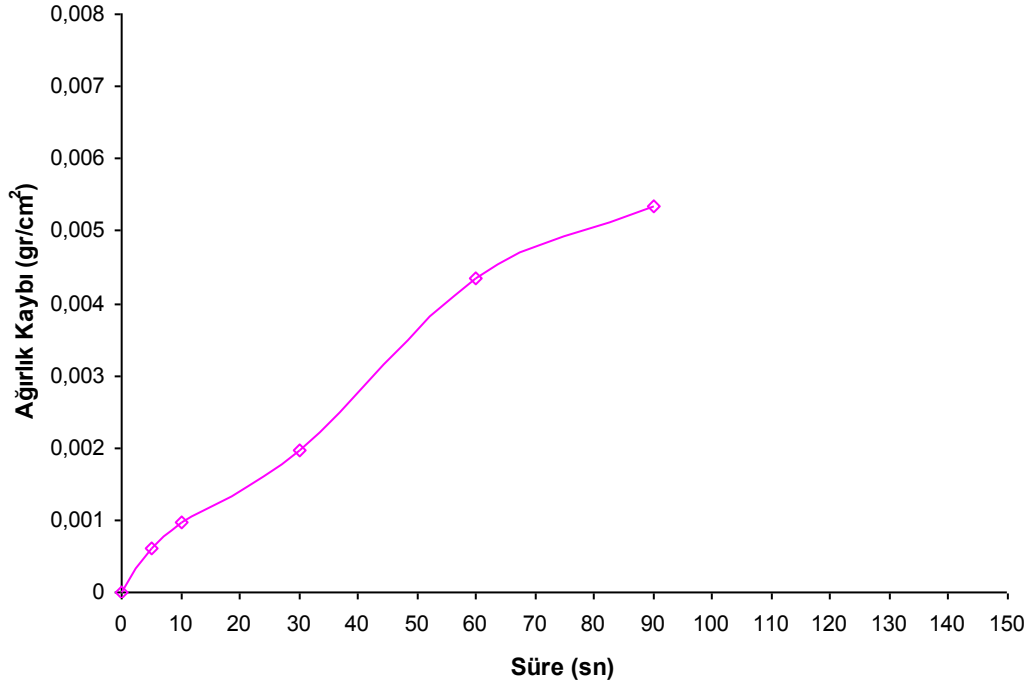
Şekil 7.1: Sıcak Haddelenmiş Sac Numuneye Uygulanan HCl Asitleme Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deney Süresi İle Değişimi

Orijinal numune ile H₂SO₄ solüsyonu kullanılarak gerçekleştirilen asitleme deney sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerlerinin deney süresi ile değişimi Tablo 7.2’de verilmiştir.

Tablo 7.2: Orijinal Numuneye Uygulanan H₂SO₄ Asitleme Deney Sonuçları

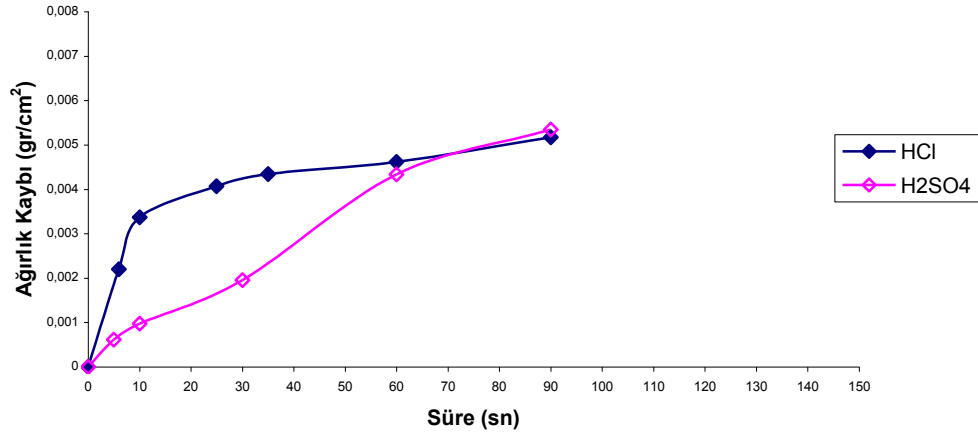
Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüzey A (cm ²)	Ağ Kay/ Yü A (g/cm ²)
H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0
	157,503	157,413	0,09	5	147,46	0,00061
	156,597	156,454	0,143	10	147,13	0,00097
	157,553	157,269	0,284	30	145,44	0,00195
	156,793	156,161	0,632	60	145,79	0,00433
	157,658	156,889	0,769	90	143,88	0,00534

Elde edilen ağırlık kaybı değerlerinin deney süresi ile değişimi Şekil 7.2’de gösterilmiştir.



Şekil 7.2: Sıcak Haddelenmiş Sac Numune Uygulanan H_2SO_4 Asitleme Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deney Süresi İle Değişimi

Orijinal numune üzerine uygulanan her iki asitleme sonucunda elde edilen ağırlık kayıplarının kıyaslanması Şekil 7.3’de görülmektedir.



Şekil 7.3: Sıcak Haddelenmiş Numune Uygulanan Her İki Asitleme Deney Sonuçlarının Kıyaslanması

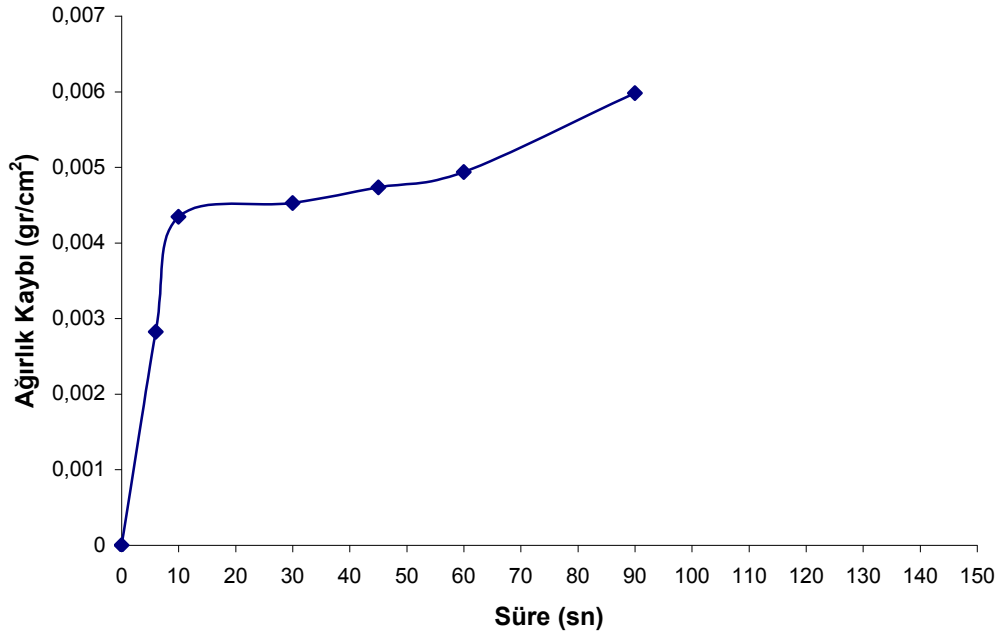
Şekil 7.3’de görüldüğü gibi 30 sn’lik bölümde HCl asit solüsyonu ile elde edilen ağırlık kaybı değerleri, H_2SO_4 asit solüsyonu ile elde edilen değerlere göre daha fazladır. Bu durum HCl asidin 60 sn sürede daha efektif bir temizleme yaptığı sonucunu ortaya koymaktadır.

Doğrultma işleminin uygulanan numune ile HCl çözümü kullanılarak gerçekleştirilen asitleme deney sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresi ne bağlı olarak Tablo 7.3’de verilmiştir.

Tablo 7.3: Doğrultma Numunesine Uygulanan HCl Asitleme Deney Sonuçları

Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüzey A (cm ²)	Ağ Kay/ Yü A (g/cm ²)
HCl	0	0	0	0		0
	141,263	140,852	0,411	6	145,60	0,0028
	140,345	139,723	0,622	10	143,08	0,0043
	142,459	141,797	0,662	30	146,19	0,0045
	139,943	139,272	0,671	45	141,68	0,0047
	142,316	141,612	0,704	60	142,56	0,0049
	141,018	140,156	0,862	90	144,11	0,0060

Doğrultma işleminin uygulanmış sıcak haddelenmiş sacın asitleme deneyinde ağırlık kaybı değerlerinin deney süresi ile değişimi Şekil 7.4’de gösterilmiştir.



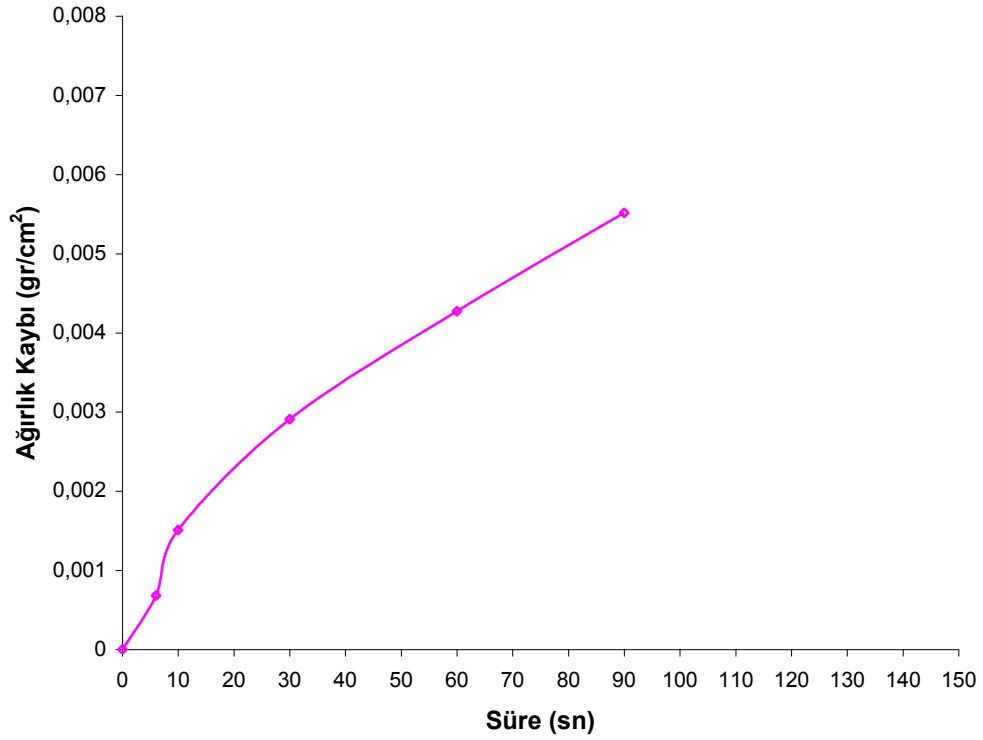
Şekil 7.4: Doğrultma Numunesine Uygulanan HCl Asitleme Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deney Süresi İle Değişimi

Doğrultma numunelerinin H₂SO₄ çözümüdeki asitleme deneyleri sırasındaki ağırlık kayıplarının deney süresi ile değişimi Tablo 7.4’de verilmiştir.

Tablo 7.4: Doğrultma Numunesine Uygulanan H₂SO₄ Asitleme Deney Sonuçları

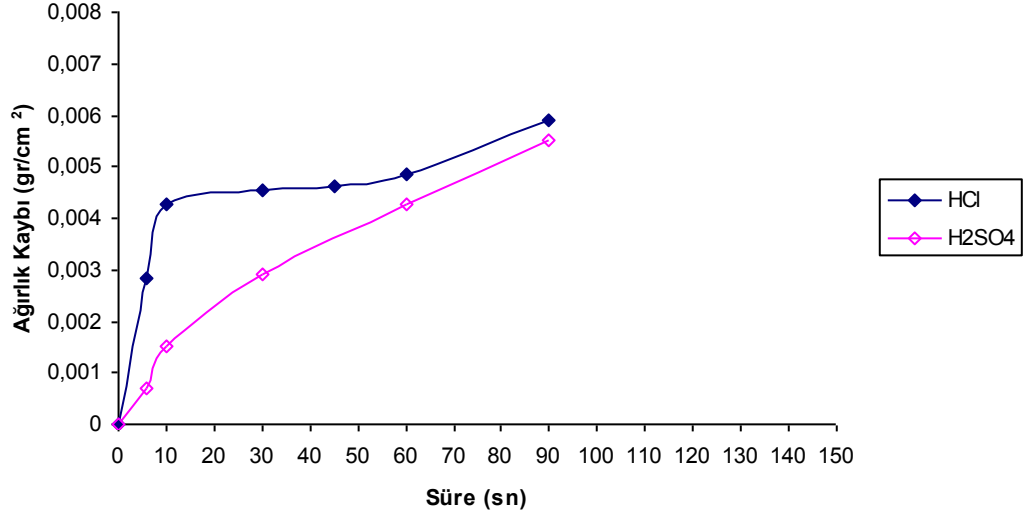
Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüzey A (cm ²)	Ağ Kay/ Yü A (g/cm ²)
H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0
	142,416	142,316	0,1	6	147,06	0,0007
	142,625	142,403	0,222	10	147,02	0,0015
	141,721	141,293	0,428	30	142,52	0,0030
	142,188	141,56	0,628	60	142,55	0,0044
	141,424	140,613	0,811	90	143,43	0,0057

Doğrultma numunelerinin H₂SO₄ solüsyonundaki asitleme deneyleri sırasındaki ağırlık kayıplarının deney süresiyle değişimi Şekil 7.5’de verilmiştir.



Şekil 7.5: Doğrultma Numunesine Uygulanan H₂SO₄ Asitleme Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Zamanla Değişimi

Doğrultma numunesine uygulanan her iki asitleme sonucunda elde edilen ağırlık kayıplarının kıyaslanması da Şekil 7.6’da gösterilmiştir.



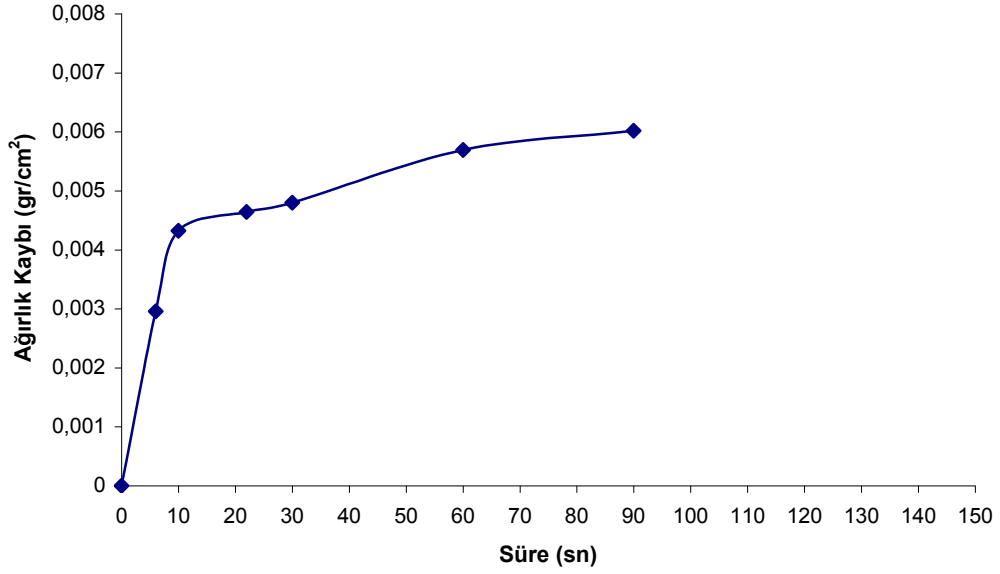
Şekil 7.6: Doğrultma Numunesine Uygulanan Her İki Asitleme Deney Sonuçlarının Kıyaslanması

Şekil 7.6 da görüldüğü gibi orjinal numuneye benzer şekilde 60 sn'lik zaman diliminde HCl asidin yol açtığı ağırlık kaybı H_2SO_4 asi de göre daha fazladır. Dikkati çeken diğer bir nokta ise doğrultma numunesinde elde edilen ağırlık kayıplarının mekanik işlem uygulanmış orijinal numuneye göre daha fazla olmasıdır. Buda yaprak tufal olarak adlandırılan birincil tufal tabakasının doğrultma işlemi sayesinde yüzeyden ayrışmasından ve böylelikle temizleme işleminin daha derinlere ilerleyebilmesinden kaynaklanmaktadır.

Temper işlemi uygulanan numune ile HCl solüsyonu kullanılarak gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresine göre Tablo 7.5'de, ağırlık kaybı değerlerinin deney süresine göre değişimi de Şekil 7.7 de gösterilmiştir.

Tablo 7.5: Temper Numunesine Uygulanan HCl Asitleme Deney Sonuçları

Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüzey Al (cm ²)	Ağ Kay/ Yü Al (gr/cm ²)
HCl	0	0	0	0		0
	141,531	141,098	0,433	6	144,99	0,0030
	135,535	134,902	0,633	10	144,07	0,0044
	136,12	135,44	0,68	22	144,73	0,0047
	137,219	136,516	0,703	30	145,32	0,0048
	137,692	136,858	0,834	60	145,60	0,0057
	137,256	136,375	0,881	90	141,34	0,0062

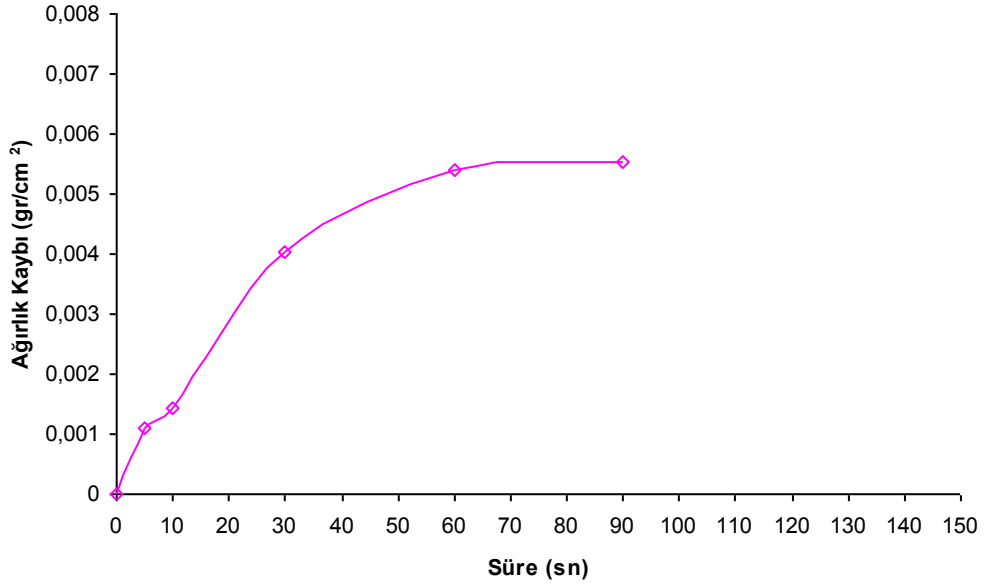


Şekil 7.7: Temper Numunesine Uygulanan HCl Asitleme Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybı Değerlerinin Deney Süresi İle Değişimi

Temper numunesi ile H₂SO₄ solüsyonu kullanılarak gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda ölçülen ağırlık kaybı değerlerinin deney süresiyle değişimi Tablo 7.6 ve Şekil 7.8’de verilmiştir.

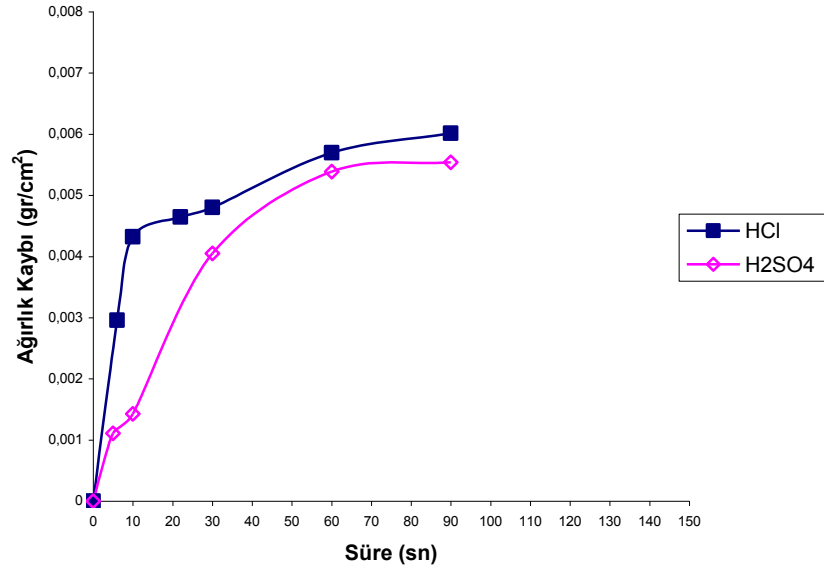
Tablo 7.6: Temper Numunesine Uygulanan H₂SO₄ Asitleme Deney Sonuçları

Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüzey A (cm ²)	Ağ Kay/ Yü A (g/cm ²)
H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0
	137,743	137,581	0,162	5	146,46	0,0011
	137,47	137,261	0,209	10	144,16	0,0014
	136,499	135,906	0,593	30	142,02	0,0042
	137,013	136,224	0,789	60	142,99	0,0055
	136,658	135,726	0,932	90	142,24	0,0066



Şekil 7.8: Temper Numunesi ne Uygulanan H₂SO₄ Asitleme Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deney Süresi nce Değişimi

Temper numunesi ne uygulanan her iki asitleme sonucunda elde edilen ağırlık kayıplarının kıyaslanması Şekil 7.9 da gösterilmiştir.



Şekil 7.9: Temper Numunesi ne Uygulanan Her İki Asitleme Deney Sonuçlarının Kıyaslanması

Şekil 7.9 da görüldüğü gibi orijinal ve doğrultma numunelerine benzer şekilde 60 sn'lik zaman diliminde HCl asidin yol açtığı ağırlık kaybı H₂SO₄ aside göre daha fazladır. Yine benzer şekilde temper numunesinde elde edilen ağırlık kayıpları, mekanik işlem uygulanmış orijinal numuneye göre daha fazladır. Buda birincil tufal tabakasının doğrultma işlemi sayesinde yüzeyden ayrışmasından ve temper hadde sayesinde yüzeyde oluşan ön deformasyon neticesinde temizleme işleminin daha derinlere ilerleyebilmesinden kaynaklanmaktadır.

7.2 İnhi bitör İlave Edilerek Gerçekleştirilen Asitleme Deney Sonuçları

Asit ile yüzey temizleme proseslerinde, asit solüsyonları tufal tabakası ile reaksiyona girerken çelik yapısı ile de reaksiyona girme riskini taşımaktadır. Asidin çelik yüzeyi ile reaksiyonunu kontrol altına alabilmek için asit solüsyonları içerisine inhi bitör ilavesi gerçekleştirilir. İnhi bitör ilavesi sayesinde asidin reaksiyonu yavaşlatılmış olup, çelik yüzeyinde yenme reaksiyonu engellenir. Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarında asit solüsyonlarına inhi bitör maddesi olarak Rodine 50 marka solüsyon kullanılmaktadır. Rodin 50 marka inhi bitör maddesinin elementel analizi Tablo 7.7 de gösterilmiştir. İnhi bitör maddesinin kullanılma miktarı işletme pratiklerinde, her 100 kg asit solüsyonuna 0.5 ile 2 lt arasında değişen oranlarda uygulanmaktadır. Bu bilgiler ışığında deneysel çalışmalarda kullanılan asit solüsyonlarına 5 ml inhi bitör ilavesi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 7.7: Rodin 50 Marka İnhi bitör Maddesinin Elementel Analizi

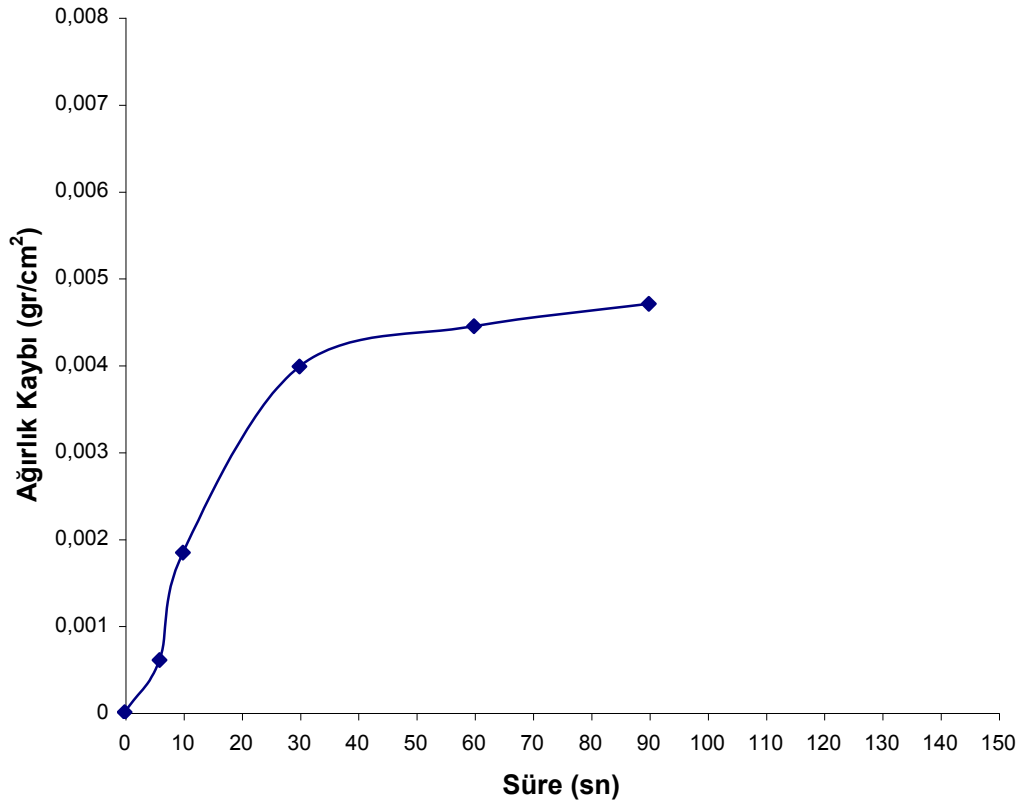
	Fe	P	Cu	Cr	Ca	K	Na	N	Zn	S	B
Rodine 50	24,46	13,99	25,53	5,8	3,93	73,6	15,27	2,56	2,35	16,74	8,68

Orijinal numune ile, HCl solüsyonuna 5 ml inhi bitör ilave edilerek gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresine bağlı olarak Tablo 7.8'de verilmiştir.

Tablo 7.8: Orijinal Numuneye, 5 ml İnhi bitör İlaveli HCl Asit Sol üsyonu İle Gerçekleştirilen Dene y Sonuçları

Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüzey A (cm ²)	Ağ Kay/ Yüz A (g/cm ²)
HCl	0	0	0	0		0
	155,313	155,219	0,094	6	156,63	0,0006
	153,248	152,963	0,285	10	155,28	0,0018
	154,367	153,737	0,63	30	158,36	0,0040
	149,251	148,588	0,663	60	149,23	0,0044
	153,624	152,907	0,717	90	152,59	0,0047

Elde edilen ağırlık kaybı değerlerinin deney süresi ile değişimi Şekil 7.10' de gösteril miştir.



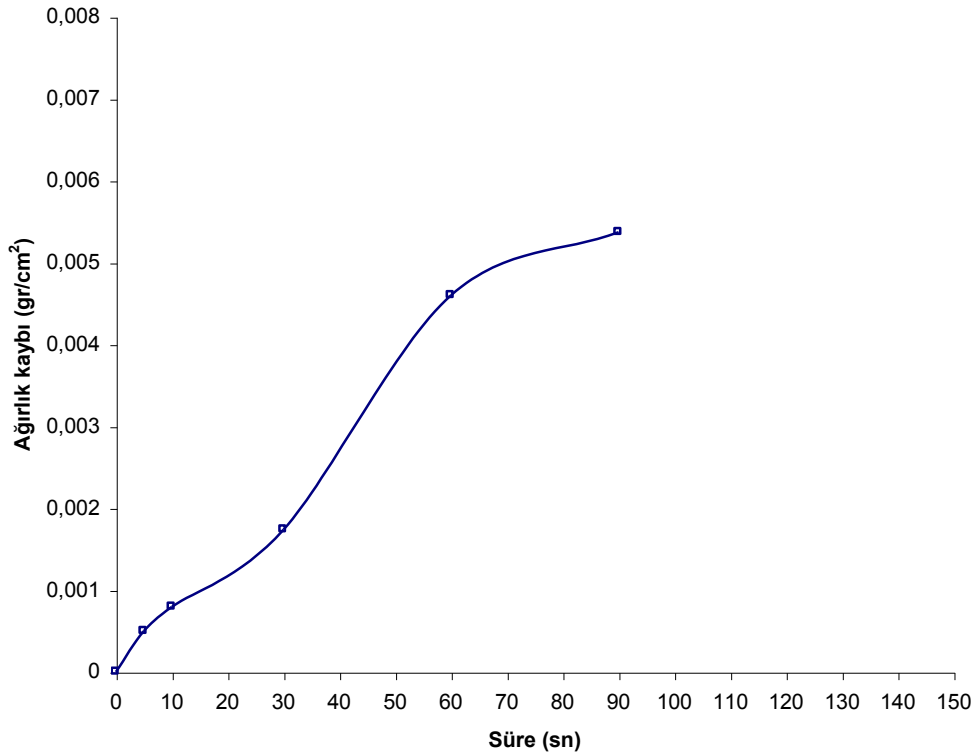
Şekil 7.10: Sıcak Haddelenmiş Sac Numuneye 5 ml İnhi bitör İlaveli HCl Asit Sol üsyonu İle Gerçekleştirilen Dene y Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Dene y Süresi İle Değişimi

Orijinal numune ile H_2SO_4 solüsyonuna 5 ml inhibitör ilave edilerek gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresine bağlı olarak Tablo 7.9’de verilmiştir.

Tablo 7.9: Orijinal Numuneye, 5 ml İnhibitör İlaveli H_2SO_4 Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deney Sonuçları

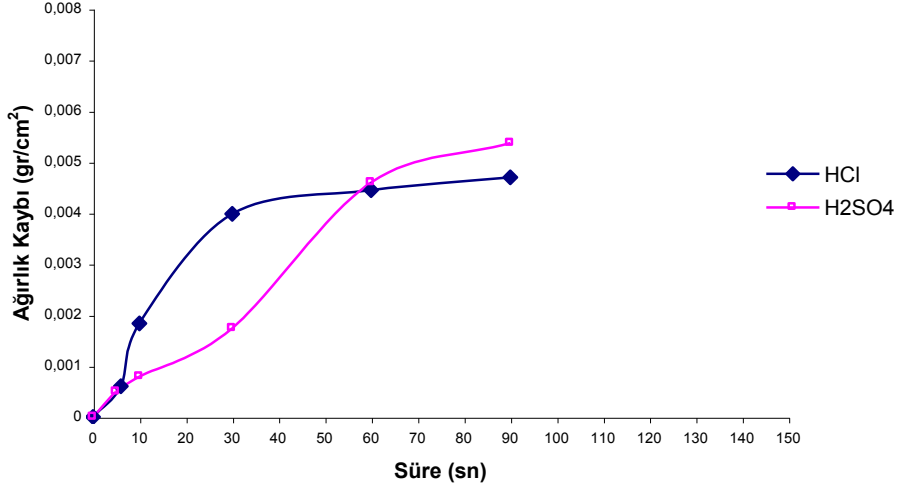
Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüz A (cm ²)	Ağ Kay/ Yüz A (g/cm ²)
H_2SO_4	0	0	0	0		0
	152,213	152,135	0,078	5	156,65444	0,00050
	147,179	147,058	0,121	10	152,58523	0,00079
	158,901	158,618	0,283	30	162,71754	0,00174
	145,375	144,686	0,689	60	149,83697	0,00460
	144,744	143,935	0,809	90	150,70994	0,00537

Elde edilen ağırlık kaybı değerlerinin deney süresi ile değişimi Şekil 7.11’de gösterilmiştir.



Şekil 7.11: Sıcak Haddelenmiş Sac Numuneye 5 ml İnhibitör İlaveli H_2SO_4 Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deney Süresi İle Değişimi Zaman Grafiği

Orijinal numuneye uygulanan her iki asitleme sonucunda elde edilen ağırlık kayıplarının kıyaslanması Şekil 7.12’de görülmektedir.



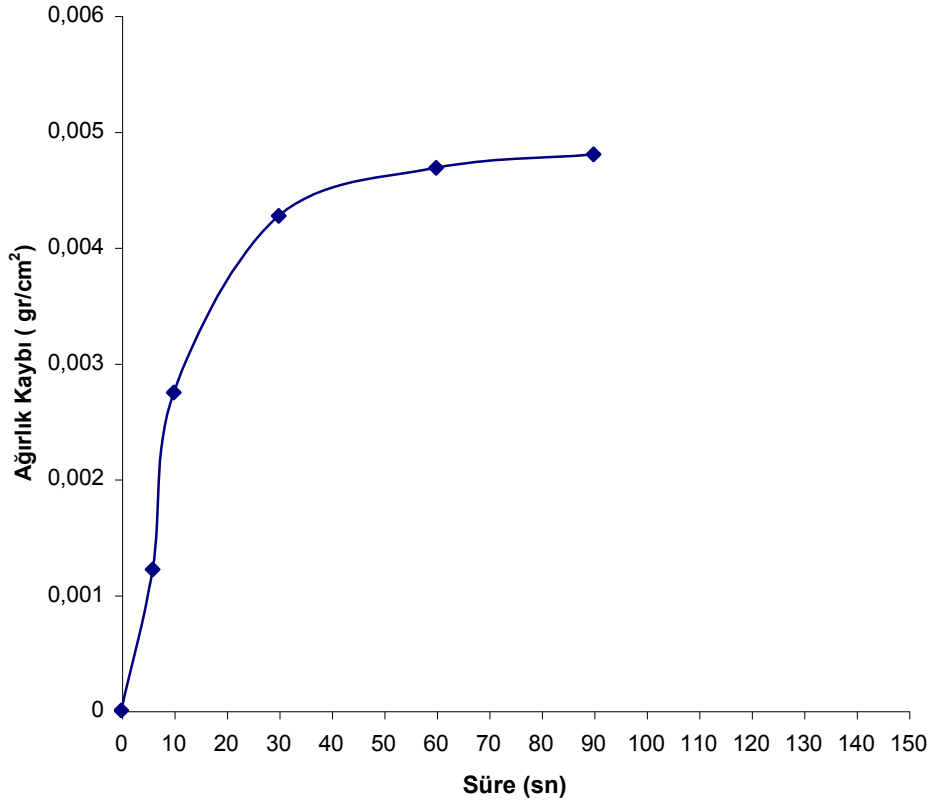
Şekil 7.12: Sıcak Haddelenmiş Numuneye Uygulanan İnhibitör İlaveli Her İki Asitleme Deney Sonuçlarının Kıyaslanması

Doğrultma işlemi uygulanan numune ile HCl solüsyonuna 5 ml inhibitör ilave edilerek gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresi ne bağlı olarak Tablo 7.10' de verilmiştir.

Tablo 7.10: Doğrultma numunesine, 5 ml inhibitör ilaveli HCl asit solüsyonu ile gerçekleştirilen deney sonuçları

Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüz A (cm²)	Ağ Kay/ Yüz A (g/cm²)
HCl	0	0	0	0		0
	127,292	127,111	0,181	6	148,79	0,0012
	132,797	132,365	0,432	10	157,41	0,0027
	133,855	133,184	0,671	30	157,21	0,0043
	132,713	131,975	0,738	60	157,54	0,0047
	145,396	144,628	0,768	90	159,99	0,0048

Doğrultma işlemi uygulanmış sıcak haddelenmiş sacın asitleme deneyinde ağırlık kaybı değerlerinin deney süresi ile değişimi Şekil 7.13' de gösterilmiştir.



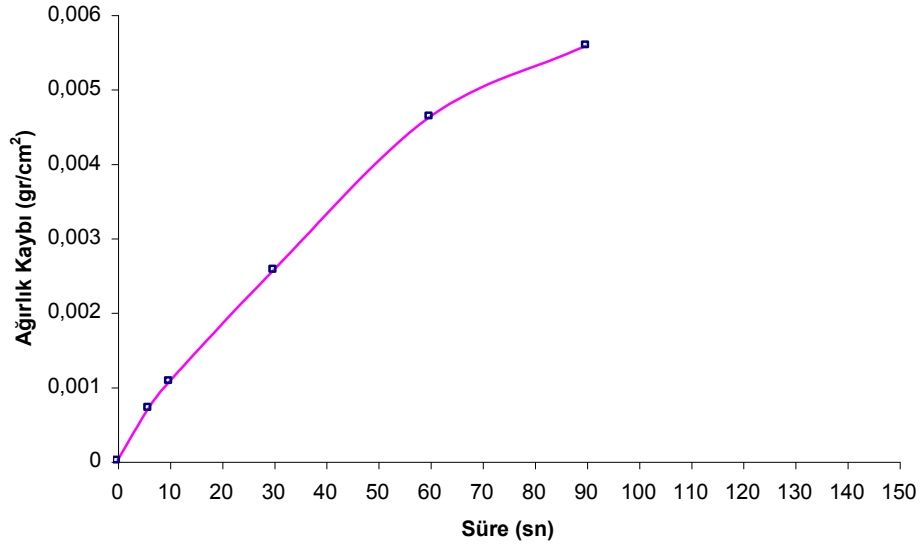
Şekil 7.13: Doğrultma Numunesine 5 ml İnhibitör İlaveli HCl Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deney Süresi İle Değişimi Zaman Grafiği

Doğrultma işlemi uygulanan numune ile H₂SO₄ solüsyonuna 5 ml inhibitör ilave edilerek gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresi ne bağlı olarak Tablo 7.11’de verilmiştir.

Tablo 7.11: Doğrultma Numuneye, 5 ml İnhibitör İlaveli H₂SO₄ Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deney Sonuçları

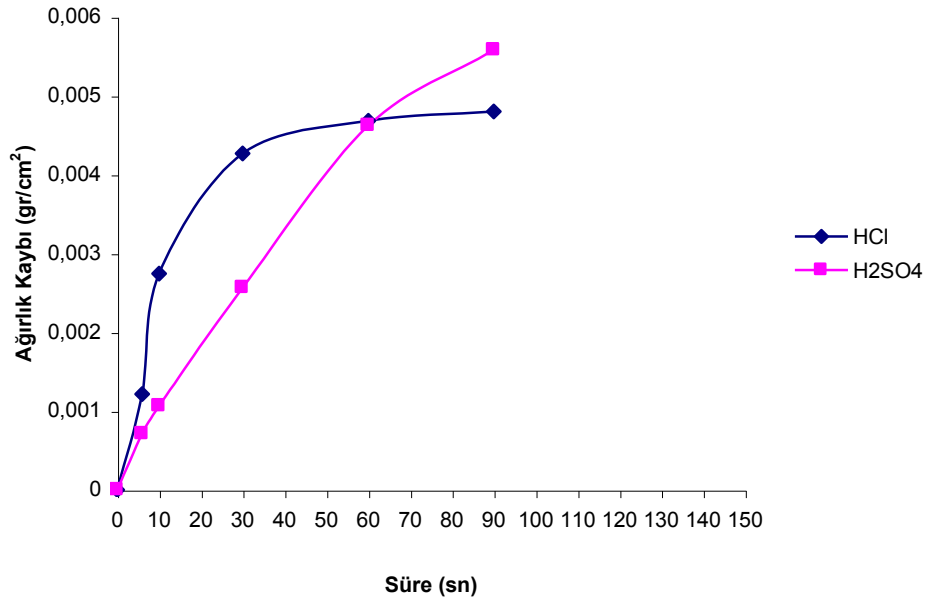
Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüz A (cm ²)	Ağ Kay/ Yüz A (g/cm ²)
H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0
	142,148	142,036	0,112	6	157,88	0,0007
	120,74	120,57	0,17	10	159,38	0,0011
	134,065	133,695	0,37	30	144,27	0,0026
	134,315	133,59	0,725	60	156,89	0,0046
	128,8	127,97	0,83	90	148,75	0,0056

Doğrultma işlemi uygulanmış sıcak haddelenmiş sacın inhibitör ilaveli H₂SO₄ asitleme deneyinde ağırlık kaybı değerlerinin deney süresi ile değişimi Şekil 7.14’de gösterilmiştir.



Şekil 7.14: Doğrultma Numunesine 5 ml İnhi bitör İlaveli H₂SO₄ Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deney Süresi İle Değişimi Zaman Grafiği

Doğrultma numunesine uygulanan her iki asitleme sonucunda elde edilen ağırlık kayıplarının kıyaslanması da Şekil 7.15’de gösterilmiştir.

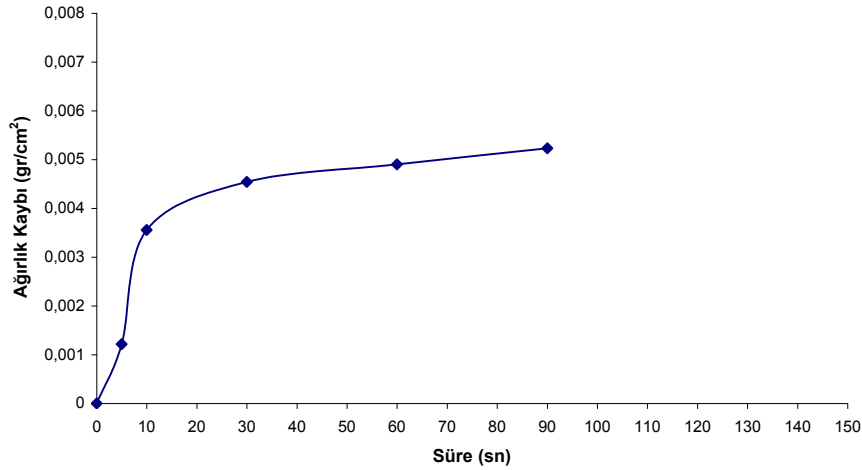


Şekil 7.15: Doğrultma Numunesine Uygulanan 5 ml İnhi bitör İlaveli Her İki Asitleme Deney Sonuçlarının Kıyaslanması

Temper hadde işlemi uygulanan sıcak haddelenmiş sac numune ile 5 ml inhibitör ilaveli HCl solüsyonu ile gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresine bağlı olarak Tablo 7.12’de, ağırlık kaybı değerlerinin deney süresine göre değişimi de Şekil 7.16’de gösterilmiştir.

Tablo 7.12: Temper Hadde Uygulanmış Numuneye, 5 ml İnhibitör İlaveli HCl Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deney Sonuçları

Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüz A (cm ²)	Ağ Kay/ Yüz A (g/cm ²)
HCl	0	0	0	0		0
	136,675	136,471	0,204	5	167,33	0,0012
	134,073	133,492	0,581	10	163,37	0,0036
	137,308	136,545	0,763	30	167,95	0,0045
	138,267	137,439	0,828	60	168,89	0,0049
	132,802	131,944	0,858	90	164,02	0,0052

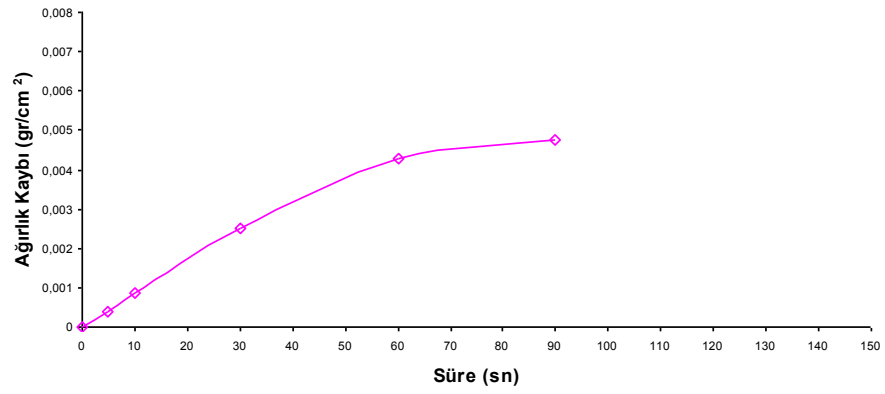


Şekil 7.16: Temper Numunesine 5 ml İnhibitör İlaveli HCl Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deney Sonucunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deney Süresi İle Değişimi Zaman Grafiği

Temper işlemi uygulanan numune ile 5 ml inhibitör ilaveli H₂SO₄ solüsyonu kullanılarak gerçekleştirilen asitleme deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri asitleme deney süresine göre Tablo 7.13’de, ağırlık kaybı değerlerinin deney süresine göre değişimi de Şekil 7.17’de gösterilmiştir.

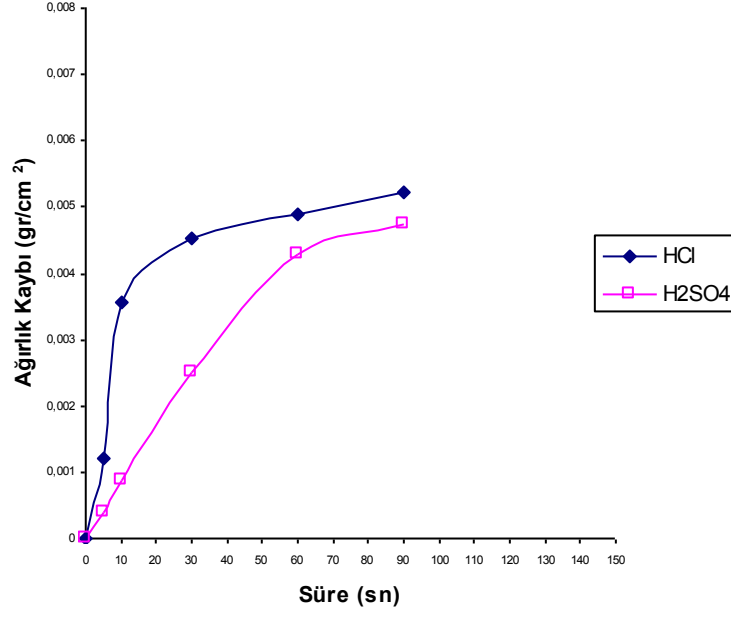
Tablo 7.13: Temper Hâdde Uygulanmış Numuneye, 5 ml İnhibitor İlaveli H₂SO₄ Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deneysel Sonuçları

Asit	İş Öncesi Ağ (g)	İş Sonrası Ağ (g)	Ağ Kaybı (g)	Süre (sn)	Yüz A (cm ²)	Ağ Kay/Yüz A (g/cm ²)
H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0
	121,255	121,194	0,061	5	150,690	0,00040
	128,955	128,814	0,141	10	159,8681	0,00088
	129,692	129,305	0,387	30	154,8744	0,00250
	138,254	137,528	0,726	60	169,5179	0,00428
	134,673	133,882	0,791	90	166,4039	0,00475



Şekil 7.17: Temper Numunesine 5 ml İnhibitor İlaveli H₂SO₄ Asit Solüsyonu İle Gerçekleştirilen Deneysel Sonuçunda Elde Edilen Ağırlık Kaybının Deneysel Süresi İle Değişimi Zaman Grafiği

Temper numunesine uygulanan her iki asitleme sonucunda elde edilen ağırlık kayıplarının kıyaslanması da Şekil 7.18’de gösterilmiştir.



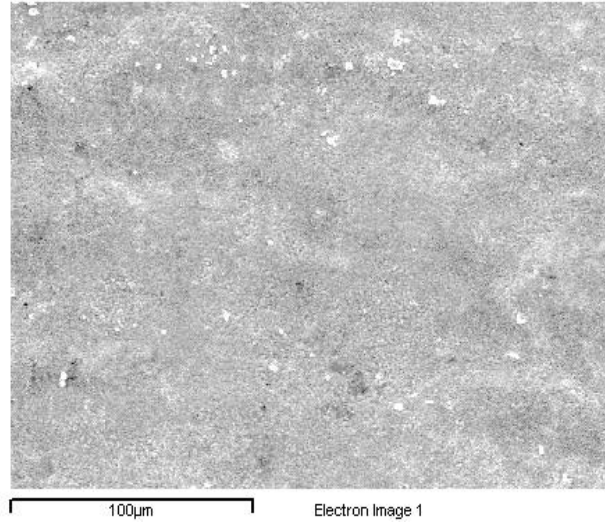
Şekil 7.18: Temper Numunesine Uygulanan 5 ml İnhi bitör İlaveli Her İki Asitleme Deney Sonuçlarının Kıyaslanması

Orijinal, doğrultma ve temper numuneleri ile, inhi bitör ilave edilerek gerçekleştirilen asitleme deneylerinde inhi bitör ilavesi yapılmayan deneylere göre benzer sonuçlar elde edilmiştir. Burada görülen tek fark ağırlık kayıplarında görülen azalmadır. Ağırlık kaybındaki bu azalma, inhi bitörün temizleme reaksiyonu sırasında ana çelik yüzeyinden yenilmesi nedeniyle engellenmesinden kaynaklanmaktadır.

7.3 Taraflı Elektron Mikroskopu Analizi

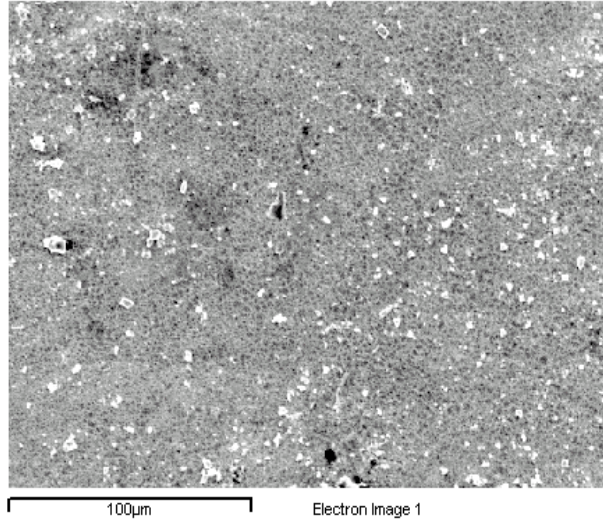
Gerçekleştirilen asitleme deneyleri sonucunda elde edilen numunelerin yüzey görüntülerini incelemek için JEOL-JSM5600 marka taraflı elektron mikroskopunda kullanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak numunelerin asitleme deneyine tabi tutulmuş halleri incelenmiş, mekanik işlemlerin yapıda oluşturduğu etkiler tespit edilmiştir. Şekil 7.19'da orijinal numunenin taraflı elektron mikroskopu görüntüsünde yüzeyinde tufal tabakaları net bir şekilde görülmektedir.



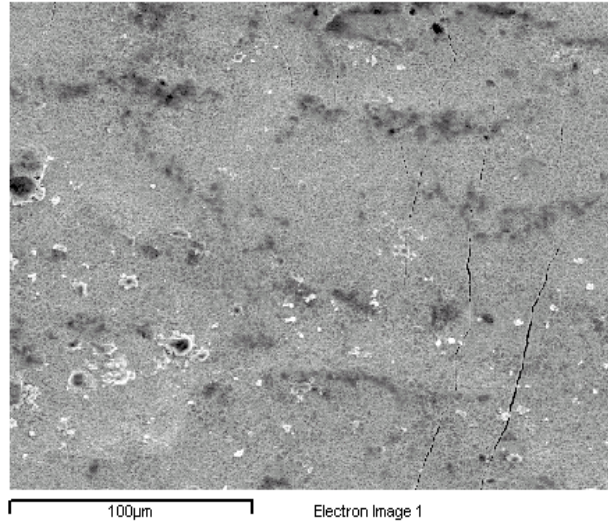
Şekil 7.19: Orijinal Numunenin Asitleme Deneyine Tabi Tutulmuş Hali

Numune yüzeyindeki beyaz bölgeler tufal olarak tanımlanabilirken, siyah bölgeler ise yüzeyden kopmuş tufal tabakalarıdır. Şekil 7.20’de sıcak haddelme sonrası doğrultma işlemi uygulanan numunenin asit solüsyonuna daldırılmadan önceki hali gösterilmiştir.



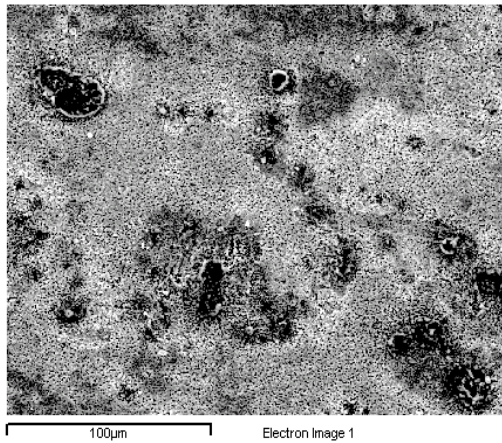
Şekil 7.20: Doğrultma Numunesinin Asitleme Deneyine Tabi Tutulmuş Hali

Doğrultma kademesinden geçen numunede yerel çatlaklar görülmekte olup, yaprak tufal olarak adlandırılan tufal üst katmanı kaybolmuştur (Şekil 7.11). Temper haddesi uygulanan numunenin yüzey görünümü de Şekil 7.21’de görülmektedir. Temper işlemi sonucunda oluşan nispeten derin çatlaklar görülmekte olup, tufal üst katmanı doğrultma numunesine göre daha fazla miktarda kaybolmaktadır.

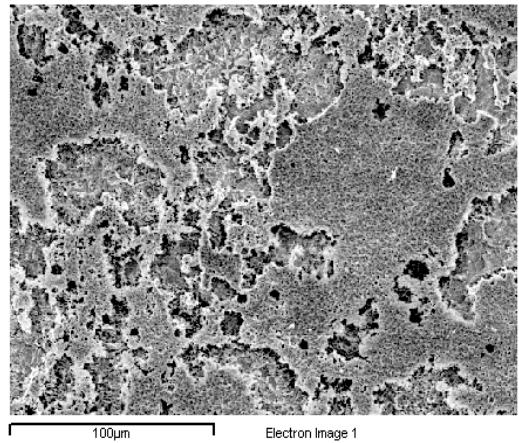


Şekil 7.21: Temper Numunesinin Asitleme Deneyine Tabi Tutulmuş Hali

Asitleme deneylerinde de bahsedildiği gibi numuneler iki farklı gruba deney tabi tutulmuşlardır. Birinci grup asitleme deneyinde reaksiyonun ilk oluşumunun malzeme yüzeyindeki etkisini gözlemleyebilmek için 10 sn süreyle deneye tabi tutulan numunelerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri incelenmiştir. Şekil 7.22’de orijinal numuneye ait taramalı elektron mikroskobu görüntüsü gösterilmiştir.



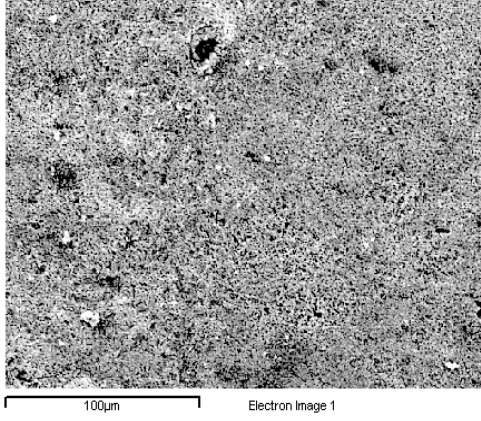
H_2SO_4



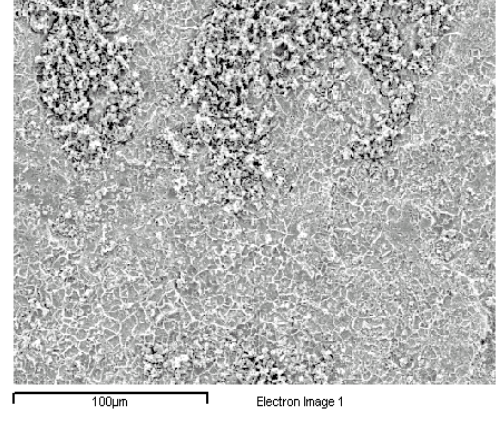
HCl

Şekil 7.22: 10 sn Asit Solüsyonuna Daldırılan Orijinal Numunenin Yüzey Görüntüleri

HCl asit ile gerçekleştirilen asitleme sonucunda H_2SO_4 asi de göre daha efektif bir temizleme gerçekleştiği görülmüştür. Şekil 7.23’de ise 10 sn süre ile asit solüsyonlarına daldırılan doğrultma numunelerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri verilmiştir.



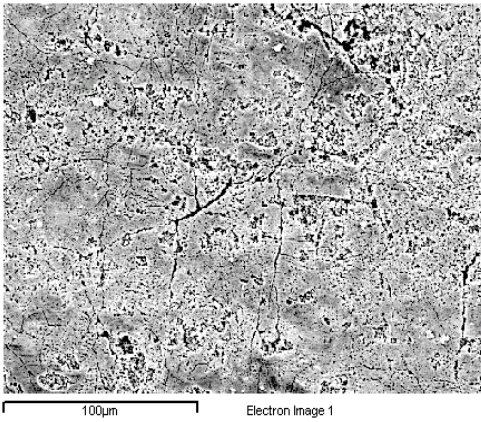
H_2SO_4



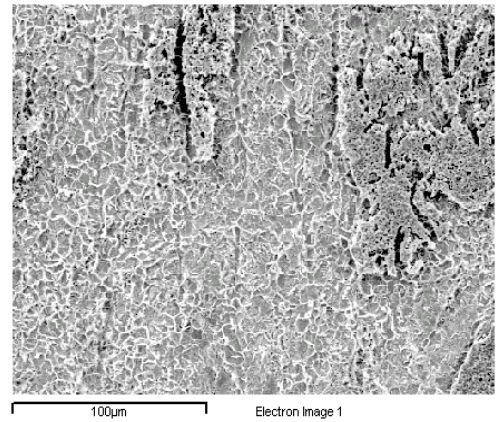
HCl

Şekil 7.23: 10 sn Asit Solüsyonuna Daldırılan Doğrultma Numunelerinin YüzeY Görüntüleri

Orjinal numunede olduğu gibi doğrultma numunesinde de HCl asit ile gerçekleştirilen reaksiyon H_2SO_4 asi de göre daha efektif bir temizleme sağlanmaktadır. Ağırlık kaybı değerlerinden de görüleceği gibi, her iki doğrultma numunesinde yüzeyde mevcut olan bölgesel çatlaklar sonucunda orjinal numuneye göre yüzeyde daha fazla miktarda yenme görülmektedir. Şekil 7.24’de 10 sn süre ile asit solüsyonuna daldırılan temper haddesi uygulanmış numunelerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri gösterilmiştir.



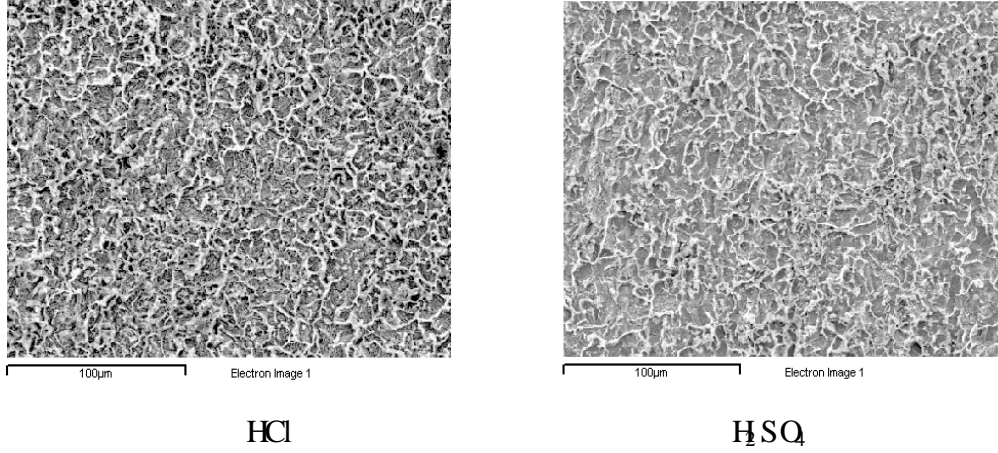
H_2SO_4



HCl

Şekil 7.24: 10 sn Asit Solüsyonuna Daldırılan Temper Numune Görüntüleri

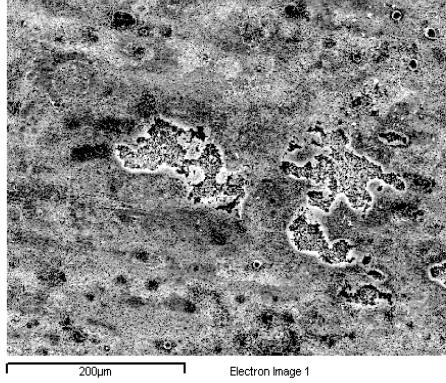
Temper numunesinde de HCl asidin H_2SO_4 asi de göre tufal tabakası ile reaksiyona girme hızı yüksektir. Her iki numunede de temper işleminin sonucunda oluşan nispeten derin çatlaklar, asit solüsyonun tufal tabakası ile reaksiyonunu kolaylaştırmış, asit reaksiyonu bu çatlaklar boyunca ilerlemiş ve daha fazla miktarda tufal tabakası yenmiştir. Şekil 7.25’de 90 sn süre ile asit solüsyonuna daldırılan temper haddesi uygulanmış numunelerinin taralı elektron mikroskobu görüntüleri gösterilmiştir.



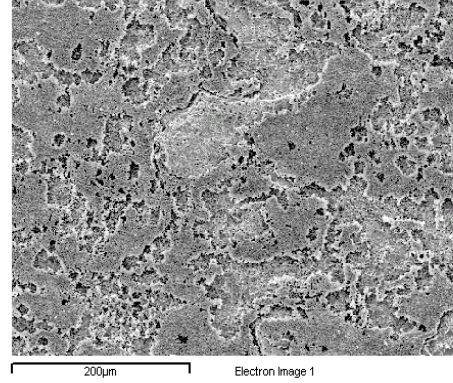
Şekil 7.25: 90 sn Asit Solüsyonuna Daldırılan Temper Numune Görüntüleri

90 sn süre ile gerçekleşen reaksiyon sonucunda her iki yüzey tufal tabakalarından arındırılmıştır.

İkinci grup asitleme deneyinde asit solüsyonları içerisinde 5 ml rodin S50 marka inhibitör ilave edilerek reaksiyon kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. İnhibitör ilavesi ile asidin ana çelik yüzey ile reaksiyona girme hızı hedeflenmiştir. Şekil 7.26’da ikinci grup asitleme deneyine tabi tutulmuş sıcak haddelenmiş numunelerin SEM görüntüleri gösterilmiştir. Numuneler 10 sn süre ile HCl ve H_2SO_4 asit solüsyonlarına tabi tutulmuşlardır.



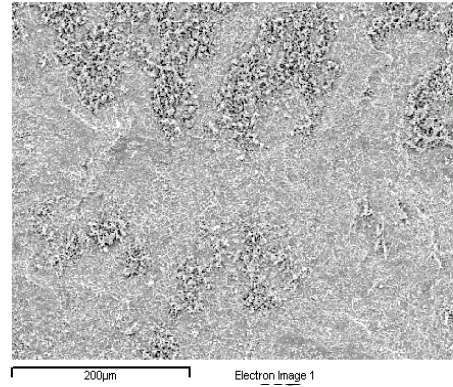
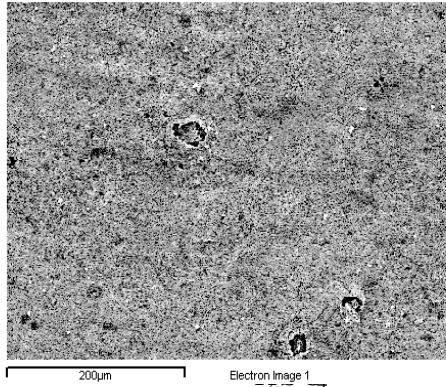
H₂SO₄



HCl

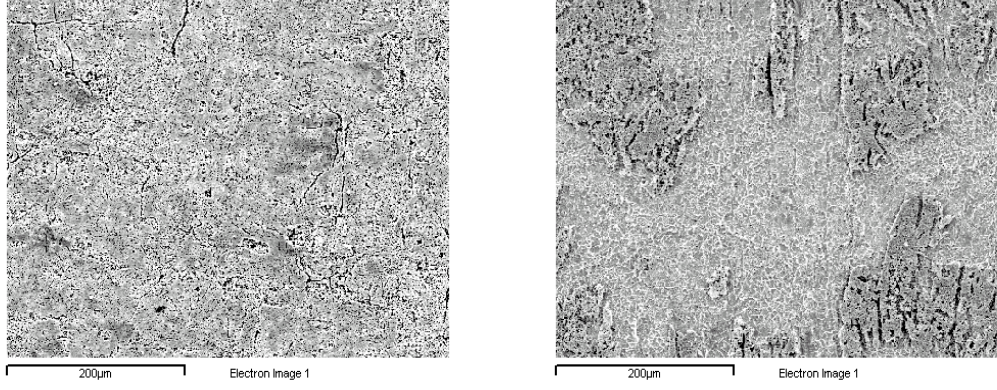
Şekil 7.26: 10 sn Süre İle 5 ml İnhi bitör İlavesi Yapılmış Asit Solüsyonlarına Daldırılan Orijinal Numunenin Yüzey Görüntüleri

Fotografardan da görüldüğü gibi HCl asit ile gerçekleştirilen deney sonucunda elde edilen yüzey H₂SO₄ asit ile gerçekleşene göre daha temizdir. Deney sonuçları, birinci grup asitleme deneyi ile kıyaslandığında reaksiyon yavaşlamış, yüzeydeki tufal miktarı daha fazla miktardır. Şekil 7.27’de ise benzer şekilde doğrultma numunelerine ait SEM fotoğrafları gösterilmiştir.



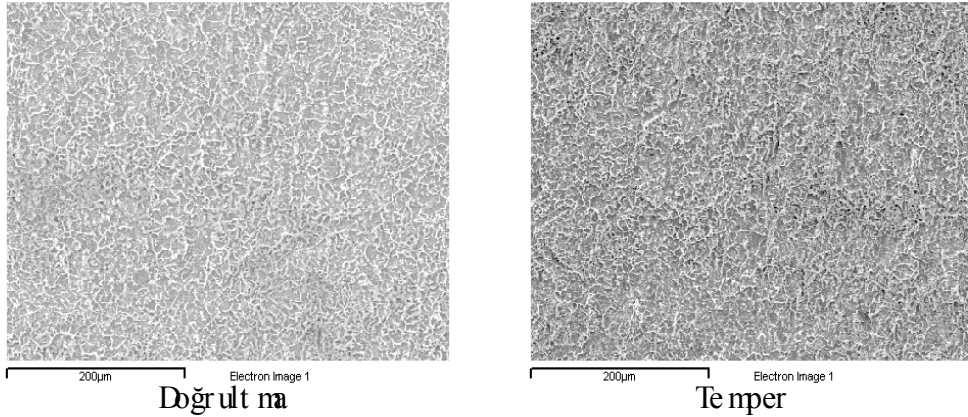
Şekil 7.27: 10 sn Süre İle 5 ml İnhi bitör İlavesi Yapılmış Asit Solüsyonlarına Daldırılan Doğrultma Numunelerinin Yüzey Görüntüleri

Doğrultma numunesi ile gerçekleştirilen numunelerde elde edilen sonuçlar, birinci grup asitleme deneyinde olduğu gibi doğrultma işlemi sonucunda reaksiyon hızında görülen artış ve bunun paralelinde yüzeyin daha efektif temizlenmesidir. Sıcak haddelenmiş numunede olduğu gibi doğrultma numunesinde de inhi bitör ilavesi ile reaksiyonda yavaşlama gözlemlenmiştir. Temper numunesi ile yapılan deneylere sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 7.28’de gösterilmiştir.



Şekil 7.28: 10 sn Süre İle 5 ml İnhi bitör İlavesi Yapılmış Asit Solüsyonlarına Daldırılan Temper Numune Görüntüleri

Dİğer iki numune grubunda olduğu gibi temper numunesinde de inhi bitör ilavesiyle reaksiyon yavaşlamış ve asidin çelik yüzeyi ile olan reaksiyonu durdurulmuştur. Şekil 7.29'da 90 sn süre ile HCl asit solüsyonuna daldırılan doğrultma ve temper haddesi uygulanan numunelerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri gösterilmiştir.



Şekil 7.29: 90 sn Süre İle 5 ml İnhi bitör ilavesi Yapılmış HCl Asit Solüsyonuna Daldırılan Doğrultma Ve Temper Numunelerinin Görüntüleri

Elde edilen SEM görüntülerinden de görüldüğü gibi 90 sn sonucunda doğrultma ve temper hadde numunelerinin yüzeyleri tufal tabakasından arındırılmış, istenilen özelliklerde yüzey elde edilmiştir.

7.3 X Işı nları Analizi

Sıcak haddelenmiş çelik yüzeyindeki tufal tabakasında bulunan demir oksit türlerini belirlemek amacıyla her üç numune grubuna X ışınları difraksiyon analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen grafikleri Ek 7.1, Ek 7.2 ve Ek 7.3’de görmek mümkündür.

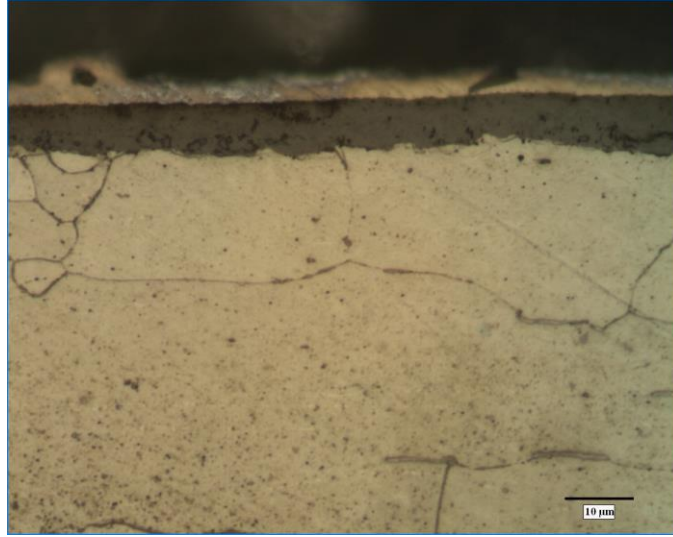
Sonuçlar incelendiğinde her üç numune grubunun tufal yapısında wüslit, manyetit ve hematit yapılarını görmek mümkündür. Elde edilen sonuçlarda, az da olsa demir yapısı görülmektedir.

90 sn süre ile H₂SO₄ solüsyonuna tabi tutulmuş numunenin X ışınları difraksiyon analizi ise Ek 7.4 gösterilmiştir. 90 sn süre sonunda yapıdan tufal tabakası uzaklaştırılmış ve sadece demir pikleri elde edilmiştir.

7.4 Tufal Yerin m Reaksiyonun Tesiti

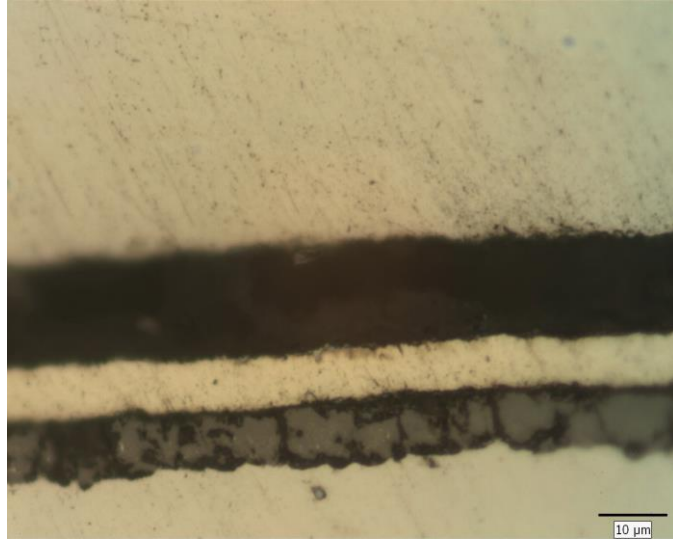
Asit ile tufal giderme reaksiyonunda HCl ve H₂SO₄ asit olmak üzere iki farklı asit solüsyonu kullanılmıştır. Her iki asit reaksiyonun tufal yapısı ile girdiği reaksiyonu ortaya koyabilmek için her üç numune grubu elektrolitik olarak nikel ile kaplanmış ve Nikon marka optik mikroskopta kesitten incelenmiştir. Kullanılan asit solüsyonlarına inhi bitör ilavesi gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak her üç numune grubunun reaksiyona girmiş halleri optik mikroskopta incelenmiştir. Şekil 7.30’da sıcak haddelenmiş numunenin kesit görüntüsü görülmektedir. Şekilden görüleceği gibi yüzeyin üst kesiminde kalınlığı 6.21 mikron olarak ölçülmüş tufal tabakası bulunmaktadır.



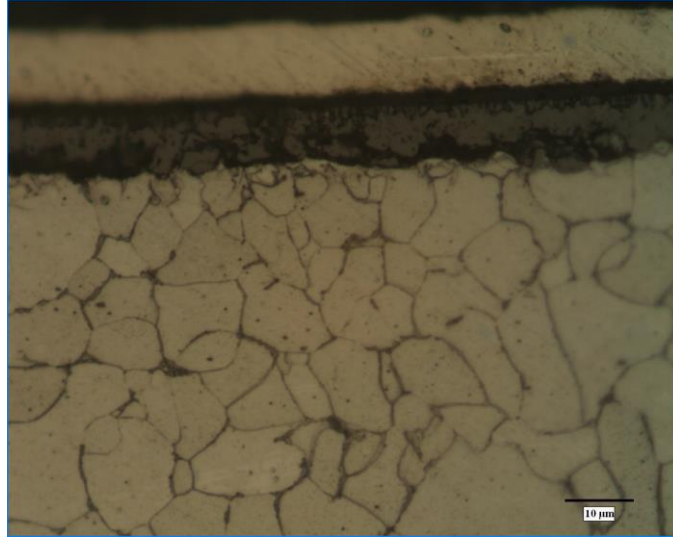
Şekil 7.30 : Sıcak Haddelenmiş Numunenin Kesitten Görünümü

Şekil 7.31’de ise doğrultma numunesinin kesitten görünümü gösterilmiştir. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi doğrultma işlemi sonucunda numune yüzeyinde oluşan yerel çatlakları görmek mümkündür.



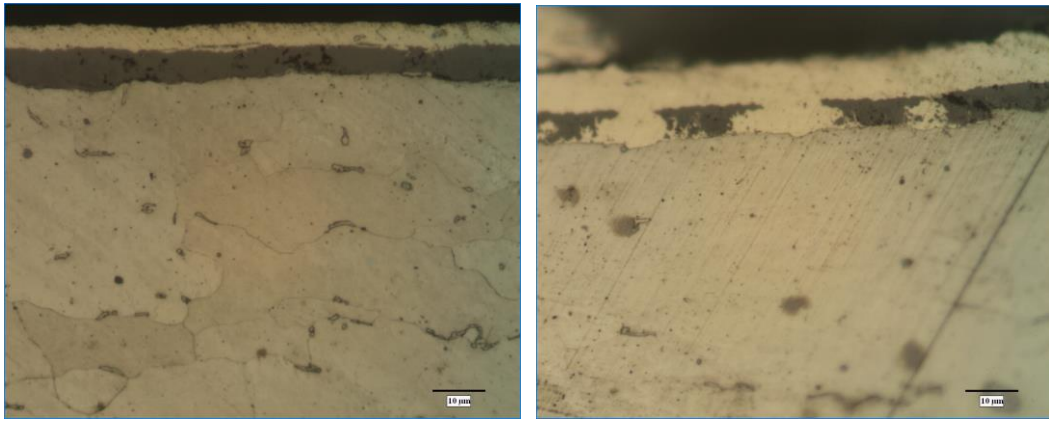
Şekil 7.31 : Doğrultma Numunesinin Kesitten Görünümü

Temper numunesinin kesitten görünümü Şekil 7.32 ‘de gösterilmiştir. Temper numunesinde de daha önce bahsedildiği gibi, nispeten derin çatlaklar yapıda görülmektedir.



Şekil 7.32 : Te mper Nü munesi ni n Kesitten Gör ünü mü

Her iki asit solüsyonunun başlangıç reaksiyonlarını incelemek için 5 sn süre ile HCl ve H_2SO_4 asit solüsyonlarına tabi tutulmuş numunelerin kesit görüntüleri incelenmiştir. Şekil 7.33'de 5 sn süre ile her iki tip asit solüsyonu ile reaksiyona girmiş sıcak haddelenmiş numune fotoğrafları gösterilmiştir.



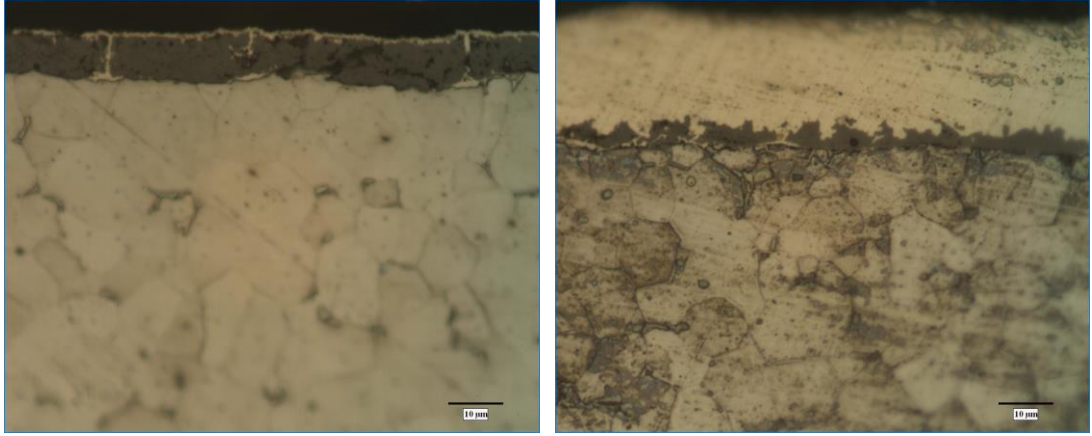
H_2SO_4

HCl

Şekil 7.33 : 5 sn Süre İle H_2SO_4 ve HCl Asit Solüsyonlarına Tabi Tutulmuş Sıcak Haddelenmiş Numunelerin Kesit Görüntüleri

Şekil 7.33'de görüldüğü gibi 5 sn süre ile HCl asit solüsyonuna tabi tutulmuş numunede tufal yeni ni H_2SO_4 asit solüsyonuna tabi tutulmuş numuneye göre daha hızlı ve etkilidir. HCl asit ile gerçekleşen reaksiyonda yüzeyden büyük parçalar halinde tufal temizlenirken, H_2SO_4 asit ile gerçekleşen reaksiyonda ise sadece yüzeyden az bir miktar tufal temizlenmiştir. Fotoğraflar, asitleme deneyi sonucunda

elde edilen ağırlık kaybı değerlerini doğrular niteliktedir. Şekil 7.34’ de ise 5 sn süre ile HCl ve H₂SO₄ asit solüsyonlarına tabi tutulmuş doğrultma numunelerinin fotoğrafları gösterilmiştir.

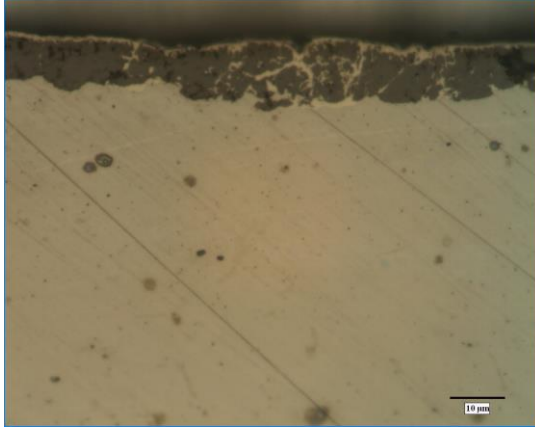


H₂SO₄

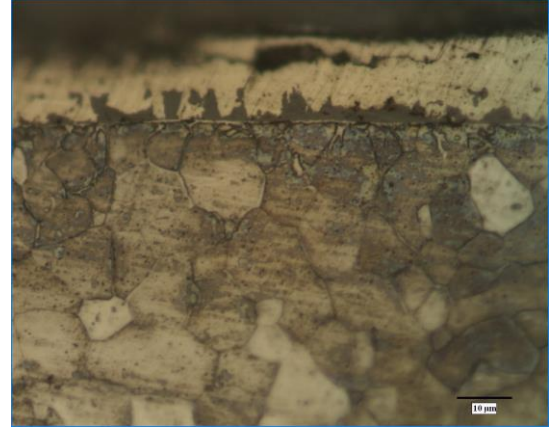
HCl

Şekil 7.34 : 5 Sn Süre İle H₂SO₄ ve HCl Asit Solüsyonlarına Tabi Tutulmuş Doğrultma Numunelerinin Kesit Görüntüleri

Doğrultma numunesiyle elde edilen fotoğraflarda da, HCl asit solüsyonunun H₂SO₄ solüsyonuna göre tufal tabakasıyla daha hızlı reaksiyona girdiği görülmektedir. Doğrultma işlemi sonucunda oluşan çatlaklar sayesinde reaksiyon bu bölgelerden ilerlemiş ve her iki asit solüsyonunda da sıcak haddelenmiş numuneye göre daha fazla oranda tufal tabakası temizlenmiştir. Fotoğraflar, sıcak haddelenmiş numunelerde olduğu gibi deneyler sonucunda elde edilen ağırlık kayıplarını doğrular niteliktedir. Doğrultma numunelerinde elde edilen ağırlık kayıpları sıcak haddelenmiş numuneye nazaran fazlaydı. Fotoğraflardan da ağırlık kaybındaki artışı görebilmek mümkündür. 5 sn süre ile asit solüsyonlarına tabi tutulmuş temper numunelerinin fotoğrafları Şekil 7.35’ de gösterilmektedir.



H₂SO₄



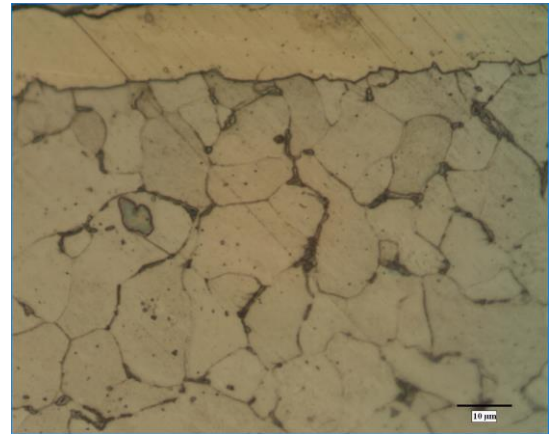
HCl

Şekil 7.35 : 5 Sn Süre İle H₂SO₄ ve HCl Asit Solüsyonlarına Tabi Tutulmuş Temper Numunelerinin Kesit Görüntüleri

Temper hadde işleme neticesinde oluşan derin çatlaklar sayesinde sıcak haddelenmiş ve doğrultma numunelerine nazaran daha fazla miktarlarda tufal yüzeyden temizlenmiştir. Temper numunesinde de diğer iki numune grubuna benzer şekilde HCl asit solüsyonu ile daha hızlı bir reaksiyon gerçekleşmiştir. Şekil 7.36’da ise 90 sn süre ile H₂SO₄ ve HCl reaksiyonlarına tabi tutulmuş temper numunelerinin fotoğrafları görülmektedir.



H₂SO₄



HCl

Şekil 7.36 : 90 Sn Süre İle H₂SO₄ ve HCl Asit Solüsyonlarına Tabi Tutulmuş Temper Numunelerinin Kesit Görüntüleri

90 sn süre ile her iki asit solüsyonuna tabi tutulmuş numune yüzeylerindeki tufal tabakaları temizlenmiştir.

7.5 Yüzey Pürüzlülüğü İncelemeleri

Yüzey pürüzlülüğü tespiti için yapılan deneylerde, 90 sn süreyle her iki asit solüsyonuna tabi tutulan numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan asit solüsyonlarına inhi bitör ilavesi yapılmıştır.

Ayrıca diğer bir yüzey temizleme prosesi olan kumlama yöntemiyle temizlenmiş numunenin yüzey pürüzlülüğü ölçülüş iki farklı temizleme yönteminin kıyaslanması sağlanmıştır. Tablo 7.14’de elde edilen pürüzlülük değerleri verilmiştir.

Tablo 7.14: 90 sn Süre İle Her İki Asit Solüsyonuna Tabi Tutulmuş Üç Grup Numunelerin Pürüzlülük Değerleri

	Orjinal Hali (μm)	HCl (μm)	H ₂ SO ₄ (μm)
Sıcak Haddelenmiş	0,64	1,26	1,39
Doğrultma	0,73	1,29	1,44
Temper	0,80	1,33	1,50

Elde edilen pürüzlülük değerlerinde de görüldüğü gibi H₂SO₄ solüsyonuna tabi tutulmuş numunelerin pürüzlülük değerleri HCl asit solüsyonuna tabi tutulmuş numunelere göre daha yüksektir. Ayrıca numuneler uygulanan mekanik işlemler sayesinde yüzey pürüzlülüğü değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Farklı bir yüzey temizleme prosesi olan kumlama yöntemiyle temizlenmiş numunenin pürüzlülük değeri 3.21 μm olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu değer, asit ile yüzey temizleme yöntemiyle elde edilen pürüzlülük değeriyle kıyaslandığında kumlama yönteminin yüzeyi daha pürüzlü hale getirdiği sonucunu ortaya koymaktadır.

8. GENEL SONUÇLAR

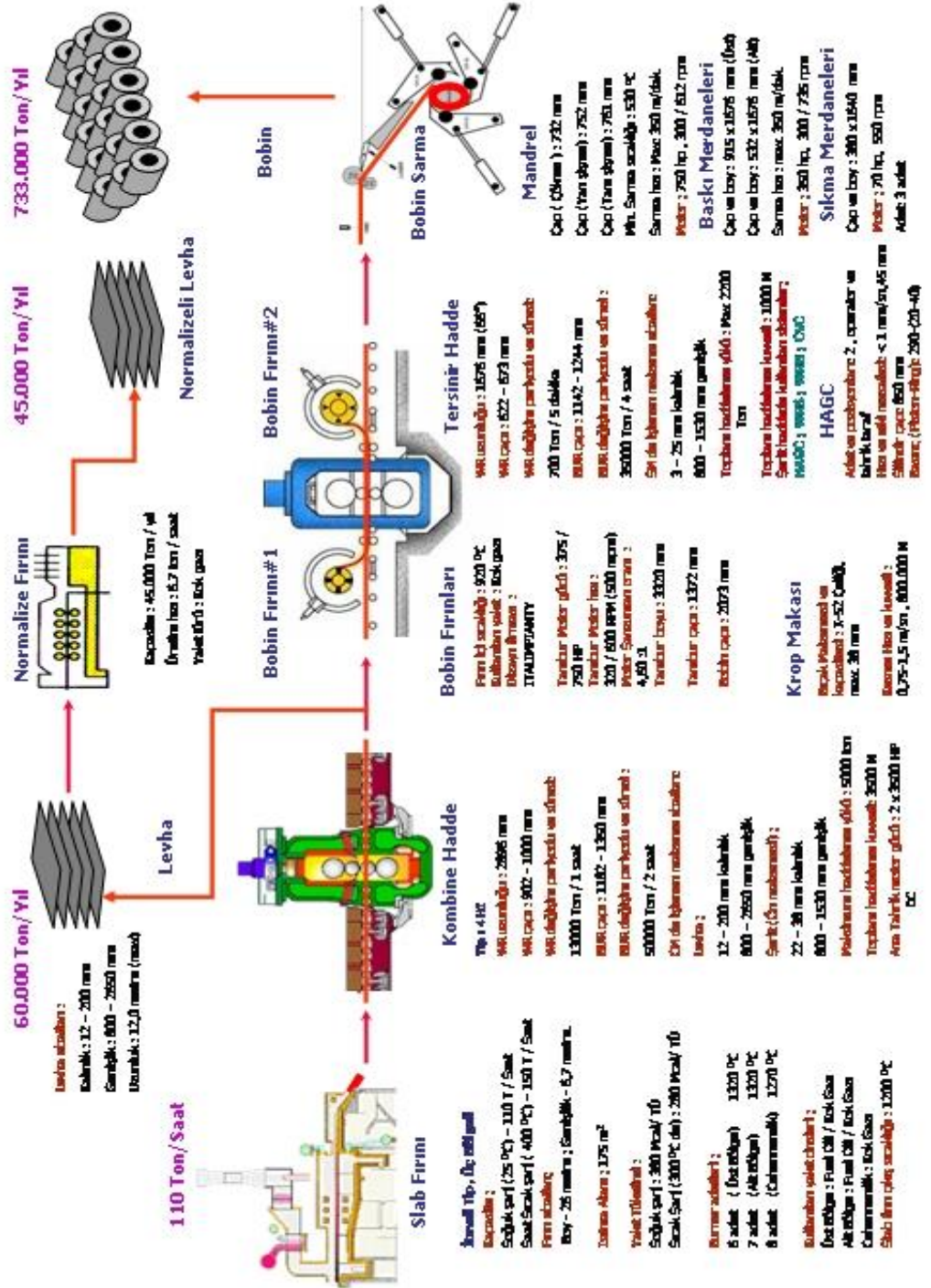
Yapılan deneysel çalışmalarda, sıcak haddelenmiş çelik malzemelere asit ile yüzey temizleme prosesi öncesi uygulanan doğrultma ve temper haddesi gibi mekanik işlemlerin temizleme işlemindeki etkisi incelenmiştir.

1. Sıcak haddelenmiş çeliklere uygulanan doğrultma işlemi sayesinde yüzeyde bulunan birincil tufal tabakası kaldırılmış ve orijinal numuneye göre asit reaksiyonu hızlanmıştır.
2. Temperleme ile elde edilen ön deformasyon sayesinde yüzeyde çatlak oluşumu sağlanmış ve doğrultmaya göre daha efektif bir temizleme gerçekleşmiştir.
3. Aynı sürelerde yapılan deneylerde elde edilen ağırlık kayıpları sonucunda HCl asidin H_2SO_4 aside göre daha efektif bir temizleme sağladığı görülmüştür.
4. Orijinal, doğrultma ve temper numuneleri ile, inhibitör ilave edilerek gerçekleşen asit deneylerinde inhibitör ilavesi yapılan deneylere göre elde edilen ağırlık kaybı değerlerinde azalma görülmektedir. Ağırlık kaybındaki bu azalmaya, inhibitörün temizleme reaksiyonu sırasında ana çelik yüzeyinden yenilmesi engellenmesinden kaynaklanmaktadır.
5. HCl asit ile gerçekleşen deneylerde H_2SO_4 asit göre uygulanan mekanik işlemlerin daha etkili olduğu görülmüştür.
6. Asitleme işlemleri sonrasında HCl asit ile göreceli olarak daha düşük H_2SO_4 asit ile daha yüksek bir yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

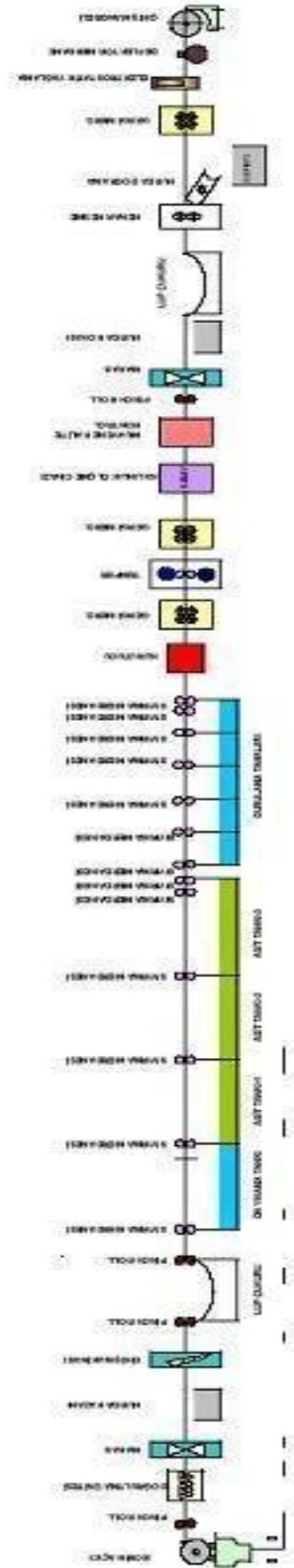
KAYNAKLAR

- [1] **Taşkın, A.**, 2004. Sıcak Haddeleme Prosesi ve ERDEMİR. Sıcak Haddehane Müdürlüğü
- [2] **İlker, H.**, 2000. Batık Tufal Oluşumu ve Çeşitleri, ERDEMİR AŞ
- [3] **Sun, W, Tieu, A K, Jiang, Z, Lu, C, Zhu H.**, 2003 Surface Characteristics Of Oxide Scale In Hot Strip Rolling *Journal of Materials Processing Technology*, 140, 76-83.
- [4] **Berwick, T., B A.**, 1999 Study of the conditions which promoted led-in-scale in the hot flat rolling of steel
- [5] **Fox, T.J., Randall, C D, Gross, D H.**, 1993. Steel Pickling: A Profile, *Center for Economics Research Triangle Institute*, 4-16,
- [6] **Kuhn, A.**, 2001 The Process Of Steel Pickling, *Steel Technology International*, 213-219.
- [7] **Yamaguchi, S, Yoshida, T, Saito, T.**, 1994. Improvement in Descaling Of Hot Strip By Hydrochloric Acid, *ISIJ International*, Vol 34, 670-678.
- [8] **Çalışkan, T.**, 1998 Modern Asitleme Teknikleri ve Enerji Tasarrufu İçin Önlemler, Kalite Metalurji Baş Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Müdürlüğü ERDEMİR AŞ
- [9] **Shimoda, A** 2002 Continuous Pickling Line Operation Manuel , Nippon Steel Company
- [10] **Bozkurt, S.**, 2003. Push Pull Asitleme Hattı Bilgi Notu, Kalite Kontrol Müdürlüğü ERDEMİR AŞ
- [11] **Nakano, S.**, 2003 16 mm x 1650 mm HCL Push Pull Pickling Line Operation Manuel, DBI.
- [12] **Willard, D.**, 2004 Operation And Maintenance Manuel For 7 000 LPH ARP, International Steel Service Inc.
- [13] **Grumbach, M.**, 1998 Busch, ML, Hausser, H, Metallurgical Approach of Temper Rolling
- [14] **Acar, İ.**, 1991. Sıcak makaslarda Görülen Rulo Kırıklarının Önlenmesi, Teknik Hizmetler Baş Müdürlüğü ERDEMİR AŞ
- [15] **Elkoca, O.**, 1998. Süreksiz Akma Uzaması, Kalite Metalurji Baş Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Müdürlüğü ERDEMİR AŞ

EKLER



Ek 2.1: Sıcak haddelenme süreci akış şeması

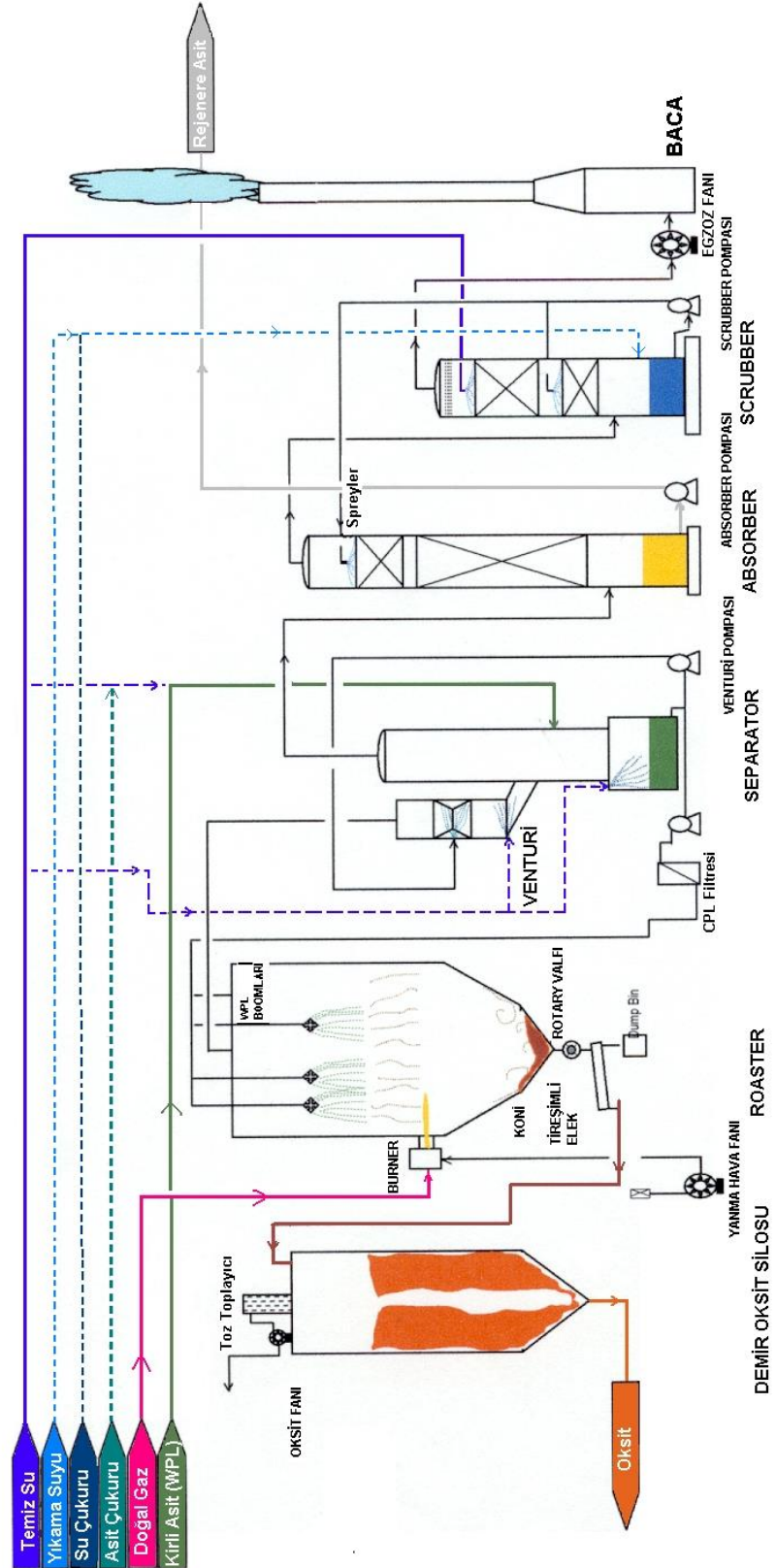


PUSH PULL ASITILME HATTI TEKNİK BİLGİLERİ

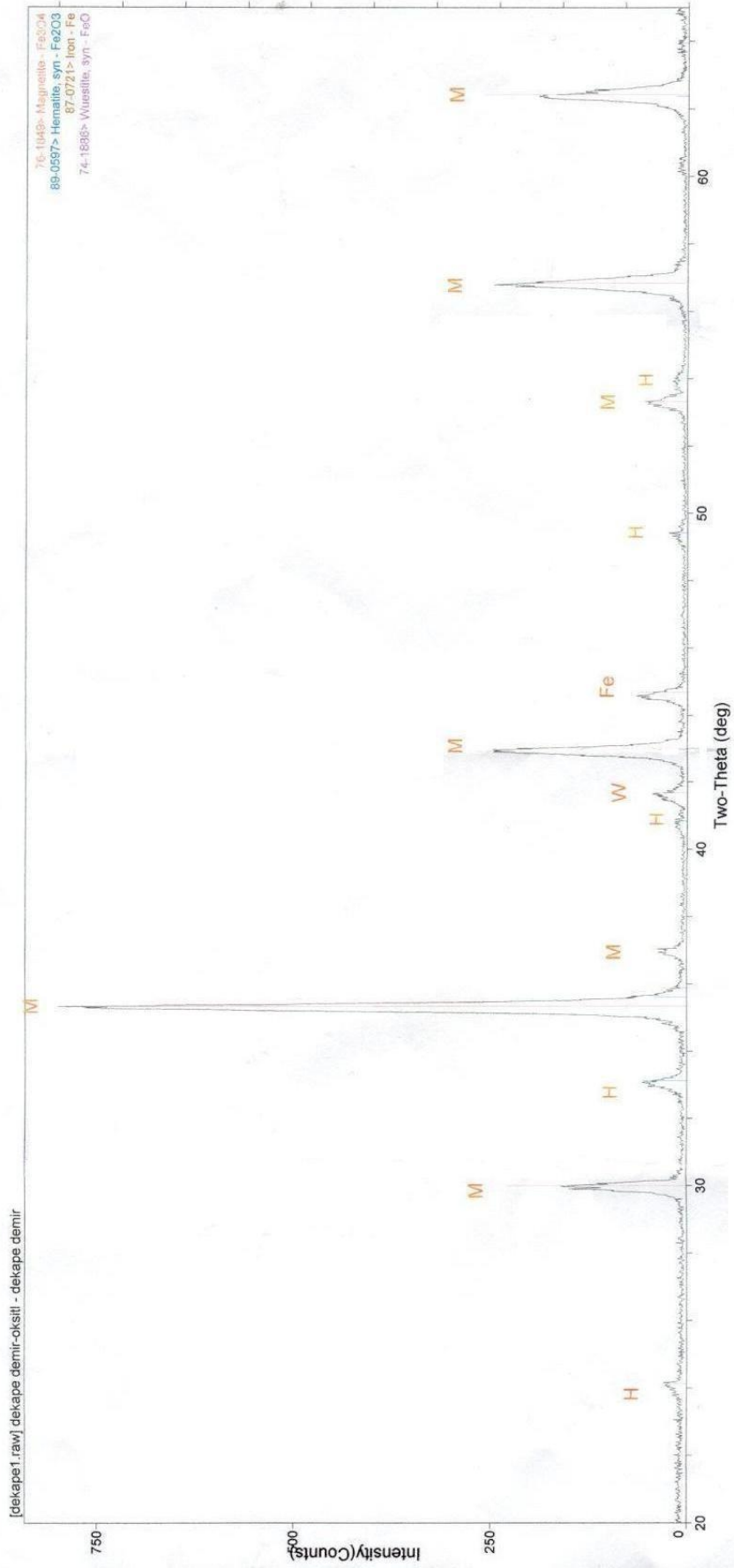
Sistem Kapasitesi	Sıcak Haddelenmiş Rulo
Bebin Ağırlığı	35 Ton (maks.)
Bebin Geniliği	600 - 1650 mm.
Müzene Kalınlığı	0,8 - 16 mm.
Bebin Dış Çapı	914 - 2200 mm.
Çiğir (Kısmi)	
Bebin İç Çapı (Giriş)	762 - 860 mm.
Bebin İç Çapı (Çıkış)	610-762 mm.
Kısmi	
Uzama Modu	0,8 - 0,0 mm.
Yüzey Düzleşme	7,0 - 10,0 mm.
Kısmi Kalınlık	0,8 - 0,0 mm.
Har. Hız	100 m/dak (maks.)
Kapasite	400.000 Ton/Yr.

Ek 3.1: Süreksiz Asitleme (Push Pull) Prosesi Akım Şeması

ASİT REJENERASYON TESİSİ AKIŞ ŞEMASI



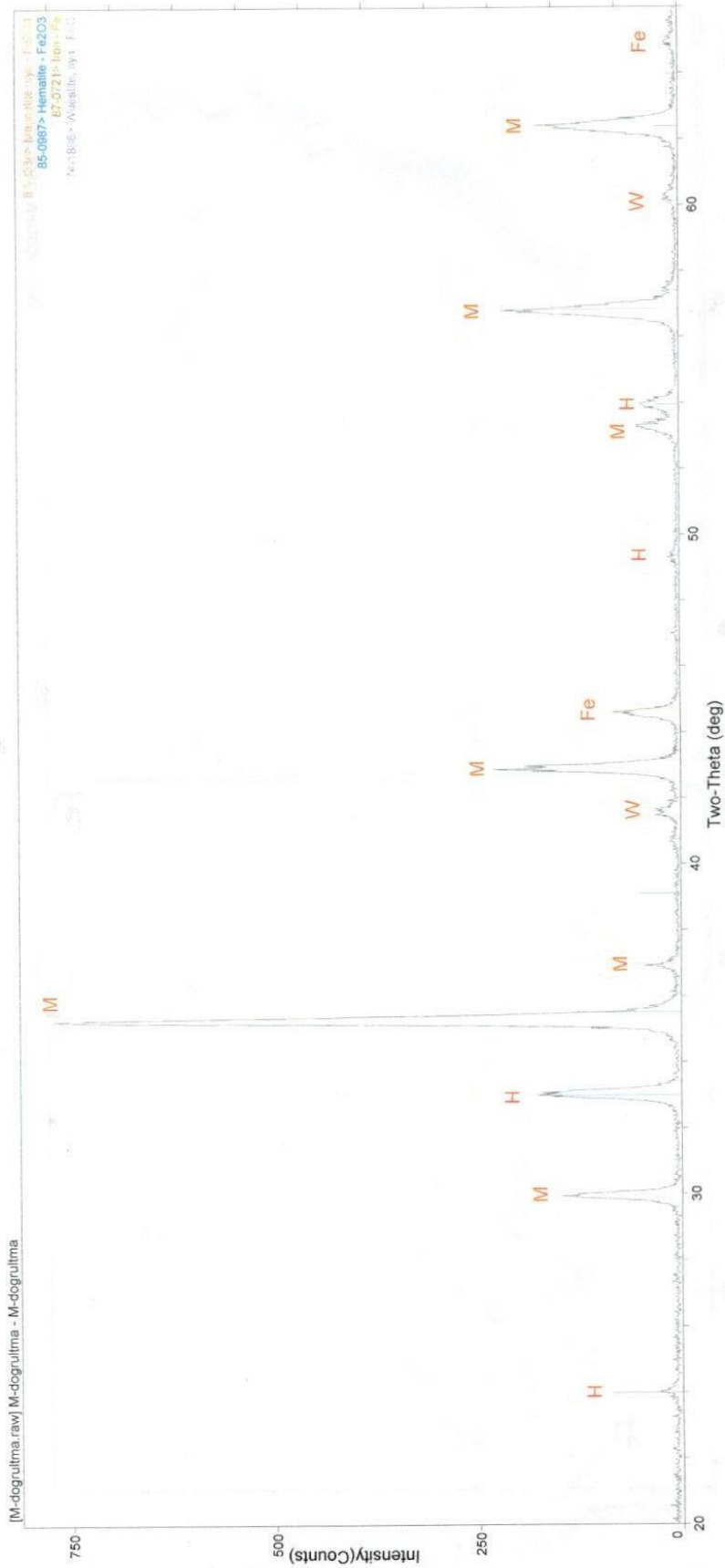
Ek 3.2: Asit Rejenerasyon Tesisi Akış Şeması



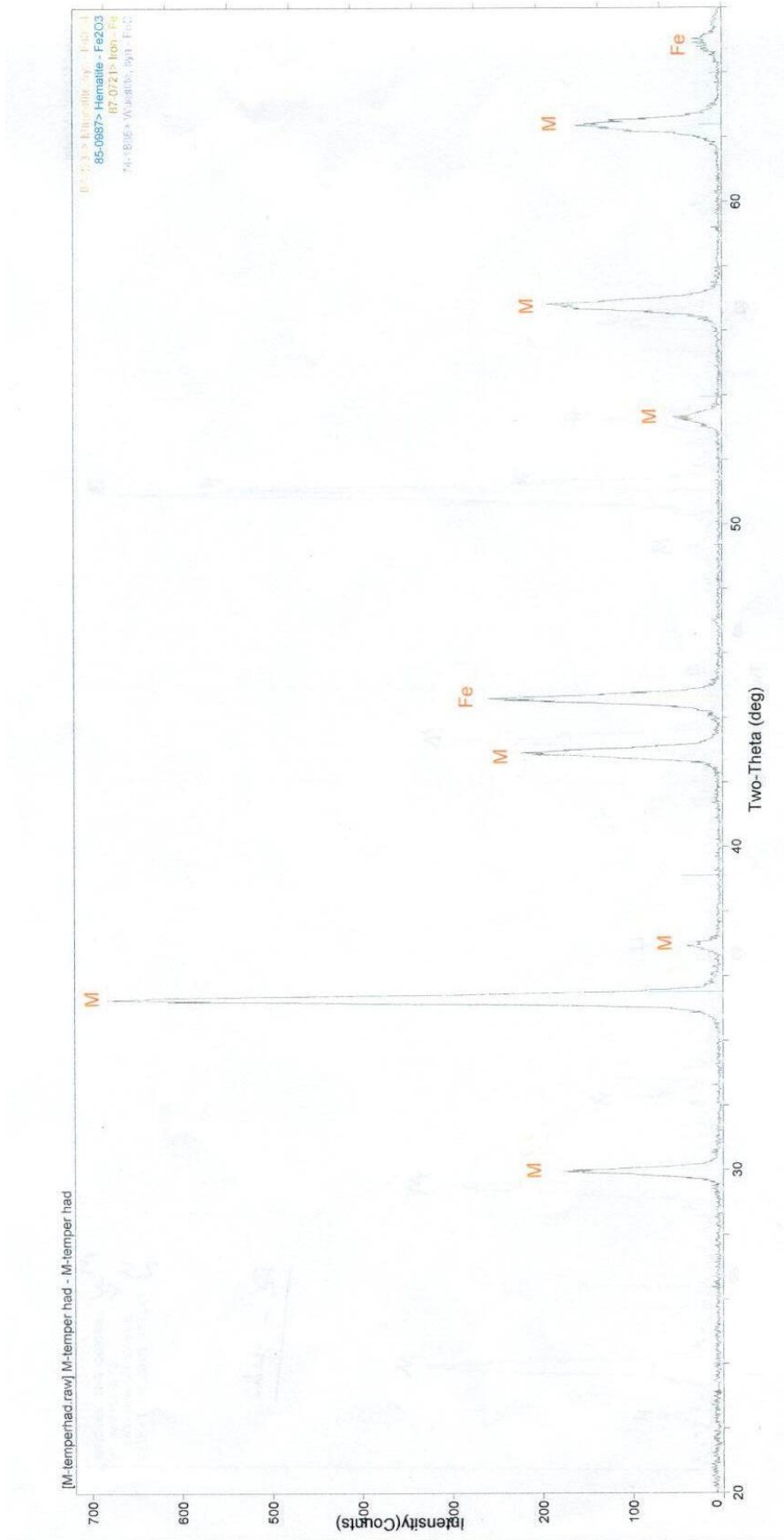
ERDEMİR T.A.S.

Thursday, May 26, 2005 10:20a (MDI/JADE6)

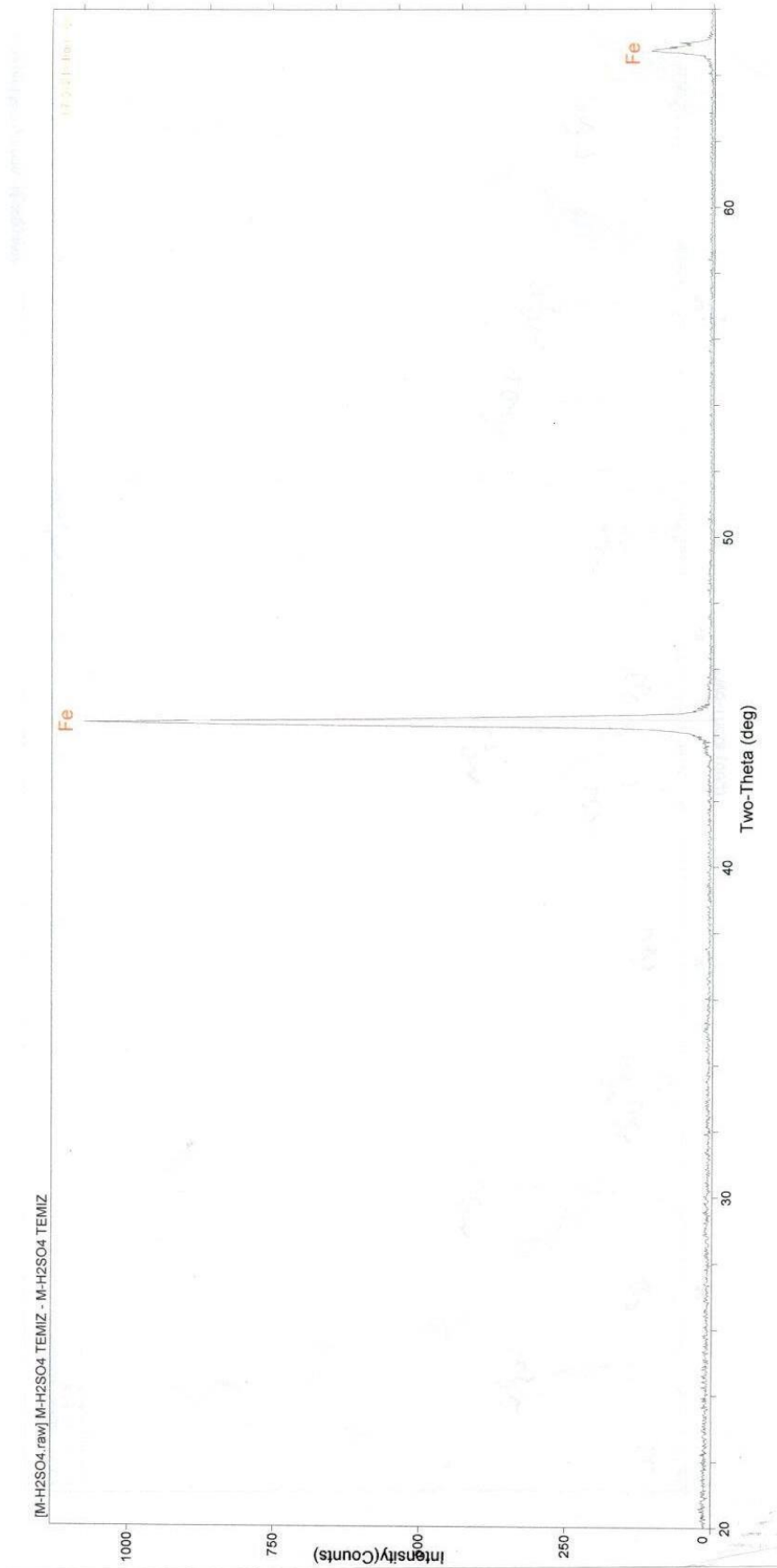
Ek 7.1: Sıcak haddelenmiş Numunenin XRD Analizi



Ek 7.2: Doğrultma Numunesinin XRD Analizi



Ek 7.3: Temper Numunesinin XRD Analizi



Ek 7.4: Temper Numunesinin XRD Analizi

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet GÜNDOĞAN 1979 yılında Afyon'da dünyaya gelmiştir. İlköğrenimini Afyon Atatürk İlkokulu, orta öğrenimini Şenşettin Karahisari Orta Okulu ve lise öğrenimini Afyon Anadolu Öğretmen Lisesinde tamamladıktan sonra, 1997 yılında İ. T. Ü. Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne girmiştir. 1999 yılında İ. T. Ü. Kırya Metalurji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümüne yatay geçiş yapmış ve 2002 yılı Mayıs döneminde mezun olmuştur. Aynı yıl İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Programına girmiştir. 2004 yılından beri Ereğli Demir ve Çelik Fabrikası I. Soğuk Haddehane Müdürlüğünde İşletme Mühendisi olarak görev yapmaktadır.