

BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASANSÖR HALATLARINI SERVİS DIŞI BIRAKMA KRİTERLERİNİN ÇEKME
DAYANIMINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

MAKİNE MÜHENDSİLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN AYCAN

OCAK 2017

BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASANSÖR HALATLARINI SERVİS DIŞI BIRAKMA KRİTERLERİNİN ÇEKME
DAYANIMINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Osman AYCAN

DANIŞMAN: Doç. Dr. Yusuf Aytaç ONUR

ZONGULDAK

Ocak 2017

KABUL:

Osman AYCAN tarafından hazırlanan “Asansör Halatlarını Servis Dışı Bırakma Kriterlerinin Çekme Dayanımına Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 10/01/2017

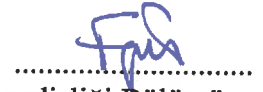
Danışman: Doç. Dr. Yusuf Aytaç ONUR

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü



Üye: Yrd. Doç. Dr. Fatmagül KOLTUK

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü



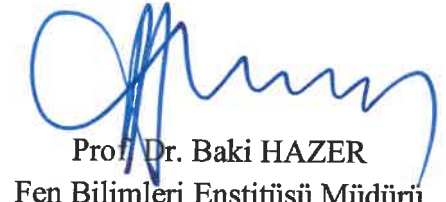
Üye: Yrd. Doç. Dr. Şenol MERT

Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 13/01/2017



Prof. Dr. Baki HAZER
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Osman AYCAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ASANSÖR HALATLARINI SERVİS DIŞI BIRAKMA KRİTERLERİNİN ÇEKME DAYANIMINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Osman AYCAN

Bölent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yusuf Aytaç ONUR

Ocak 2017, 85 sayfa

İnsan ve yük taşıma amaçlı kullanılan asansörler insan yaşamında önemli bir yere sahiptir. Ancak günümüzde meydana gelen asansör kazaları can ve mal güvenliğini ciddi bir şekilde tehdit edecek düzeydedir. Asansörlerde emniyeti daha iyi sağlayabilmek ve kazaları engelleyebilmek için özellikle çelik tel halatlar asansör sistemlerinde çok önemli bir yere sahiptir. Asansörlerde kullanılan çelik tel halatlar, işletme sırasında çeşitli gerilmelerin etkisi altındadır. Bu gerilmeler ve zorlamalar zamanla halatta tahribatlara neden olacak ve halatın dayanımını azaltacaktır. Bu tez çalışmasında, yapılan deneyler sayesinde, oluşan hasar çeşitlerinin halat dayanımına etkileri incelenmiştir.

Asansör halatlarını servis dışı bırakma kriterleri belli standartlarla belirlenmiştir. Bu standartlarda belirtilen hasar kriterleri arasında tel kırığı, korozyon ve abrasif aşınma asansör halatlarında sıklıkla rastlanılan bozunma çeşitleridir. Emniyetli çalışma koşullarını yerine

ÖZET (devam ediyor)

getirmek için bu standartlara dikkat etmek gerekir. Bu projede, servis dışı bırakma kriterlerinin halat dayanımına etkileri incelenmiştir. Çeşitli hasar tiplerinin çekme dayanımlarına etkisi konusunda çalışmalar çok az bulunmaktadır. Bu yüzden tel halatlarla ilgili deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Bunun için, farklı kompozisyonlara sahip halat numuneleri deneysel çalışmalar için hazırlandı. Laboratuvar ortamında halat numuneleri üzerinde farklı tipteki hasarlar yaratılarak numunelerin çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Halatta meydana gelen bozuklukların, halat dayanımına etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçların, tel halat sanayisine ve bu alanda çalışan araştırmacılara önemli bir referans olması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çelik tel halatlar, servis dışı bırakma kriterleri, çekme dayanımı

Bilim Kodu: 625.02.00

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF EFFECTS OF ELEVATOR DISCARD CRITERIA ON TENSILE ENDURANCE

Osman AYCAN

Bülent Ecevit University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Yusuf Aytaç ONUR

January 2017, 85 pages

Elevators that are used for transporting people and loads have very significant role for human life. However, lift accidents still have dangerous level on security of life and property at the moment. Especially steel wire ropes are very important in elevator systems in order to provide better safety and to prevent accidents. Steel wire ropes that are used for elevators incur various stress during operating. These stresses and strains cause destruction on ropes and decrease strength of wire ropes with time. In this thesis, effects of simulated failures to the rope endurance have been investigated by means of experimental tests to be done.

Discard criteria for elevator ropes are identified with specific standards. Among failure criteria specified in this standards wire break, corrosion and abrasive wear are frequently encountered. It requires to be careful to these standards for implementing safe working conditions. In this project, effects of discard criteria to the rope endurance have been examined.

ABSTRACT (continued)

Investigations about steel wire ropes in literature, aren't sufficient level so experimental studies about effects of simulated failures to the rope endurance have been performed.

Test samples that have different compositions have been prepared for this. Tensile endurance tests have been performed by creating different failure types on rope samples. Results obtained have been compared. Effects of simulated failures to the rope endurance have been investigated. It is aimed that results obtained from this project will be important reference for researchers and rope industry.

Keywords: Steel wire ropes, discard criteria, tensile endurance

Science Code: 625.02.00

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın Danışmanı olan Doç. Dr. Yusuf Aytaç ONUR' a çalışmamın her anında bana verdiği katkı ve gösterdiği sabırdan ötürü teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince bana sabırla destek olan iş arkadaşım Arş. Gör. Utku UZUN ile oda arkadaşım Arş. Gör. Hamidullah YAŞAR başta olmak üzere tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmamın deneysel kısımlarında yardımlarını esirgemeyen teknisyenler Ruhi OKUR, Ahmet İSLAMOĞLU ve Muhterem YILMAZ' a teşekkür ederim.

Bu tez çalışmam ve bütün hayatım boyunca bana maddi ve manevi anlamda hiçbir desteği esirgemeyen biricik aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak tez çalışmam süresince benden desteğini hiçbir şekilde esirgemeyen Ebru DURMAZ' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 ÇELİK TEL HALATLAR.....	7
2.1. ÇELİK TEL HALATLARIN YAPISI	7
2.1.1. Tel Halat Malzemesi ve Tel Kesit Şekilleri.....	8
2.1.1.1. Tel Halat Malzemesi	8
2.1.1.2. Halat Tellerinin Kesit Şekilleri	10
2.1.2. Çelik Tel Halatların Özü.....	10
2.1.3. Çelik Tel Halatların Demetleri	12
2.1.3.1. Halat Demeti Çeşitleri.....	13
2.2. ÇELİK TEL HALATLARIN KONSTRÜKSİYONU	15
2.2.1. Tek Katlı Halat Konstrüksiyonu	15
2.2.1.1. Sarım Yönü	15

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.1.2. Tel Sayılarının Belirlenmesi.....	16
2.2.1.3. Halat Çapı.....	17
2.2.2. Diğer Halat Tipleri.....	18
2.3. ÇELİK TEL HALATLARIN ZORLANMASI VE ÖMRÜ	21
2.4. TEL HALATLARIN İŞLETMEDE KULLANILMASI.....	23
2.4.1. Tel Halatın Seçilmesi.....	23
2.4.2. Tel Halatın Seçimini Etkileyen Faktörler	24
2.4.2.1. Kopma Dayanımı	25
2.4.2.2. Eğilme Dayanımı.....	25
2.4.2.3. Titreşim Dayanımı.....	26
2.4.2.4. Aşınma Direnci	27
2.4.2.5. Ezilme Dayanımı.....	27
2.4.2.6. Rezerv Dayanımı.....	27
2.4.3. Tel Halatların Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	27
2.5. TEL HALAT BAĞLANTILARI VE HALAT SONU	28
2.5.1. Halat Sonu ve Kesme.....	28
2.5.2. Radansa	29
2.5.3. Halat Klemensi	30
2.5.4. Diğer Bağlantılar.....	32
2.6. TEL HALAT YAĞLAMASI	33
 BÖLÜM 3 METAL MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ	 37
3.1. GERİLMELER.....	37
3.2. ELASTİK ÖZELLİKLER	39
3.2.1. Elastisite Modülü	40
3.2.2. Rezilyans.....	41
3.2.3. Poisson Oranı (Çapraz Kasılma).....	42
3.3. PLASTİK ÖZELLİKLER	43
3.3.1. Akma Sınırı, R_{eH} , R_{eL}	43
3.3.2. Çekme Dayanımı, R_m	43
3.3.3. Kopma Uzunluğu, A	44

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

3.4. MALZEME YORULMASI VE YORULMA DAYANIMI	44
BÖLÜM 4 ÇELİK TEL HALATLARI SERVİS DIŞI BIRAKMA KRİTERLERİ.....	45
4.1. TELLERİN KOPMASI	45
4.2. HALATLARIN AŞINMASI VE YIPRANMASI.....	47
4.3. HALAT ÇAPINDA AZALMA.....	47
4.4. HALAT UZAMASI	48
4.5. KOROZYON.....	48
4.6. BİÇİM BOZULMASI (DEFORMASYON)	49
4.6.1. Dalgalanma	49
4.6.2. Kuş Kafesinin Oluşumu.....	49
4.6.3. Özün veya Damarın Dışarı Çıkması	50
4.6.4. Gam Oluşumu	50
BÖLÜM 5 ASANSÖR HALATLARININ DENEYSEL GERİLME ANALİZİ	51
5.1. DENEYLERDE KULLANILAN ÇELİK TEL HALATLAR	52
5.1.1. Halatların Metalik Kesit Alanı ve Belirlenmesi	54
5.2. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI.....	56
5.3. DENEYSEL SONUÇLAR.....	67
5.4. SONUÇLAR.....	80
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Arşimet tarafından tasarlanan ve insan gücüyle çalışan ilk asansör sistemi.....	1
Şekil 1.2 M.Ö. 2000 Mısır' da halat üretimi.....	2
Şekil 2.1 Tel halatı oluşturan elemanlar.....	8
Şekil 2.2 Tellerin kesit şekilleri.....	10
Şekil 2.3 Elyaf ve Tel Özlü Halatların Yük Altında Uzama Durumları	11
Şekil 2.4 Bir demetteki tellerin sarım uzunluğu ile sarım açısı	12
Şekil 2.5 Demet çeşitleri	13
Şekil 2.6 Warrington - Seale Demet Kesiti	14
Şekil 2.7 Seale - Filler Demet Kesiti.....	14
Şekil 2.8 Halat Sarım Çeşitleri.....	15
Şekil 2.9 Tel Halatlarda Çeşitli Sarım Tipleri.....	16
Şekil 2.10 Halat çapının ölçülmesi.....	18
Şekil 2.11 Diğer halat tipleri	19
Şekil 2.12 Spiral Halatlar	19
Şekil 2.13 Çift dikişli yassı halat.....	20
Şekil 2.14 Halatın esneklik ve direnci.....	23
Şekil 2.15 Genel karşılaştırma grafiği.....	24
Şekil 2.16 Makara çapına bağlı kopma dayanımı azalması	25
Şekil 2.17 Halatın eğilmesi	26
Şekil 2.18 Halat sonu ve kesme	29
Şekil 2.19 Diğer halat sonlandırmaları.....	29
Şekil 2.20 Radansa	30
Şekil 2.21 Radansaya örme	30
Şekil 2.22 Klemens	30
Şekil 2.23 Radansaya klemensleme	31

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.2 Kama Kilit.....	32
Şekil 2.25 Armut bağlantı	32
Şekil 2.26 Halat yağlama metotları	34
Şekil 2.27 Halatın ömrüne yağlamanın etkisi	35
Şekil 3.1 Normal (σ) ve Teğetsel (τ) Gerilme	38
Şekil 3.2 Gerilme Halleri	38
Şekil 3.3 Doğrusal Değişen Elastik Uzama	40
Şekil 3.4 Çeliklerin gerilme - gerinim ($\sigma - \epsilon$) diyagramı.....	41
Şekil 3.5 Boyuna ve enine (çapraz) gerinim	42
Şekil 4.1 Tepe tel kırıkları.....	46
Şekil 4.2 Vadi tel kırıkları	47
Şekil 4.3 Aşınıp ve yıpranmış halat	47
Şekil 4.4 Halat çapında azalma	48
Şekil 4.5 Korozyon.....	48
Şekil 4.6 Dalgalanma	49
Şekil 4.7 Kuş kafesi.....	49
Şekil 4.8 Öz veya damarın dışarı çıkması	50
Şekil 4.9 Gam	50
Şekil 5.1 Çelik Tel Halatların Kesitleri	52
Şekil 5.2 Halatın mengeneye bağlanması	56
Şekil 5.3 Halatın lehim teli ile bağlanması	57
Şekil 5.4 İstenilen uzunlukta kesilmiş halat numunesi	57
Şekil 5.5 Tellerine ayırma işlemine hazır numune.....	57
Şekil 5.6 Tellerine ayrılmış halat numunesi	58
Şekil 5.7 Halatın temizlenmesi.....	59
Şekil 5.8 Ergitme ocağı	60
Şekil 5.9 Kalıp ve halat numunesinin kalıba yerleştirilmesi	60
Şekil 5.10 İki ucuna beyaz metalden bir baş hazırlanmış halat numunesi	61

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.11 Halat numunelerine tel kırıkları oluşturulması	63
Şekil 5.12 Tel kırıkları verilmiş halat numunesi	63
Şekil 5.13 Aşınmış halat numunesi	64
Şekil 5.14 Asidik çözelti içinde bekletilen halat numunesi	64
Şekil 5.15 Korozyona uğramış halat numunesi.....	65
Şekil 5.16 Elektromekanik Çekme-Basma Cihazı	66
Şekil 5.17 Çekme cihazına bağlanan halat numunesi	67
Şekil 5.18 Hasarsız halat numuneleri için gerilme - uzama grafiği	68
Şekil 5.19 Hasarsız halat numunelerinin çekme dayanımları	69
Şekil 5.20 Aşınma sonucu halat numunelerinin gerilme - uzama grafiği	69
Şekil 5.21 Aşınmaya maruz kalmış numunelerin çekme dayanımları	70
Şekil 5.22 Korozyon (8 saat) sonucu halat numunelerinin gerilme - uzama grafiği.....	71
Şekil 5.23 Korozyona (8 saat) maruz kalmış numunelerin çekme dayanımları.....	72
Şekil 5.24 Korozyon (16 saat) sonucu halat numunelerinin gerilme - uzama grafiği.....	73
Şekil 5.25 Korozyona (16 saat) maruz kalmış numunelerin çekme dayanımları.....	73
Şekil 5.26 Halat numunelerinin farklı sayıda tel kırıklarında çekme dayanımları.....	74
Şekil 5.27 Rastgele 24 tel kırığı verilen numunelerin gerilme - uzama grafiği	75
Şekil 5.28 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat numunesi için çekme dayanımı	76
Şekil 5.29 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat numunesi için gerilme - uzama grafiği.....	76
Şekil 5.30 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halat numunesi için çekme dayanımı	77
Şekil 5.31 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halat numunesi için gerilme - uzama grafiği.....	78
Şekil 5.32 6x19 Seale Lif Özlü tel halat numunesi için çekme dayanımı.....	79
Şekil 5.33 6x19 Seale Lif Özlü tel halat numunesi için gerilme - uzama grafiği	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Halatların tel sayılarının belirlenmesi	17
Çizelge 2.2 Halat çapı ovallik toleransı	18
Çizelge 2.3 Üçgen ve yassı demetli tel halatlar	20
Çizelge 4.1 Görünür Tel kırıklarının sayısı.....	46
Çizelge 5.1 6x19 Standart Çelik Özlü tel halatın teknik özellikleri.....	52
Çizelge 5.2 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halatın teknik özellikleri.....	53
Çizelge 5.3 6x19 Seale Lif Özlü tel halatın teknik özellikleri	54
Çizelge 5.4 Beyaz metal alaşımının bileşimi	59
Çizelge 5.5 Halat numunelerine uygulanan hasar kriterleri	62
Çizelge 5.6 Korozyona uğramış numunelerin ağırlıklarının azalması	65
Çizelge 5.7 Elektromekanik çekme-basma cihazının teknik özellikleri	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A	: Alan
A_g	: Üniform uzama
A_k	: Kopma uzaması
A_t	: Toplam uzama
d_T	: bölüm dairesi çapı
d	: çap
D	: Makara veya tambur çapı
E	: Elastisite modülü
F	: Kuvvet
F_m	: Çekme yükü
l	: uzunluk
L_0	: Başlangıç boyu
L_1	: Kordon sarım adımı
M_e	: Eğilme momenti
R_e	: Elastik sınırı
R_{eH}	: Üst akma sınırı
R_{eL}	: Alt akma sınırı
R_m	: Çekme dayanımı
W_e	: Mukavemet momenti
α	: kordon sarım sayısı
δ	: Tel çapı
ε	: Uzama oranı
μ	: Poisson oranı
σ	: Normal gerilme
σ_e	: Eğilme gerilmesi
τ	: Teğetsel gerilme

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

ΔL : Uzama miktarı

KISALTMALAR

DIN : Deutsches Institut für Normung (German Institute for Standardization)

ISO : International Organization for Standardization

IWRC : Independent Wire Rope Core

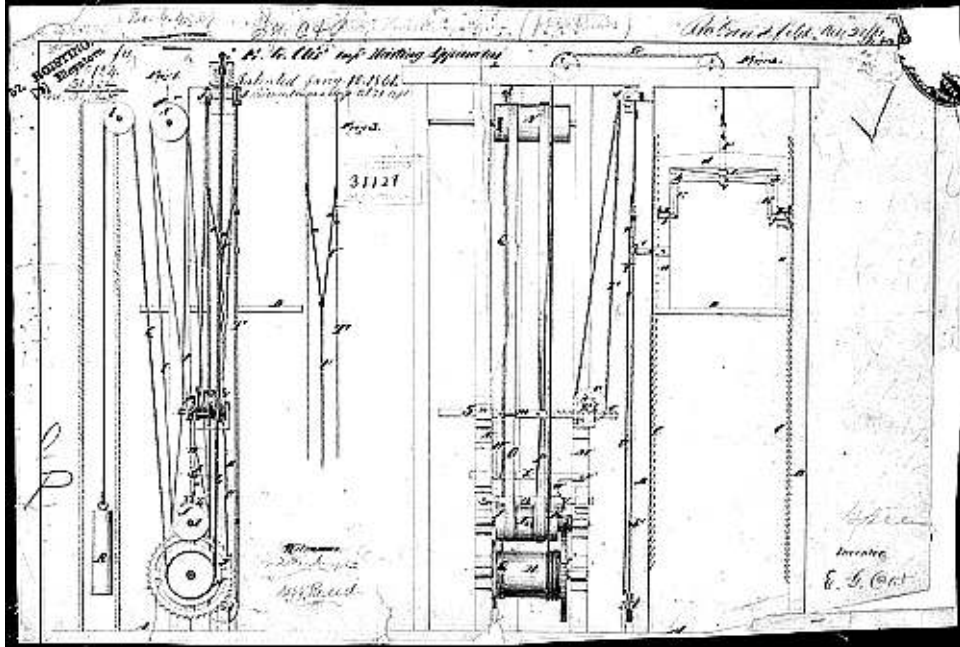
M.Ö. : Milattan Önce

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

BÖLÜM 1

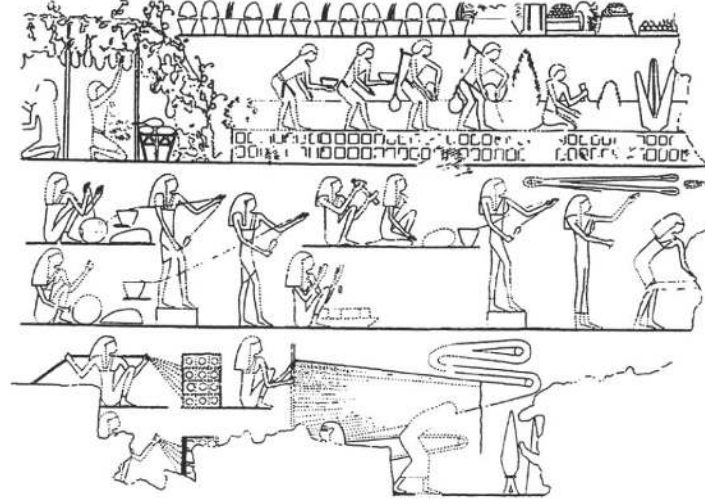
GİRİŞ

Asansörler, düşey doğrultuda insan, taşıt veya yük taşıma görevi üstlenen, binalarda kendine ayrılan boşlukta kılavuz raylar boyunca mekanik cihazlarla hareket ettirilen bir kabin veya kasası bulunan, makine dairesi veya makine dairesiz tesislerdir. Günlük hayatımızda vazgeçilmez bir yeri olan asansörün yazılı geçmişi M.Ö. 3. yüzyıla kadar gitmektedir. Arşimet tarafından tasarlanan ilk asansör Roma saraylarında hizmet vermiştir (Şekil 1.1). Arkeolojik araştırmalar sırasında yapılan kazılarda, Roma saraylarında, düşey kuyulara rastlanmıştır. Bu kuyuların, yük asansörleri görevi gören mekanizmaların çıkıp inme boşlukları olduğu tahmin edilmektedir. Tarihte taşıma, şato ve kalelerde merdiven kapı yerine savunma amaçlı olarak kullanılarak 17. yüzyıla kadar gelmiştir. Kendir halatlı bu sistemlerde insan ve hayvan gücü kullanılıyordu [1].



Şekil 1.1 Arşimet tarafından tasarlanan ve insan gücüyle çalışan ilk asansör sistemi

İnsan uygarlığının ilk kazanımlarından olan halatlar saç ya da bitki malzemelerinden yapılmıştır. Halatların en eski örneklerine yaklaşık M.Ö. 12000' den M.Ö. 9000 yılına kadar olan tarihlerde rastlanır. Finlandiya' da bulunan halat kalıntılarının Mezolitik dönemden (M.Ö. 9000 - 3000) kaldığı, Mısır' da bulunan ve devetüyünden yapılanların ise M.Ö. 4000 yılından daha eski olduğu varsayılıyor. Mısır'daki bazı duvar resimleri (M.Ö. 2000) halatların üretiminin papirüs, deri veya palmye elyafından yapıldığını gösteriyor (Şekil 1.2) [2].



Şekil 1.2 M.Ö. 2000 Mısır' da halat üretimi

Babylon yakınlarındaki Ninevah harabesinde bulunan bakır bir kablo tel halatların M.Ö. 685 yıllarından beri kullanıldığını göstermektedir. Pompei' de yapılan kazı çalışmalarında bulunan parçalar Romalıların bronz tel halat kullandıklarını ortaya koymaktadır. Ancak bugün kullanılan manada, demetlerin örülmesiyle elde edilen ilk tel halat Almanya' da A. Albert tarafından 1834' te üretilmiştir. Bu halatın üretilebilmesi için yapılan uzun süreli araştırmalarda halatın yeteri kadar sağlam ve elastik olması, aynı zamanda sürekli tekrarlanan bükülmeye karşı da dayanıklı olması amaçlanmıştır. Bu ilk üretilen tel halat, dörder telden oluşan üç demetin bir araya getirilmesiyle yapılmıştır ve kömür madenlerinde kullanılmıştır [3].

Çelik tellerden yapılan tel halatlar, iletim makinelerinin en yüksek derecede zorlanan önemli elemanlarıdır. Değişik çalışma şartları çeşitli tipte halatların yapımını zorunlu kılmıştır [4].

Tel halatların geliştirilmesi sonucu, daha önceleri kullanılan zincirler bugün için kren imalatında kullanılmamaktadır. Tel halatların zincirlere karşı üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

a) Hafif olmaları nedeniyle, hızlı çalışan kaldırma makinelerinde kütle tesirleri azdır.

b) İşletme emniyetleri yüksek ve işletme kontrolleri kolaydır. Zincirler gibi birdenbire kopmayıp, kopan tellere dikkat edilmesiyle emniyet tedbirleri alınabilmektedir.

c) Zincirlerden çok daha elastik olduklarından hafif darbelere karşı koyarlar.

d) Yüksek hızlarda sessiz çalışırlar.

e) Yerine göre birim fiyatları zincirlere nazaran ucuzdur.

Yukarıdaki nedenler tel halatların zincirlere tercih edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca tel halatlar yüksek taşıma gücüne sahiptir. Çalışma sırasında ortaya çıkan aşınma ve korozyon olayının dışında yorulma ve nemin etkisi ile mukavemetlerinden pek bir şey kaybetmemektedirler. Yükün halat içindeki çok sayıda tele dağılması nedeniyle işletme emniyeti oldukça yüksektir. Tel halatlar yüksek çalışma hızlarında çalıştırılabilirler, kendi ağırlıkları ile taşıma kapasiteleri arasında uygun bir oran mevcuttur ve büyük bir elastik uzama miktarına sahiptirler. İşletme sırasında kolaylıkla gözle kontrol edilmeleri mümkündür. Tel halatların taşıma kapasiteleri ve çalışma özellikleri düşük sıcaklıklarda değişmektedir. Yalnız lif çekirdekli halatlarla 100°C, çelik çekirdekli halatlarla ise 250°C nin üzerindeki sıcaklıklarda çalışılmamalıdır. Alçak ve yüksek sıcaklıklarda halat ucu bağlantısının kontrolü çok dikkatli yapılmalıdır [4].

Geçmişten günümüze kadar çelik tel halatlar ile ilgili birçok araştırmalar, deneyler, çalışmalar yapılmıştır, ve yapılmaya da devam etmektedir. Daha emniyetli, daha kullanışlı ve daha az maliyetli halatlar üretip kullanmak için yapılan çalışmalar halatların iyileştirilmesi bakımından önem arz etmektedir. Bu alanda yapılan bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir.

2001 yılında A.R.T. de Silva ve Long Foon Wong tarafından yapılan çalışmada, abrasif aşınmanın çelik tel halatların çekme gerilmesine etkisi incelenmiştir. Çalışmada 10 mm

apında elik zl tel halat kullanılmıştır. Halatta abrasif aşınma sonucu çapında meydana gelen düşüşün çekme gerilmesine olan etkisi ve bu etkinin negatif yönde olduğu grlmştir [20]. 2002'de K.P. Balan' ın bir tel halatın hasar analizini yapması sonucunda, aşırı yükleme ve yorulmadan kaynaklı hasar meydana geldiği ve bu nedenle halat tellerinde kopmalar gözlenmiştir. Bu sonuca, 8,5 mm çapında elik zl halatın çekme testleri yapılmasıyla ulaşılmıştır ve kopmanın oluştuğu bölgelerde metalografik araştırma ve kimyasal analiz yapılmıştır [21]. D. K. Zhang, S. R. Ge, ve Y. H. Qiang tarafından 2003 yılında, abrasif aşınmaya maruz halatlarda yorulma kırılmanın araştırılması ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada tel çapı 1 mm olan galvanizli standart bir tel halat kullanılmıştır. Deney sonucunda yükün artmasına bağlı olarak aşınma derinliğinin de arttığı ve bunun da doğal bir sonucu olan yorulmaya bağlı kırılmaların grldği tespit edilmiştir [22]. 2004 yılında M.Giglio ile A.Manes' in yaptığı çalışmada, eksenel ve eğilme yüküne maruz kalan bir tel halatın işletme ömrü tahmini yapılmıştır. Gerilme byklği ve test açısına bağlı olarak hasar döngüleri incelenmiştir. Bu sayede işletme ömrü ile ilgili tahminlerde bulunulmuştur [23]. 2009'da C.Erdönmez ve C.E. İmrak tarafından, "Eksenel yüklemelere maruz kalan bağımsız tel halat özü ile çift helisel geometrinin sonlu elemanlar modeli" başlıklı bir çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmada, bir elik tel halatın modellemesi yapılmıştır ve sonlu elemanlar metoduyla analizi gerçekleştirilmiştir. Halatın z, demeti meydana getiren tellerin tek helisli döngüsü ve halatı meydana getiren demetlerdeki tellerin çift helisli döngüsü modellenerek, eksenel yüke bağlı demetlerde oluşan gerilme grafiksel olarak elde edilmiştir [24]. 2014 yılında ise, V. Fontanari, M. Benedetti ve B.D. Monelli, Warrington -Seale halatın elasto-plastik davranışını hem deneysel hem de sonlu eleman modeli ile incelemiştir. Bu çalışmada, bağımsız zl halatın, demetin ve tellerin gerilmesin bağlı uzama oranları grafikler şeklinde çıkartılmıştır [25]. P. Peterka, J. Kresak ve M. Vojtko 2014 yılında, yk kaldırma amaçlı bir elik tel halatın hasar analizini yapmıştır. Bu deneyde kullandığı elik zl tel halatta, gerilmeye bağlı olarak etkilenen ve hasara uğrayan tel sayıları incelenmiştir [26]. M.Meknassi, A.Tijani, N.Mouhib ve M.El Ghorba yaptıkları çalışmada, 19x7 tipinde elik zl halatı 4 farklı zaman süresince %30 luk H₂SO₄ (Sülfirik Asit) zeltisi içersinde bekletmişlerdir. Bu şekilde halatta meydana gelen koroziif deformasyonun, halatın çekme dayanımını nasıl etkilediğini incelemişlerdir [18]. A. Chouairi, M. El Ghorba, A. Benali ve A. Hachim 2016 yılında, 6mm çapında 19x7 Standart elik zl halat üzerinde farklı sayılarda tel kırığı oluşturarak, halatın çekme gerilmesindeki değişimi incelemişlerdir [27].

Çelik tel halatların işletmeden alınma kriterleri belli standartlarla belirlenmiştir. Ancak bu kriterlerin, halatın çekme dayanımına etkisi konusunda literatürde yeterli düzeyde çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmayla, asansör halatlarının servis dışı bırakma kriterlerinin halat üzerindeki etkileri incelendi ve farklı konstrüksiyona sahip halatların karşılaştırılması yapıldı. Böylece bir asansör halatının çekme dayanımının, uğradığı hasar çeşidine ve bu hasar çeşidinin seviyesine göre sayısal olarak nasıl değiştiği net bir şekilde incelendi. Ayrıca aynı hasara maruz farklı konstrüksiyona sahip tel halatların karşılaştırılması yapılarak, asansör halatı seçiminde de bu çalışmanın sonuçları yardımcı olacaktır.

Bu tez çalışmasına, asansörler ve halatların tarihçesinden başlayarak, halatların kullanım alanları ve gelişme süreci kısa bir şekilde açıklanarak giriş yapılmıştır. İkinci bölümde, çelik tel halatların yapısı anlatılmıştır. Halat telleri ve kesitleri, çelik tel halatların özü ve çeşitleri, halat demetleri ve farklı demet yapıları açıklanmıştır. Çelik tel halatların konstrüksiyonları ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Bu bölümde halat sarım çeşitleri, bir halatın tel sayılarının nasıl belirlendiği, halat çapının doğru ölçümü ve diğer halat çeşitleri gösterilmiştir. Ayrıca tel halatların işletmede kullanılması ile tel halat bağlantıları ve sonu hakkında bilgiler yer almaktadır.

Üçüncü bölümde, metalik malzemelerin mekanik özelliklerine değinilmiştir. Halatların işletme sırasında maruz kaldıkları çekme gerilmesi, kayma gerilmesi ve eğilme gerilmesi formülleriyle birlikte kısaca açıklanmıştır. Bu bilgilere ek olarak, malzemelerin elastik ve plastik özelliklerine de yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, çelik tel halatları servis dışı bırakma kriterlerine değinilmiştir. Tellerin kopması, halat çapının azalması, korozyon, aşınma ve biçim bozulması kriterleri kısaca açıklanmıştır.

Beşinci bölüm, asansör halatlarının deneysel analizleri ile ilgili bilgileri içermektedir. Öncelikle deneylerde kullanılan çelik tel halatlar ve teknik özellikleri tanıtılmıştır. Daha sonra da, deney numunelerinin hazırlanması adım adım detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Deney numunelerini hazırlarken, halat numunelerine verilecek olan hasarlar ve bu hasarların nasıl verildiği ifade edilmiştir. Deney numunelerinin hazırlanmasının ardından, çekme testleri yapılmıştır.

Sonuçlar ve değerlendirme bölümünde, elde edilen deneysel sonuçlar incelenerek tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur. Tablolar ve grafikler derlenerek, çelik tel halatları servis dışına bırakma kriterlerinin, halatlar üzerinde çekme dayanımına etkileri tartışılmıştır.

BÖLÜM 2

ÇELİK TEL HALATLAR

Tel halatlar yüksek mukavemetli ince çelik tellerden yapılırlar. Kullanma amacına göre tel çapları 0,2 ila 2,4 mm olan ince teller çeşitli şekillerde örülerek veya bükülerek halat şekline getirilir. Asansörlerde kullanılan halatlar iki kat bükülmüş (demetli) halatlardır. Demetli halatlarda teller bir veya bir kaç çekirdek tel etrafında yine bir veya bir kaç katlı olmak üzere helis şeklinde bükülür ve bir demet teşkil edilir. Daha sonra demetlerde bir bitkisel (kendir) öz veya çelik öz etrafında yine helisel şeklinde bükülürler ve bütün bir halat şeklini alırlar [7].

Bugün tel halatlar, eskiden bütün kaldırma makineleri alanında kullanılan zincirlerin tamamen yerini almıştır. Tel halatların ağırlıkları azdır ve gürültüsüz çalışmalarından dolayı yüksek hızlarda kullanılabilirler. Halatlar zincirlerde olduğu gibi aniden kopmadığından, daha önceden bazı kopma belirtileriyle operatörünü ikaz eder. Bu nedenle tel halatların işletme emniyeti, zincirlere oranla daha büyüktür. Tel halatların zincirlere nazaran dezavantajı, bunların daha büyük sarılma çapına ihtiyaç duymalarıdır [7].

Asansör tesislerinde kabin ve karşı ağırlıklar çelik tel halatlar ile asılırlar. Sürtünme ile tahrikli asansörlerde çelik tel halatlarının kullanım adedini, TS 10922 standardı en az 2 olarak bildirmekler birlikte genellikle 4 halatlı olarak kullanılır [8].

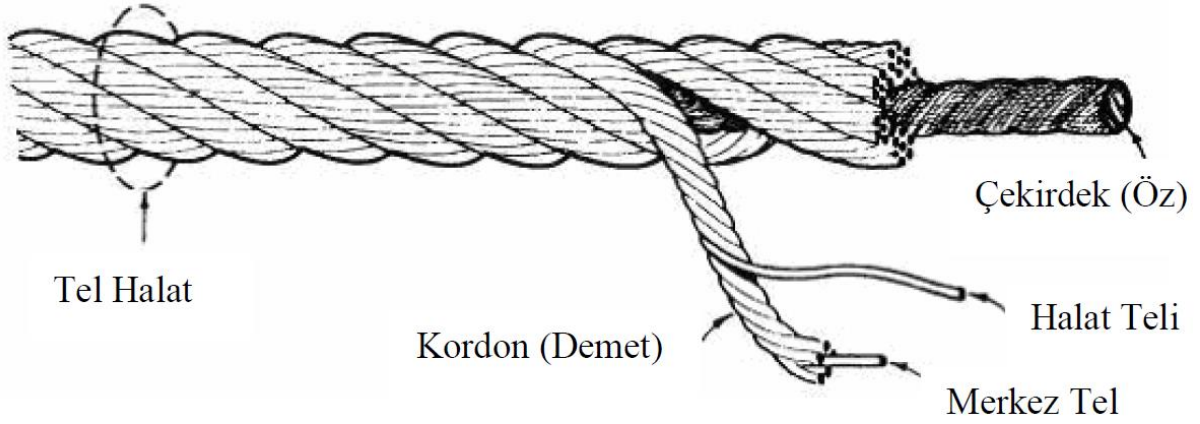
2.1 ÇELİK TEL HALATLARIN YAPISI

Çelik tel halatı meydana getiren teller, TS 2162 normunda verilen şartlara sahip çelik tellerdir. Genellikle soğuk çekilerek veya haddelenerek elde edilirler. Halat yapımında kullanılan tel çeşitleri şunlardır [8] :

- | | |
|------------------------|---|
| Ana Tel (AT) | : öz etrafında sarılan, yük taşıyan tel |
| Dolgu Teli (DT) | : ana teli desteklemek, hizalamak için kullanılan tel |

Çıplak Tel (ÇT) : yüzeyi herhangi bir madde ile kaplı olmayan tel

Kaplı Tel (KT) : yüzeyi çinko ile kaplanmış tel



Şekil 2.1 Tel halatı oluşturan elemanlar [2]

2.1.1. Tel Halat Malzemesi ve Tel Kesit Şekillleri

2.1.1.1. Tel Halat Malzemesi

a) Parlak Alaşımsız Tel

Bu tür halatların tel malzemesi olarak, dinlendirilmiş ve aşağıda verilen saflık derecesindeki alaşımsız karbon çeliği (DIN 17140) kullanılmaktadır. Tellerin ölçü ve mukavemetine göre karbon miktarı %0,4 ... %0,9 arasında seçilmektedir. Öngörülen alaşım miktarları şöyledir :

%0,3 ... %0,7	Mn
%0,1 ... %0,3	Si
< %0,045	P
< %0,045	S
< %0,008	N

Bu alaşımsız çelik malzeme, SM ocağında, LD konvertöründe veya indüksiyon ocaklarında ergitilerek bloklar halinde dökülür. Bloklar sıcak olarak haddelenerek en az 5 mm çapında tel haline getirilir. Tel çapının daha da küçültülmesi soğuk haddeleme ile yapılır.

Telin mukavemeti, alaşım miktarı, ısıl işlem ve soğuk haddeme sırasındaki kesit daralması ile belirlenmektedir. Artan karbon miktarı ve kesit daralması ile telin mukavemeti artmakta, buna karşılık elastik uzaması, eğilme ve burulma kabiliyeti azalmaktadır. Bu nedenle ince tellerin çekme mukavemeti 4000 N/mm² ye ulaşabilmekle beraber bu teller 2000 N/mm² nin üzerinde çalıştırılmamaktadır.

b) *Parlak Alaşımlı Tel*

Korozyona, ısıya ve aşınmaya dayanıklı, düşük mıknatıslanma gibi özelliklere sahip teller Cr, Ni, Mo, Ti gibi alaşım elemanlarını bünyelerinde bulundurmaktadır.

c) *Çinko Kaplı Tel*

Korozyona karşı dayanıklılığı arttırabilmek için tellerin üzeri son çekme işleminden sonra çinko ile kaplanır.

Bu işlem için "son çinko kaplama" deyimini kullanılır. Eğer tel çinko kaplandıktan sonra haddelenirse "çinko kaplı olarak çekilmiş" ifadesi kullanılır. Dayanıklılık, çinko kaplamanın kalınlığı ile artmaktadır. Bu değer, yüzeydeki çinko ağırlığı g/m² olarak ifade edilir.

Tel halatlara kalın çinko kaplama için DIN 1548' e, çinko kaplı olarak çekilmiş tellerde ise ince çinko kaplama için DIN 2078' e uyulmalıdır. Çinko kaplama alevle veya elektrolizle yapılır. Alevle yapılan çinko kaplamada zorunlu ısıl işlem nedeniyle çekme mukavemeti parlak tele oranla %10 civarında azalmaktadır. Fakat bu yöntemle kaplanmış telin eğilme ve burulma değerlerinin parlak tele göre azalmasının, halat ömrünü negatif olarak etkilemediği yapılan deneylerle tespit edilmiştir. Alevle yapılan çinko kaplamada çinko kalınlığı tel çapı ile bağıntılıdır. Elektroliz yolu ile yapılan kaplamada ise kalınlık elektroliz süresine bağlı bulunmaktadır.

Elektrolizle yapılan çinko kaplamanın mukavemet değeri, yaklaşık olarak alevle yapılan çinko kaplamanın değeri ile aynı olmaktadır. Çinko kaplı tellerde en yüksek mukavemet değeri, elektroliz yoluyla çinko kaplı tellerin çekilmesi neticesinde elde edilmektedir [4].

2.1.1.2. Halat Tellerinin Kesit Şekilleri

Kullanım amaç ve yerlerine bağlı olarak değişik kesitli teller meydana getirilmiştir. Bunlar Şekil 2.2 de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Tellerin kesit şekilleri

2.1.2. Çelik Tel Halatların Öz

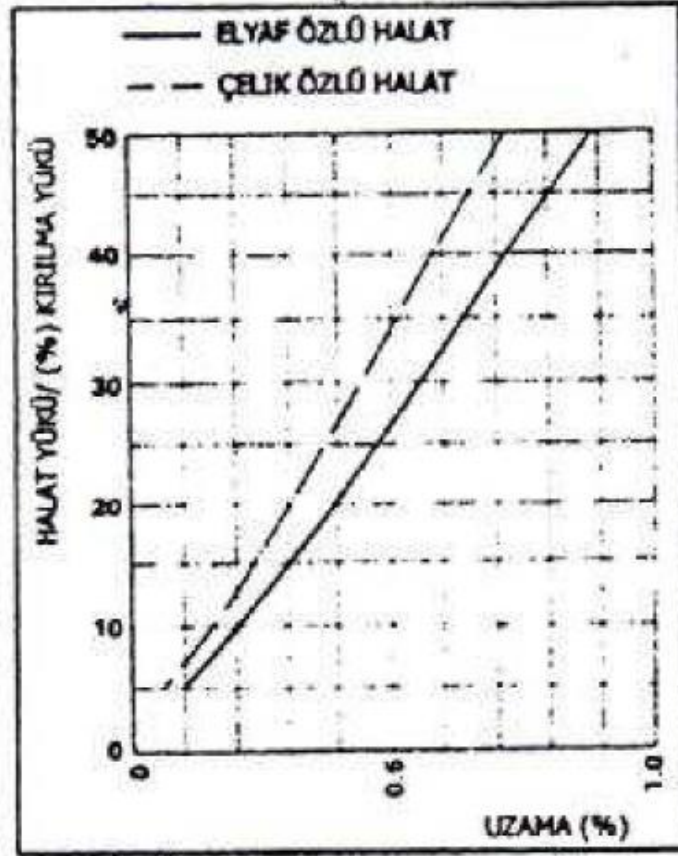
Tellerin etrafına sarıldıkları öz (çekirdek) elyaf bir lif veya çelik tel olabilir. Her demetin içinde ve halatı meydana getiren demetlerin arasında öz bulunmaktadır. Kullanılan öz malzemeleri şunlardır :

Çelik Öz: Demet ve halat içinde kullanılan tellerin malzemesinden olmasına dikkat edilir. Tel özlerin en önemli özelliği dış tabakalardaki demetlerin yarattığı baskıdan kaynaklanan yüklere dayanıklı olmasıdır. Böylece lif özlü halatlarda sıkça meydana gelen, özellikle küçük çaplı elemanların etrafına sarıldığında halat kesitinin yuvarlak şeklini yitirmesi tel özlü halatlarda önlenmiştir. Aynı zamanda tel özler, yorulma ile sonuçlanan, demetlerin birbirlerinin üzerine büyük bir kuvvetle bastırmalarını da önler. Tel özler daha az esneyerek halatın mukavemetini biraz daha artırır. Bütün bu avantajların yanında tel özler, lif özlere kıyasla ani yüklere karşı daha az dayanıklıdır ve daha düşük rezilyans değerine sahiptirler.

Elyaf Öz: Maksimum esneklik ve elastikiyet gerektiren uygulamalarda kullanılmak için uygundur. Lifler, sentetik bitkisel (manila, sisal), yumuşak bitkisel (hint keneviri), sentetik (poliolefinlerden biri) olabilir. Bu sentetik yapılar özellikle nemli veya asidik ortamlarda uflanmaya karşı hassastır. Zarar görecekları yüksek sıcaklıklarda kullanılmamalıdır. Bu tür durumlarda telden yapılmış özler veya diğer ısıya dayanıklı özler kullanılmalıdır [3].

Halatın özü bitkisel elyaf öz ise daha kolay eğilebilir, ancak çalışma ortamının sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde çelik özlü halatlar kullanılmalıdır [8].

Şekil 2.3' de elyaf ve tel özlü halatların yük altında uzama durumlarını gösteren deneysel diyagram görülmektedir [3].

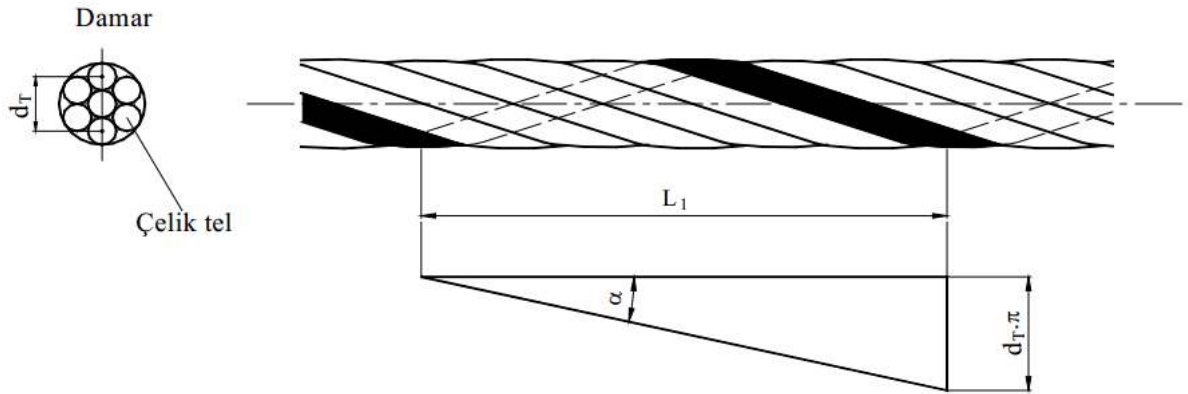


Şekil 2.3 Elyaf ve Tel Özlü Halatların Yük Altında Uzama Durumları [4]

2.1.3. Çelik Tel Halatların Demetleri

Çeşitli kesitlerdeki ince çelik teller bir çekirdek malzeme üzerine sarılarak demetleri oluşturur [4]. Eğer teller demet içinde aynı *sarım açısına* sahip değilse bu tip demetlere *paralel sarımlı demet* denir. Bu demetlerde teller aynı *sarım adımı*na sahiptir. Kullanılan tel çapları her katta farklılık gösterir. Bu tip demetlere sahip halatlardan bazıları *Seale* ve *Warrington* halatıdır [8]. Sarım açısı; silindire sarılan doğrunun (telin) eksen ile yaptığı açıdır. Sarım adımı; silindirin bir ana doğrusu helis eğrisini ardı sıra kestiği iki nokta arasındaki uzunluğa denir.

Bir demeti oluşturan tellerin sarım açısı her tabakada aynı ise bu demete *çapraz sarımlı demet* denir. Bu demetlerde sarım adımı farklı olduğundan teller birbirini çapraz keser. Bu demetleri oluşturan tellerin yüzey basıncı yüksektir. Standart halatlar bu tip demetlerden oluşur [8]. Bir demetteki telin sarım uzunluğunun izdüşümü L_1 , helisel olarak sarılmış tellerin hatvesidir. Sarım uzunluğu t_1 ile sarım açısı α ve bölüm dairesi çapı d_T arasında;



Şekil 2.4 Bir demetteki tellerin sarım uzunluğu ile sarım açısı [15]

L_1 = demet sarım adımı (mm)

α = demet sarım açısı

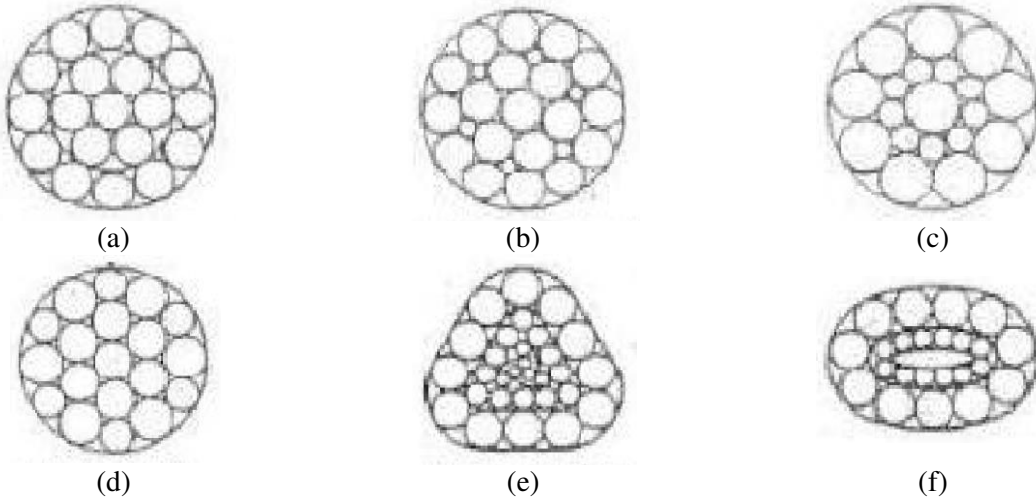
d_T = demetin enine kesitteki tellerin merkezlerinden geçen dairenin (mm)

$$\tan \alpha = \frac{d_T \cdot \pi}{L_1} \quad (2.1)$$

ifadesi geçerlidir [4].

2.1.3.1. Halat Demeti Çeşitleri

Demetler çeşitli formlarda yapılmaktadır. Şekil 2.5(a), (b), (c), (d) ile yuvarlak kesitli, Şekil 2.5(e) ile üçgen kesitli ve Şekil 2.5(f) ile de yassı kesitli demetler gösterilmiştir. Üçgen demette, üçgen çekirdek etrafına yuvarlak teller bir kaç kat olarak sarılmaktadır. Yassı demette ise çekirdek olarak yassı lif kullanılmıştır [4].



Şekil 2.5 Demet çeşitleri

Demetlerin sarım biçimleri esas olarak dört şekilde, (standart, seale, warrington ve doldurma teli) yapılır. Bunların ortak karakteristiği çekirdeğin yuvarlak bir telden meydana gelmesi ve bunun etrafına iki kat tel sarımının yapılmasıdır.

a) *Standart demet* (Şekil 2.5(a)) : Eşit çaplı tellerden yapılmıştır. Bütün tabakalardaki teller demet eksenine göre aynı sarım açısındadır.

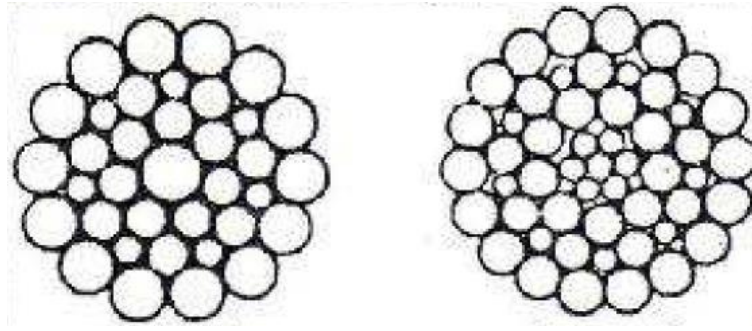
b) *Doldurma (Filler) telli demet* (Şekil 2.5(b)) : Dış kattaki tel sayısı iç kattakinin iki mislidir. İç tellerin yiv boşluklarına ince doldurma telleri yerleştirilmiştir. Bunların oluşturduğu yivlere dış kat telleri oturtulmuştur.

c) *Seale demeti* (Şekil 2.5(c)) : Çekirdek etrafına sarılan her kattaki tel sayısı birbirine eşittir. Dış katta bulunan tel çapları iç kattakilere nazaran daha kalındır. Dış kattaki teller iç kattakilerin yivlerine oturmaktadır. Aynı kattaki tel çapları birbirine eşittir.

d) *Warrington demeti* (Şekil 2.5(d)) : İç kattaki tel çapları birbirlerine eşittir. Dış kattaki tel sayısı iki misli olup, bir ince bir kalın tel olarak sarılmışlardır [4].

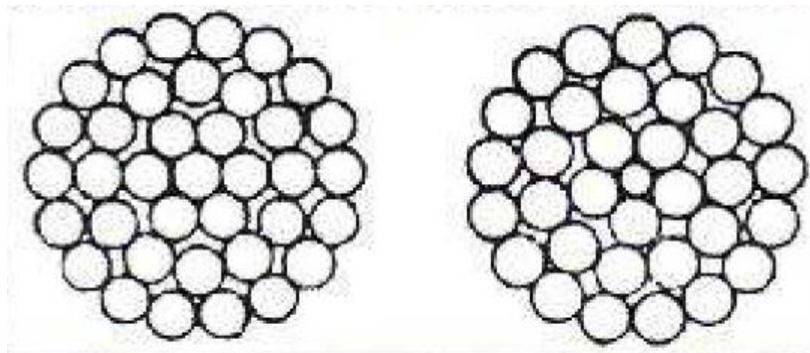
Ayrıca demetler, bu dört esas sarım şeklinin dışında; *Warrington - Seale Demet Kesiti* ve *Seale - Filler Demet Kesiti* şeklinde de olabilir.

a) *Warrington - Seale Demet Kesiti* : Demeti teşkil eden dış kat telleri Seale, altındaki kat ise Warrington dizilişli yapıdadırlar. Şekil 2.6 Warrington - Seale tipi demete ait kesiti göstermektedir.



Şekil 2.6 Warrington - Seale Demet Kesiti [4]

b) *Seale - Filler Demet Kesiti* : Demeti teşkil eden dış kat telleri, bir alt katında kalın tellerle eş sayıdaki dolgu telleriyle örülmüş ve dış tellere yataklık yapan yapılardır. Bu tip demetlerde dış kat telleri dolgu tel sayısının iki katına eşittir. Filler demetinden farklı olarak, dolgu telleri iki aynı katta olan kalın tellerin bir merkez teline değil, aynı sayıda kat teli üzerine oturur. Şekil 2.7 de bu tip bir demet kesitine örnekler verilmiştir [3].



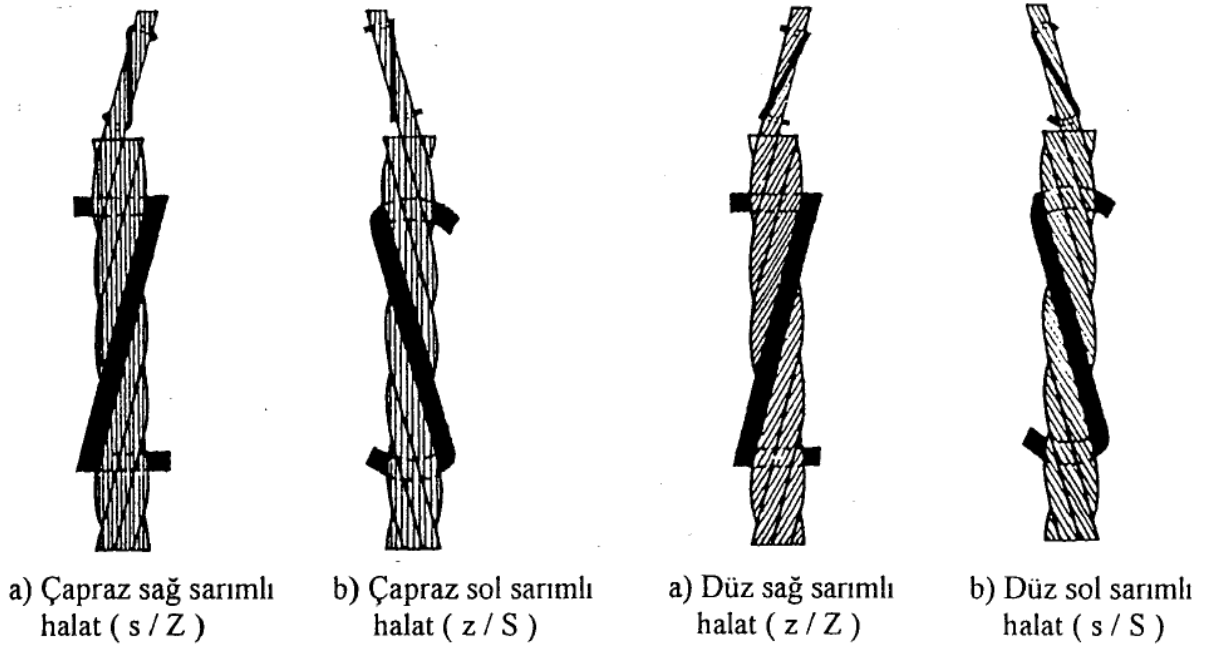
Şekil 2.7 Seale - Filler Demet Kesiti

2.2 ÇELİK TEL HALATLARIN KONSTRÜKSİYONU

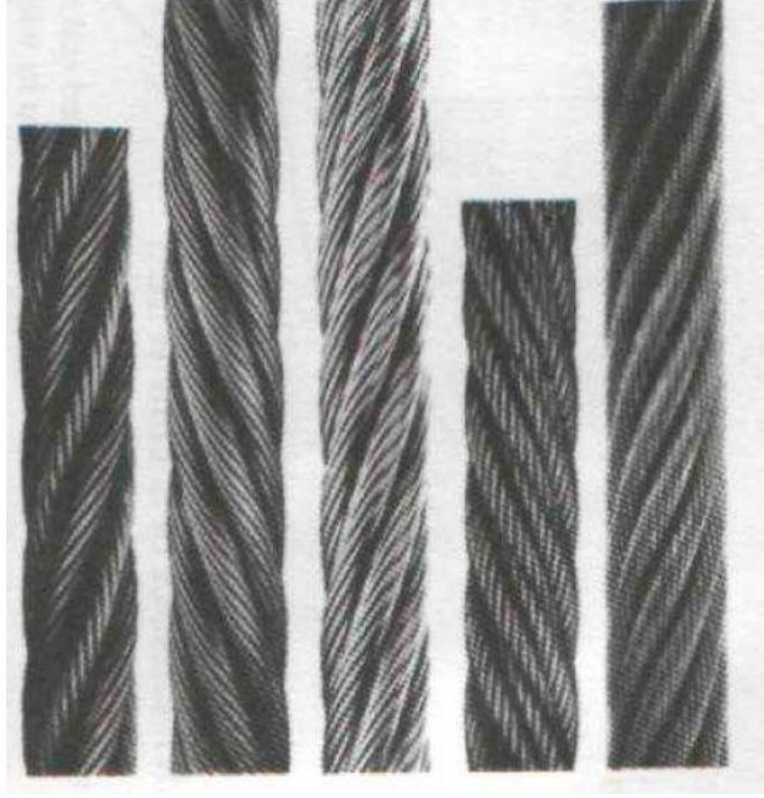
2.2.1. Tek Katlı Halat Konstrüksiyonu

2.2.1.1. Sarım Yönü

Halatlar bir çekirdek (öz) etrafında demetlerin helisel biçimde sarılmaları ile meydana getirilir. Dış demetlerin helis yönü, halatın sarım yönü olarak isimlendirilir. Normlarda dış demetlerin halat üzerine sarılışında helis yönünün sağa dönüşlü olduğunu belirtmek için Z harfi, sola dönüşlü olduğunu belirtmek için S harfi kullanılmaktadır. Ayrıca demetlerin sarılışında helis yönü sağa sarılış için z ve sola sarılış için s harfi ile gösterilmektedir. Kısa gösterilişte **zZ** ve **sS** sarılışına düz sargı, **zS** ve **sZ** sarılışına da çapraz sargı denir. Yani, çapraz sargıda demetleri meydana getiren tellerle, halatı meydana getiren demetlerin sarım yönleri birbirlerine terstir. Düz sargıda ise demetleri meydana getiren tellerle halatı meydana getiren demetlerin sarım yönleri birbirlerine paraleldir. Şekil 2.8' de halat sarımında meydana gelen 4 durum gösterilmiştir. Şekil 2.9' da ise tel halatlarda çeşitli sarım tiplerine örnekler verilmiştir.



Şekil 2.8 Halat Sarım Çeşitleri [11]



Şekil 2.9 Tel Halatlarda Çeşitli Sarım Tipleri [11]

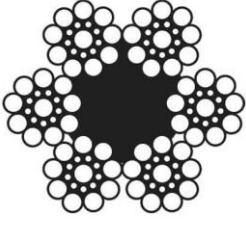
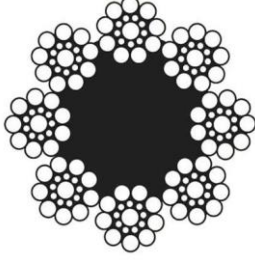
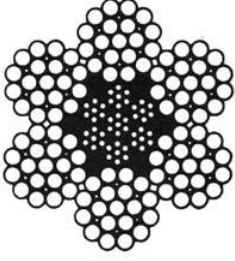
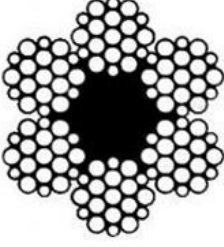
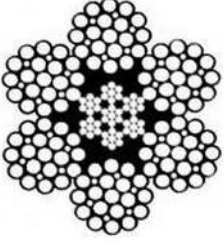
2.2.1.2. Tel Sayılarının Belirlenmesi

Demet eşit çaplı tellerden meydana geliyorsa çapraz sarmaya, demet farklı çaplı tellerden meydana geliyorsa paralel sarmaya gidilmektedir. Buradaki bu isimlendirme ve sınıflandırmada DIN' den yararlanılmaktadır.

Asansör tesislerinde askı halatı olarak çoğunlukla paralel sarılı halatlar kullanılır. Paralel sarımlı halatlar olarak *Seale* ve *Warrington* halatı asansörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların türevi olan *Warrington - Seale* halatı ve *Filler* halatı da kullanılır. Paralel sarımlı halatın demetlerindeki eşit sarımlı halatlarda demet içindeki teller aynı uzunluğa sahiptirler. Bu tip halatlar, çapraz sarılı demetlerden meydana gelirler. Çapraz sarımlı halatların daha geniş bir temas yüzeyine sahip olmaları ve demetlerdeki teller arasındaki birim basıncın daha düşük olması avantajlıdır. Bütün bu etkenler halatın daha uzun ömürlü olmasını sağlar.

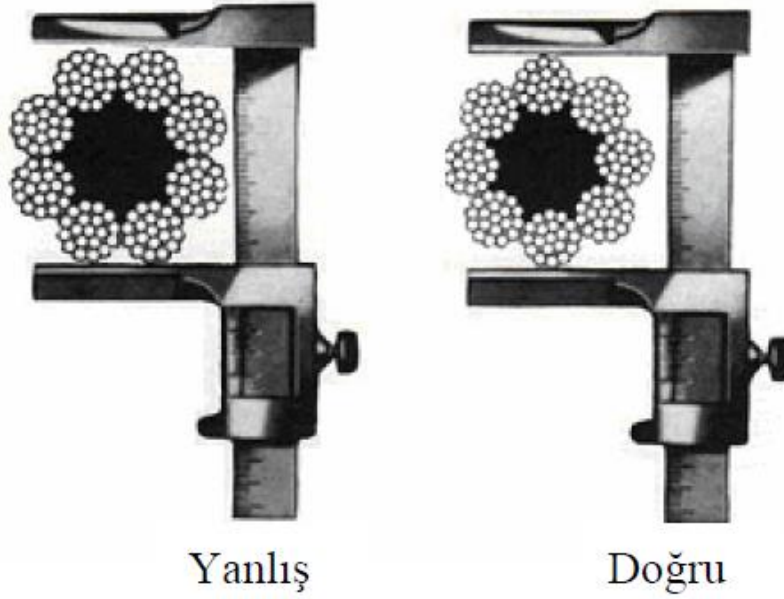
Yaygın olarak kullanılan asansör askı halatlarının tel sayıları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Halatların tel sayılarının belirlenmesi

Halat Tipi	Halat Kesiti	Kademedeki Tel Sayıları	Toplam Tel Sayısı
6x19 Seale, Lif Özlü		$1 + 9 + 9 = 19$	$6 \times (1 + 9 + 9) = 114$
8x19 Seale, Lif Özlü		$1 + 9 + 9 = 19$	$8 \times (1 + 9 + 9) = 152$
6x19 Seale, Çelik Özlü		$1 + 9 + 9 = 19$ (Bir demetteki tel sayısı) $7 \times 7 = 49$ (çelik özdeki tel sayısı)	$(6 \times (1 + 9 + 9)) + (7 \times 7) = 163$
6x19 Warrington, Lif Özlü		$1 + 6 + 12 = 19$	$6 \times (1 + 6 + 12) = 114$
6x19 Filler, Lif Özlü		$1 + 6 + 12 = 19$ (Bir demetteki tel sayısı) $7 \times 7 = 49$ (çelik özdeki tel sayısı)	$(6 \times (1 + 6 + 12)) + (7 \times 7) = 163$

2.2.1.3. Halat Çapı

Bir halatın anma çapı (mm cinsinden), halatın dik kesitini teğet olarak sınırlayan dairenin çapıdır. Şekil 2.10 halat çapının doğru bir şekilde ölçülmesini göstermektedir.



Şekil 2.10 Halat çapının ölçülmesi (doğru ve yanlış ölçme) [16]

Halat gerçek çapı kumpasla ölçülerek (mm cinsinden) bulunur. Halat gerçek çapı, halat düz ve yüksüz olarak sarılmış halde iken en az iki komşu demete değecek geniş ağızlı kumpasla uçtan itibaren en az 1,5 m den başlamak üzere ve en az 1,5 m aralıkla iki noktadan ve her noktada birbirine dikey olmak üzere ölçülür. Bu dört ölçünün ortalaması halat kompozisyon föylerinde gösterilen boyut ve toleranslara uygun olmalı, dört ölçü arasındaki en büyük fark, Çizelge 2.2' de verilen değerleri aşmamalıdır [3].

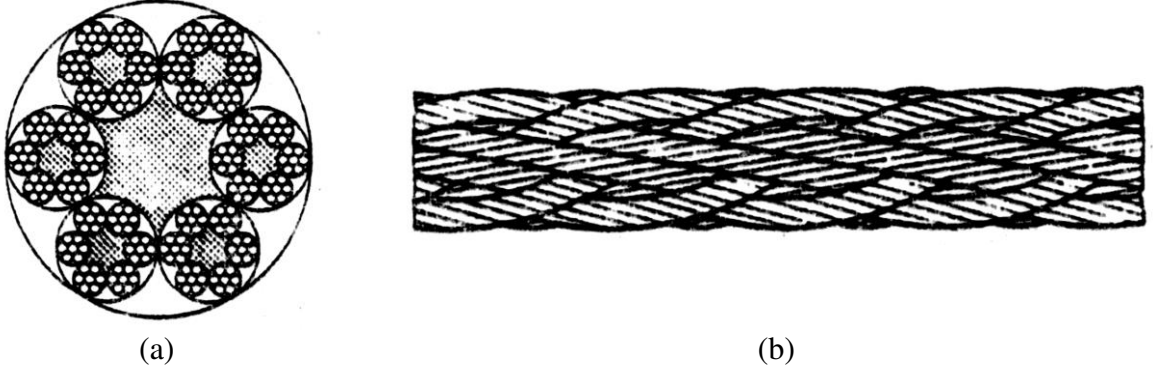
Çizelge 2.2 Halat çapı ovallik toleransı [3]

Halat Anma Çapı mm	Ovallık toleransı anma çapı %	
	Çelik özlü halatlar	Lif özlü halatlar
2 ve 3	7	-
4 ve 5	6	8
6 ve 7	5	7
8 ve daha kalın	4	6

2.2.2. Diğer Halat Tipleri

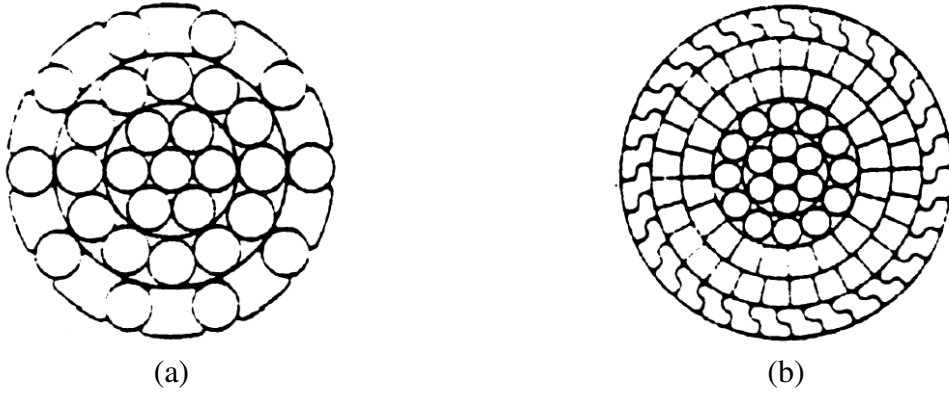
Tek katlı halatlardan ayrı olarak, kullanım yerine uygun konstrüksiyona sahip halat tipleri geliştirilmiştir. Şekil 2.11(a)' da gösterilen halat demetleri, halatlardan meydana getirilmiş ve

Şekil 2.11(b)' de gösterildiği gibi sağ ve sol yönlü olarak örülmüştür. Bu şekilde halat dönmesi kesinlikle önlenmiştir.



Şekil 2.11 Diğer halat tipleri

Şekil 2.12(a) yarı kapalı spiral halat kesitini ve 2.12(b) tam kapalı spiral halat kesitini göstermektedir. Şekil 2.12'de gösterilen halatlarda dıştaki tellere uygun formun verilmesi ile kapalı bir halat yapısı elde edilmiştir. Böylece halatın esas taşıyıcı telleri korozyon ve radyasyon etkisinden korunur.



Şekil 2.12 Spiral Halatlar

Şekil 2.13' te gösterilen çift dikişli yassı halata ait teknik değerler DIN 21252 ve DIN 21256 da verilmiştir. Yassı halatlar tek dikişli olarak da yapılmaktadır.



Şekil 2.13 Çift dikişli yassı halat, DIN 21256

Çizelge 2.3'te, standart demetlere sahip çekirdeği çelik halat olan halat kesiti ile yüksek yüzey basınçlarında çalışan halatlarda basma yüzeyini arttırmak için kullanılan demetleri üçgen kesitli tel halatlar ve yassı demetli tel halatlar gösterilmektedir [4].

Çizelge 2.3 Üçgen ve yassı demetli tel halatlar

Halat Tipi	Çelik halatlı çekirdeği olan tel halat	Üçgen demetli halat
Halat Kesiti		
Halat Tipi	Tek katlı yassı demetli halat	Çok katlı yassı demetli halat
Halat Kesiti		

2.3. ÇELİK TEL HALATLARIN ZORLANMASI VE ÖMRÜ

Tel halatların karmaşık yapısı nedeniyle gerilmelerin hesapla tam olarak bulunması mümkün değildir. Aynı şey çeki gerilmesi için de vardır, çünkü çeki kuvvetinin ince tellere dağılışı bilinmemektedir. İlk yaklaşım olarak halatı düzgün ve halat eksenine paralel ince tellerden yapılmış bir demet şeklinde düşünmek bütün tellerin eşit olarak yükleneceğini kabul etmek mümkündür. Bu şart altında halatın teorik taşıma yükü, halatın toplam metalik kesit alanının (tel sayısı $\times$ tel kesiti) telin öngörülen çeki mukavemeti ile çarpılması sonucu bulunur. Gerçekte her bir telin kopmasıyla bulunacak olan ortalama mukavemet, genellikle öngörülen çeki mukavemetinden daha büyük olmasına rağmen, bütün halat kolunda olmak üzere halatın koparılmasında daima daha küçük bir gerçek kopma yükü ile karşılaşmaktadır. Gerçek kopma yükünün, hesapsal kopma yükünden %15 - 20 kadar farklı olmasına müsaade edilir. Bu fark, hesapsal kopma yükünün bulunmasında yapılmış olan kabullerin gerçekte doğru olmamasından ileri gelir [7].

Makaralar ve tamburlar üzerinde çalışması sırasında ortaya çıkan eğilme gerilmelerinin kesin hesabı daha da zordur. Halat yine paralel ve sürtünmesiz olarak yan yana bulunan tellerden ibaret bir demet gibi düşünülürse, bir makara üzerinde eğilmiş bulunan bir telin eğilme gerilmesi Hooke Kanunu yardımıyla hesaplanabilir :

$$\sigma_e = \frac{\delta}{D} * E \quad (2.2)$$

burada δ tel çapı, D makara veya tambur çapı ve E elastiklik modülüdür. Tellerin gerçek eğilme gerilmesi, çift helisel sarılışlı yapıdan ve gerilmiş halatın bir dereceye kadar rijit bir cisim haline getiren iç sürtünme kuvvetlerinden dolayı tam olarak hesaplanamaz. Halat, d çapında dolu bir çubuk olsaydı, eğilme gerilmesi :

$$\sigma_e = \frac{d}{D} * E \quad (2.3)$$

olurdu. Gerçekte gerilme (2.2) ve (2.3) eşitlikleri ile verilen sınırlar arasındadır.

Asansör işletme şartları altında çalışan halatın gerçek zorlanmaları o kadar büyüktür ki, halatlar ancak normal aşınan parçaların ömründen daha az sınırlı bir ömre ulaşabilir. Bu sebepten halat ömrünü kısaltıp uzatan etkenleri tanımak önemlidir.

a) *Çeki Yüklenmesi* : Diğer şartlar aynı kalsa da belirli çaptaki bir halatın ömrü yaklaşık olarak çeki yüklenmesinin karesi ile azalır. İşletme şartları uygunsuzlaştıkça halatın çeki zorlanması daha düşük seçilir.

b) *Eğilme* : Aynı halat kesiminde bir iş seferinde eğilme tekrarı ne kadar fazla ise halatın ömrü de o derece kısalmır. Halatın doğru durumdan eğri duruma geçmesi ve sonra tekrar doğru duruma geçmesi bir eğilme sayılır.

c) *Tel Mukavemeti* : Aynı yük ve halat çapında tel mukavemetinin artırılmasıyla kopmaya karşı hesapsal emniyet uygun bir şekilde büyür, ancak ömürde çok daha az oranda bir artış görülür.

d) *Yiv Şekli ve Yiv Malzemesi* : Halatın tambur veya makara yivine oturması ne kadar iyi olursa, ömrü de o kadar uzun olur. Yiv dibi yarıçapı halat yarıçapından çok daha büyük olduğu takdirde halat az sayıdaki noktalarda yive temas edeceğinden yüzey basıncı yüksek olur. Bunun sonucunda da halat ezilir ve başlangıçtaki yuvarlak halat kesiti oval bir kesit şeklini alır. Yiv şekli yuvarlak halat kesitine ne kadar fazla yaklaşırsa, halat zorlanmaları da o oranla azalır ve ömrü artar.

e) *Tel Kalınlığı* : Aynı makara çapında kalın telli halatların ince telli halatlardan daha iyi sonuç verdikleri gözlenmiştir. Çünkü ince teller yivde ezilme ve basınç gibi dış zorlanmalara karşı kalın tellere nazaran daha çok hassastırlar. Makaranın yiv yarıçapı büyüdükçe, yani halatın yive oturması kötüleştikçe, kalın telli halatların üstünlüğü daha çok kendini hissettirir.

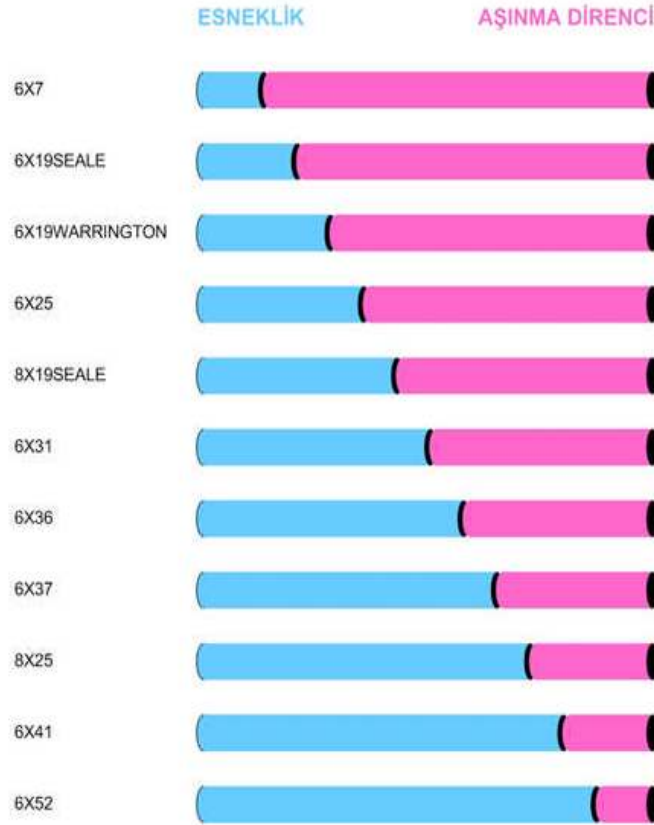
f) *Halatların Yağlanması* : Halatın iyi bir tarzda yağlanmasının halat ömrü üzerinde büyük etkisi vardır.

g) *Korozyon* : Korozyondan korunmak için tellerin çinko kaplanması iyi sonuç vermiştir. Gerçi tellerin çinko kaplamasıyla halatın taşıma kuvveti bir miktar azalmaktadır. Ancak

denemeler ve işletme tecrübeleri, çinko kaplı halatların ömrünün daha az olmayıp aksine kaplamasız halatlarınkinden daha uzun olduğunu göstermiştir [7].

2.4. TEL HALATLARIN İŞLETMEDE KULLANILMASI

2.4.1. Tel Halatın Seçilmesi



Şekil 2.14 Halatın esneklik ve direnci

Halatlar kullanımlarına uygun seçilmelidir. Her cins halat her amaç için uygun değildir. Örneğin; ısıya maruz kalan halatlarda lif öz kesinlikle kullanılmaz. Aşınmaya karşı direnç veya esneklik seçilen halat kompozisyonlarına göre değişir. Bazı kompozisyonlarda dış teller diğerlerine göre daha kalın olduğundan sürtünme ve aşınmalara karşı daha dirençlidir. Ancak esnekliğini de bir o kadar kaybeder. Genel olarak aşınmaya karşı direnç artarken esneklik azalır. Diğer bir deyimle esneklik artarken aşınmaya karşı direnç de azalır. Şekil 2.14' te bazı halat tiplerinin esneklik ve aşınma direnci arasındaki ilişki gösterilmiştir.

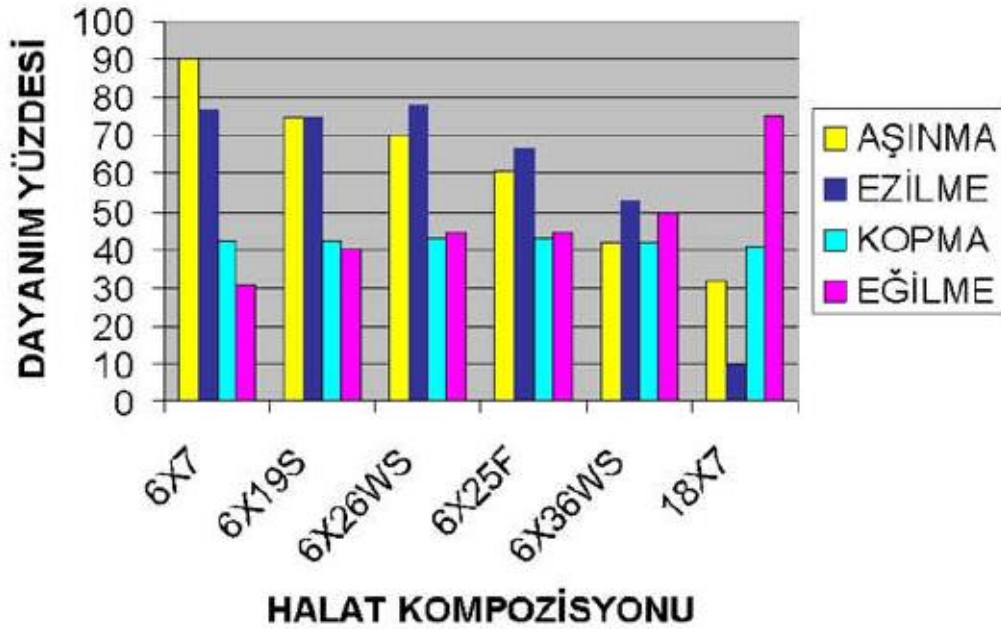
Esnekliğin ön planda olduğu bir çalışma koşulunda lif özlü halatlar tercih edilirken, ağır yükün ön planda olduğu durumlarda da çelik öz tercih edilmelidir. Korozyonun egemen olduğu durumlarda ise galvanizli halatlar tercih edilmelidir [14].

2.4.2. Tel Halatın Seçimini Etkileyen Faktörler

Çelik halat dayanımını aşağıdaki faktörler etkiler :

- Kopma Dayanımı
- Eğilme Dayanımı
- Titreşim Dayanımı
- Aşınma Direnci
- Ezilme Dayanımı
- Rezerv Dayanımı

Bir çelik halatın yukarıdaki özelliklerin hepsinde, en üstün özellikleri göstermesi beklenemez. Halat seçiminde ilk adım, işin gereksinimleri ve önceliklerinin belirlenmesidir. Şekil 2.15' de bazı halat tipleri için aşınma, ezilme, kopma ve eğilme dayanımları arasındaki karşılaştırmaları gösterilmiştir.



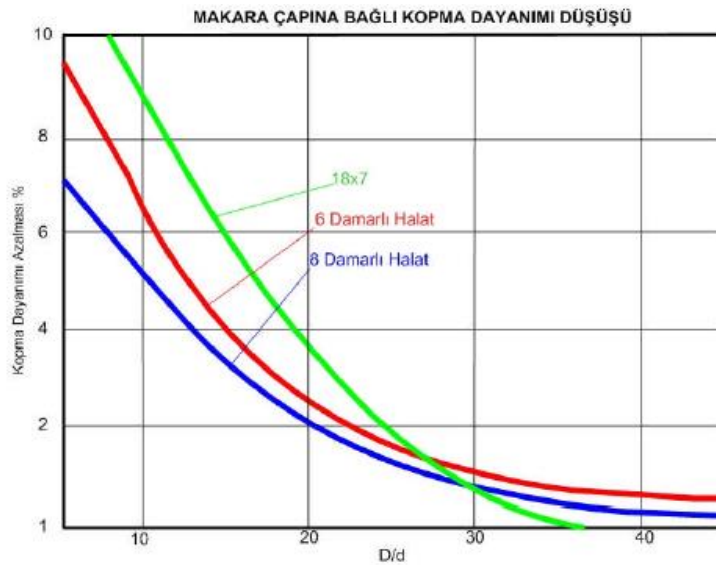
Şekil 2.15 Genel karşılaştırma grafiği

2.4.2.1. Kopma Dayanımı

Kopma dayanımı seçilirken, öncelikle halat üzerine gelecek statik yük hesaplanmalıdır. İşletme sırasında olabilecek ani kalkış ve duruşlar söz konusu ise bunlar halat üzerine ek dinamik yükler getirirler. Halatın bir makaradan (kasnak veya tamburdan) eğilerek ve sarılarak geçmesi, kopma dayanımını düşürür. Şekil 2.16' da, 3 farklı kompozisyonuna sahip halatlar için makara çapına bağlı kopma dayanımı düşüşünü gösteren bir grafik verilmiştir.

İşletme sırasında sürtünme doğacak kesit azalmaları, eğilmeden doğacak tel kırılmaları, korozyondan doğacak nitelik değişimleri, kesit kayıpları halatın kopma yükünü düşürecektir. Bütün bunlardan doğacak kopma dayanımı azalmalarını, işletme ömrü boyunca karşılayacak tasarım katsayılarını (emniyet katsayısı), seçmek gerekmektedir.

Asansör gibi uygulamalarda, tasarım katsayıları standartlarla belirlenmiştir. Bu katsayıların nasıl seçileceği dikkatle incelenmeli ve bunlara mutlaka uyulmalıdır [14].

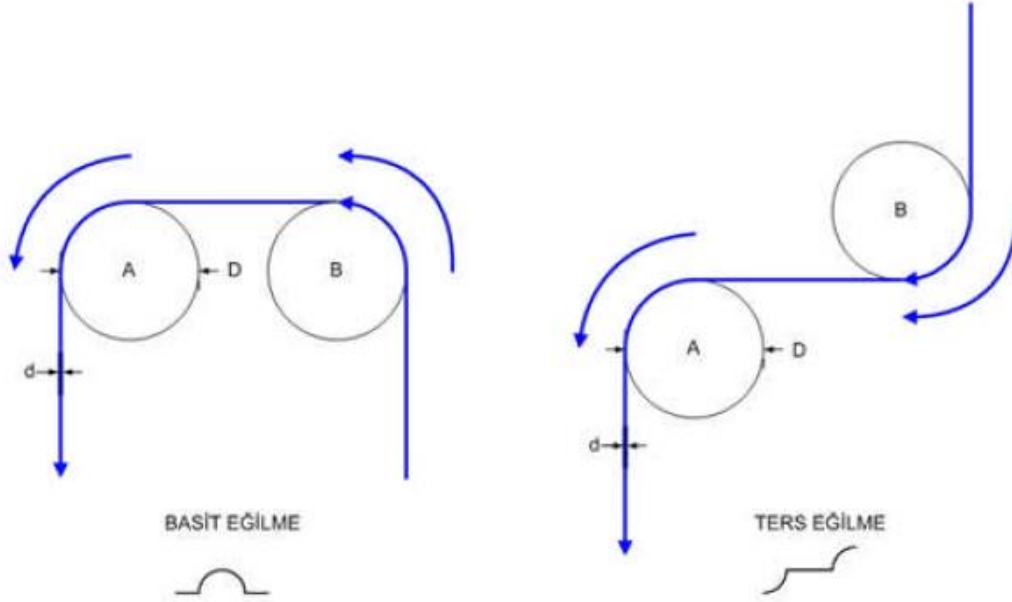


Şekil 2.16 Makara çapına bağlı kopma dayanımı azalması

2.4.2.2. Eğilme Dayanımı

Tel halatın bir makara üzerinde eğilerek çalışması eğilme yorulması doğurur. Eğilme yorulması eğilmelerin tipine, ardı ardına kaç kez eğilme yaşadığına, eğilme yarıçapına bağlıdır. Eğilme yarıçapı düştükçe halatın eğilme yorulması artar. Ardı ardına gelen

eğilmelerin ters yönde olması (ters eğilme), halatın eğilme yorulmasını artırır. Verilen tablolardan yararlanarak eğilmenin baskın olduğu uygulamalar için, eğilme dayanımı yüksek halatlar seçilir. Şekil 2.17' de halatın basit eğilmesi ve ters eğilmesi gösterilmektedir [14].



Şekil 2.17 Halatın eğilmesi

2.4.2.3. Titreşim Dayanımı

Titreşim halat üzerinde şok dalgaları oluşturur ve bunlar halat boyunca yayılırlar. Şok dalgaları tarafından oluşturulan enerji, makaralar ve bağlantı noktası elemanları tarafından yutulur. İlk harekete geçiş anı ve duruş anında oluşan zorlanmalar halatın serbest bölümlerini alçak ya da yüksek frekansta titreştirirler. Serbest bölüm kısaldıkça titreşim frekansı artar. Bu titreşimler, halatı özellikle uç bağlantı noktalarını zorlar ve bu bölgede kırılmalar olur. Bunun önüne geçmek için titreşim söz konusu olabileceği uygulamalarda, zorlanmaları uç noktalarına iletmeyecek daha bükülebilir halatlar kullanılması, halatın ömrünü ve uç bağlantı elemanlarının ömrünü artırır. Titreşimin makara halat ikilisi üzerindeki etkisi ise, aşınma artışı ve tel kırılmalarıdır [14].

2.4.2.4. Aşınma Direnci

Aşınma, halat dış telleri üzerinden bir metal tabakayı kaldırarak etkir. Bu durum genellikle halat bir metale sürtünerek geçtiğinde oluşur. Aşırı aşınma, yanlış seçilmiş bir makaradan, yanlış yiv ölçüsünden ya da yanlış sapma açısından dolayı meydana gelir. Dış tel çapları büyük halatlar ve düz örülmüş halatlar daha yüksek aşınma direncine sahiptir [14].

2.4.2.5. Ezilme Dayanımı

Çelik halat, makara yan yüzeyleri arasında sıkışarak ya da tamburdaki bir kaç kat nedeniyle ezilebilir. Açıkta ki yükün azalması, ezilmeyi azaltacaktır. Uygun olmayan tambur ve sarma koşulları denetlenmelidir. Çelik özlü halatların ezilme dayanımı daha yüksektir. Ayrıca demetleri oluşturan tellerin sarım yönü ile demetlerin özün etrafındaki sarım yönü aynı olan halatlara kıyasla çapraz örülmüş halatların ezilme dayanımı da daha yüksektir [14].

2.4.2.6. Rezerv Dayanımı

Rezerv dayanım, dış teller hariç metalik alan kesitinin, tüm metalik kesit alana oranıyla ilgili bir büyüklüktür. En dış teller tamamen kopsa bile, halatın dayanma derecesini gösterir [14].

2.4.3. Tel Halatların Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Halatlarda diğer makina elemanları ve zincirler gibi çok dikkatli kullanılmalı, monte edilmeli ve bakımı yapılmalıdır. Bu şekilde uzun bir çalışma ömrü ve uzun bir yaşam sağlanabilir.

Halatın seçiminde ve kullanılmasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir :

- Çalışma şartlarına uygun halat seçilmelidir.
- Aşırı yüklemekten kaçınılmalıdır.
- Soğuk havada ani yükleme yapılmamalıdır.
- Asla donmuş halat kullanılmamalıdır.
- (a) kesin yük durumu bilinmiyorsa,
 (b) ani yükleme mevcutsa,
 (c) işletme şartları anormal ise,

- (d) personel için tehlike mevcutsa,
özel tedbirler alınmalı veya daha küçük çaplı halat kullanılmalıdır.
- Keskin köşelerde veya kenarlarda halatın yön değiştirmesinden kaçınılmalıdır.
 - Halatın ani ve darbeli yüklenmesinden kaçınılmalıdır.
 - Depolanan halat temiz ve kuru yerlerde saklanmalıdır.
 - Makara ve tambur yeteri kadar büyük çapta olmalıdır.
 - Aşırı eğilmeden kaçınılmalıdır.
 - Halat titreşimi kontrol edilmelidir.
 - Tambur yivleri uygun olmalıdır.
 - Halatın tambura sarımı iki katı aşmamalıdır.
 - Halat ucu bağlantısına dikkat edilmelidir.
 - Yağlamanın düzenli olması sağlanmalıdır.
 - Halat üzerindeki bölgesel aşınma durumları sürekli kontrol edilmelidir.

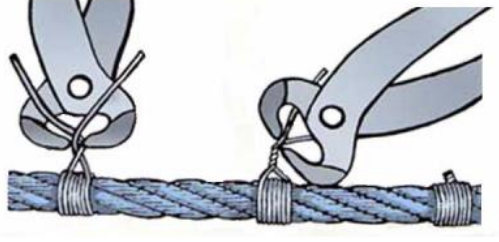
Halatın seçiminde yorulma mukavemeti ve aşınma direnci dikkate alınmalıdır. Çünkü doğru seçilen halatın çalışma ömrü, yorulma ve aşınma nedeniyle azalmaktadır [4].

2.5. TEL HALAT BAĞLANTILARI VE HALAT SONU

Tel halatları birbirine veya diğer konstrüksiyon parçalarına bağlamada aşağıdaki metotlar uygulanır [8] :

2.5.1. Halat Sonu ve Kesme

Halat istenilen boyda kesilir ve hiç bir önlem alınmazsa uçlar kendiliğinden açılır. Şekil 2.18 (a) ve (b)' de halatın nasıl kesileceği ve halat sonu bağlantısının nasıl olacağı gösterilmiştir.. Halat boyu işaretlerin ve yumuşak bir demir telle şekilde görüldüğü gibi sıkıca sarılır. Normal olarak kesme taşı ile kesilir.



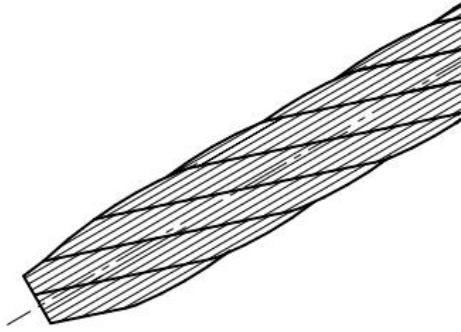
(a) Halat sonu markalama



(b) Halat sonu

Şekil 2.18 Halat sonu ve kesme

Diğer halat sonu şekillerinden biri de, halat oksijen kaynağı ile kesilir, ucu eritilerek kaynak yapılır (Şekil 2.19(a)). Ayrıca kovanlı halat sonu işlemi de yapılır. Halat kesilir ve ucuna bir kovan sıkı geçirilir. Sonra testere veya kesme taşıyla kesilir (Şekil 2.19(b)) [15].



(a) Kaynaklı halat sonu

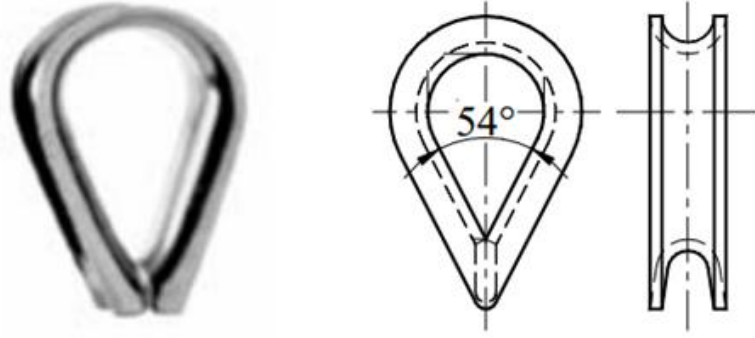


(b) Kovanlı halat sonu

Şekil 2.19 Diğer halat sonlandırmaları

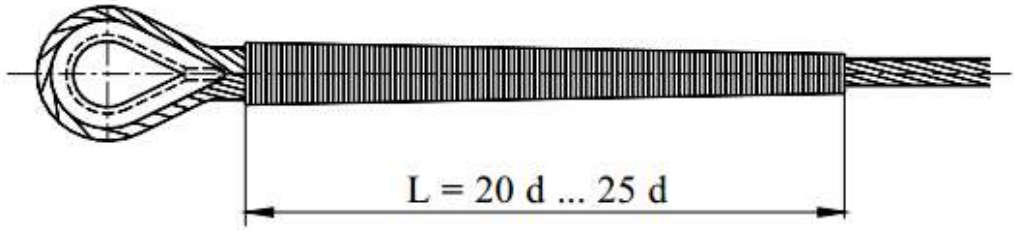
2.5.2. Radansa

Birçok halat bağlantı çeşitleri vardır. Halat bağlantılarında en çok radansalar kullanılır. Radansalar DIN 6899 da standartlaştırılmıştır. Şekil 2.20' de bir radansa ve radansaya ait teknik resmi gösterilmiştir.



Şekil 2.20 Radansa

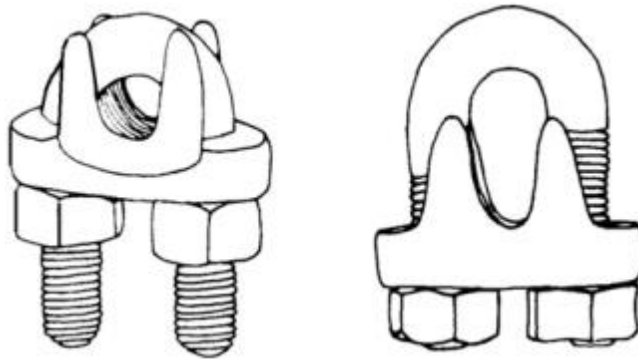
Şekil 2.21' de ise radansaya halatı örme şekli görülmektedir [15].



Şekil 2.21 Radansaya örme

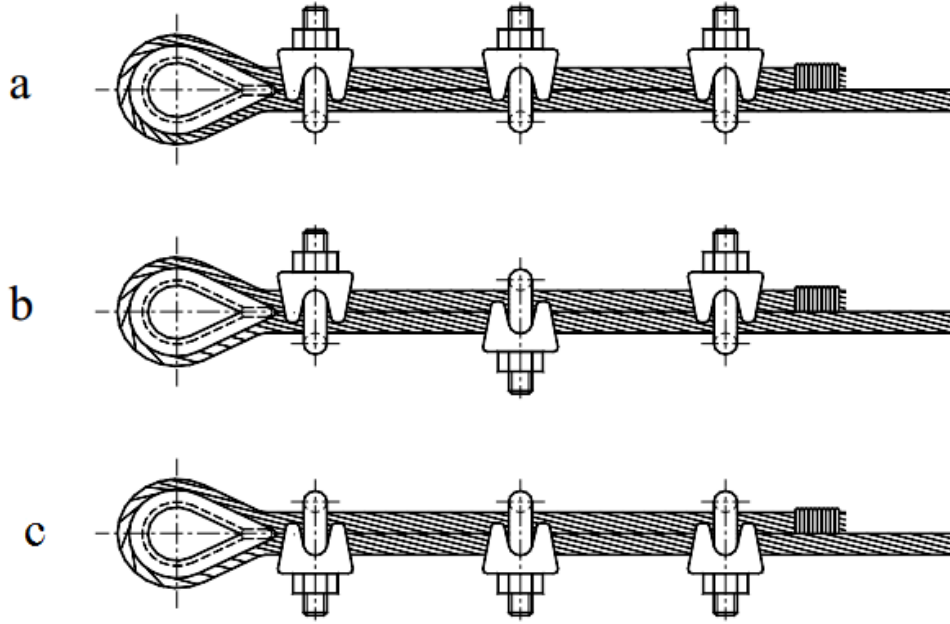
2.5.3. Halat Klemensi

Halat klemensleri DIN 741 ile standartlaştırılmıştır. Klemensler devamlı yük altında çalışmada kullanılmazlar. Fakat geçici olarak yük taşıyabilirler. Standart klemensler halatlar için çapı; 16 mm ye kadar en az 3, 20 mm ye kadar en az 4, 26 mm ye kadar en az 5 ve daha büyük çaplar için 6 adet kullanılır [15].



Şekil 2.22 Klemens

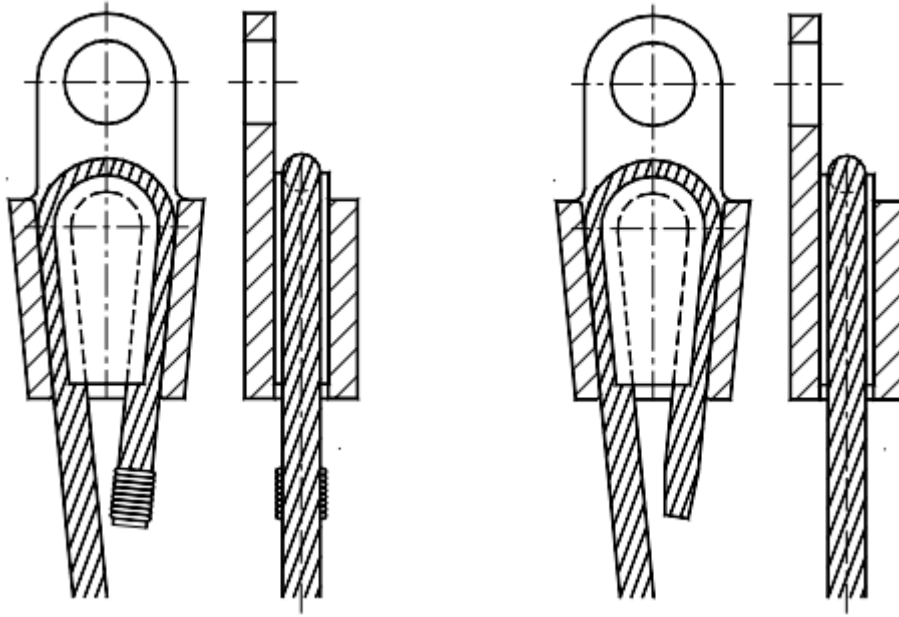
Klemensin yuvarlak askısı halatı ezeceği için yuvarlak askının yük taşımayan halata basması daha doğrudur.



Şekil 2.23 Radansaya klemensleme

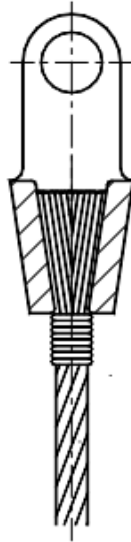
Şekil 2.23' te radansaya klemensleme de "a" ve "b" pozisyonları yanlış, "c" pozisyonu ise doğru bağlantıdır.

2.5.4. Diğer Bağlantılar



Şekil 2.24 Kama Kilit

Kama kilit bağlantı halatın radansa şeklinde dolu kama ile kama yuvası arası sıkıştırılması ile olur. Şekil 2.24'de kama kilit bağlantısının nasıl olacağını gösterilmiştir. Ek emniyet parçasına gerek yoktur.



Şekil 2.25 Armut bağlantı

Armut bağlantı konik açılmış yuva içine halat açılarak konik şekilde sıkıştırılır. Konik yuvaya sıkıştırılan tellere kurşun dökülür. Şekil 2.25' te de armut bağlantı şekli gösterilmiştir [15].

2.6. TEL HALAT YAĞLAMASI

Halatların belirli bir program içinde düzenli olarak yağlanmaları gerekmektedir. Yağlama işleminin yapılmaması halinde aşağıdaki durumlar gözlenir :

- Tellerde korozyon ve pitting meydana gelir ve çelik kaybı nedeniyle halat mukavemetinde azalma olur.

- Aşırı korozyon durumunda tellerin incelmesi nedeniyle ani kırılmalar meydana gelir.

- Çalışma sırasında teller sürekli olarak birbirleri üzerinde sürtünerek hareket ederler.

Yağlama sayesinde meydana gelecek olan bu tür alışmalar azaltılabilmektedir.

- Pittingler çentikleri meydana getirerek tel halatın mukavemetini azaltır.

Halatın yağlanmasında hiç bir zaman kullanılmış yağdan yararlanılmamalıdır. Bu yağlar küçük aşınmış partikülleri ihtiva etmekte ve asidik karakterli olmaktadır.

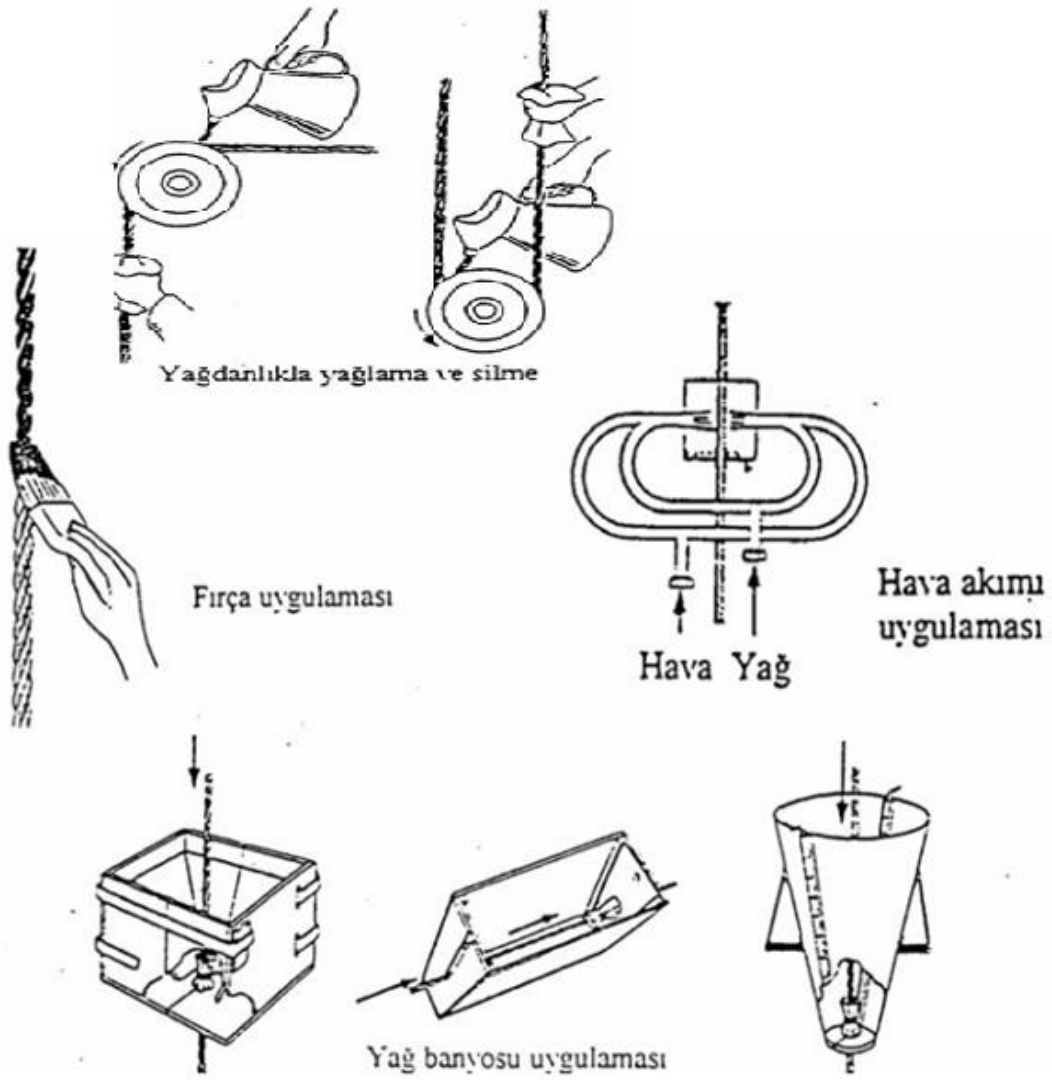
İyi bir yağlayıcının sahip olması gereken özellikler :

- korozyon direnci olmalı,
- suyu bünyesinde tutmalı,
- akıcı olmalı,
- kimyasal olarak nötr olmalı,
- yüksek basınçta özelliklerine kaybetmemelidir.

İyi bir yağlamadan önce halat temizlenmeli ve kurutulmalıdır. Nemli halat asla yağlanmamalıdır. Çünkü etkili bir yağlama sadece yağlayıcının temiz metale sürülmesi ile sağlanabilir.

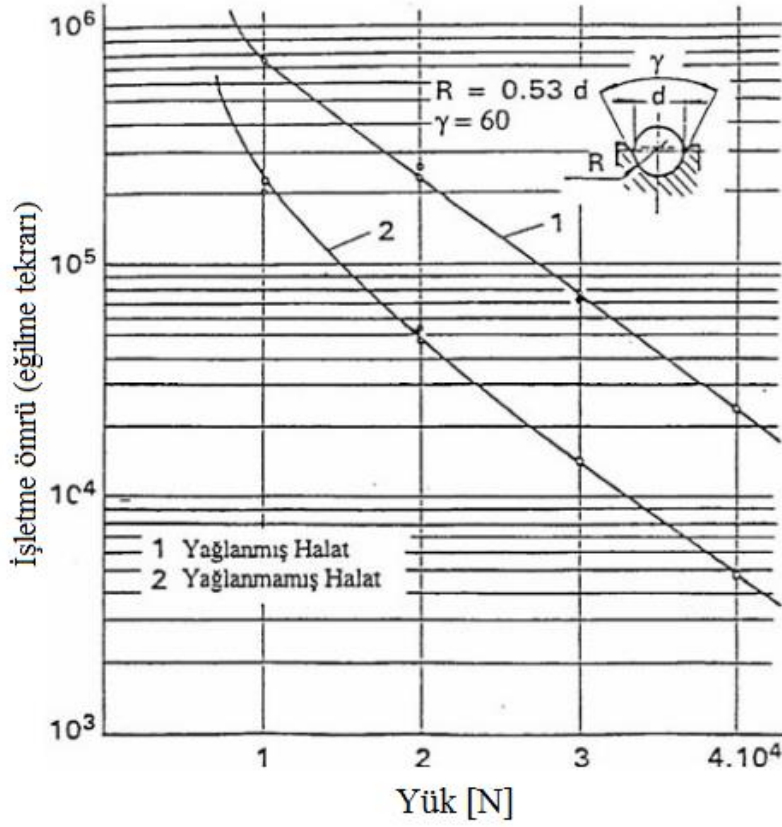
Halat üzerindeki eski yağ, tel fırçalarla veya basınçlı hava yardımıyla temizlenir. Daha sonra halat temizleme banyosundan geçirilir. Halat çekirdeğindeki yağları da eritmeleri nedeniyle benzin veya gaz temizleme sıvısı olarak kullanılmalarından mümkünse kaçınılmalıdır. Halat yüzeyinde aşırı yağlama tabakası meydana getirilmiş olsa bile iç kısımlarda da aynı oranda yağ bulunmayabilir.

Yağlama için bir kaç metot kullanılmaktadır. Hafif yağlar bir fırça veya halatın yağ banyosunda geçirilmesi için bir makara üzerinden geçtiği zaman yağlama yapılmalıdır. Orta veya ağır yoğunluktaki yağlar sıcak olarak fırça ile tatbik edilmelidir. Hava ile yağın birlikte püskürtülmesi durumunda ise korozyondan kaçınmak için havanın nemi alınmalıdır. Uzun halatların fırça ve elle yağlanması çok zor bir işlem olduğundan yerine göre bu işlemden kaçınmak gerekir. Şekil 2.26' da resimler yardımıyla halat yağlama metotları gösterilmektedir [4].



Şekil 2.26 Halat yağlama metotları [4]

Birbiri üzerinde kayan tellerin yağlanmasıyla sürtünmeler azalmakta ve bu da halatın ömrünü uzatmaktadır. Yağlamanın halat ömrü üzerinde olumlu etkide bulunduğunu Şekil 2.40 da verilen diyagram göstermektedir.



Şekil 2.27 Halatın ömrüne yağlamanın etkisi [8]

Halatın iç yağlaması halat ömrünü özellikle etkilemektedir. Bu nedenle yapım sırasında elyaf özün yağlama yağı veya vazelin ile nemlendirilmiş olması gerekir. Zira işletme sırasında halatın içinin yağlanması zordur. Aynı nedenle demet telleri de yapım sırasında gresle iyice yağlanmalıdır. Böylece işletme esnasında demetler basınç altında halat yüzeyine doğru yağ verirler [8].

BÖLÜM 3

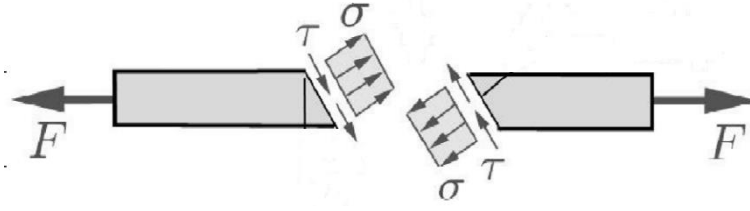
METAL MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Malzemelerin yük altındaki davranışlarına *mekanik özellikler* denir. Yük bir malzemeye bir kuvveti iletmesi istendiğinde dışarıdan gelebildiği gibi, özellikle imalat koşullarından dolayı içeride tutsak kalmış bir iç gerilme şeklinde de olabilir. Fakat malzeme açısından hangi tür yük olduğu hiç fark etmez. Malzeme bir iç gerilmeyi de aynen görünen bir yük gibi algılar. Bu yükler malzemeyi kalıcı olarak şekillendirebilecek boyutlara ulaşabileceği gibi, malzemenin üzerinden kalktıktan sonra hiç bir kalıcı şekillenmeye neden olmayacak seviyede de olabilirler [5].

Malzemelerin kalıcı olarak şekillendirmeyi başlatan gerilmelere *akma sınırı* denir. Akma sınırı altındaki şekil değişiklikleri geçicidir. Yük üzerinden kalktığında şekillenme de kalkar. Bu tür geçici şekillenmelere *elastik şekillenme* ve malzemenin akma sınırı altındaki davranışlarına da *elastik özellikler* adı verilmektedir. Akma sınırı üzerindeki şekillenme kalıcıdır. Yük kalktığında şekillenme kalır. Akma sınırı üzerindeki bu kalıcı şekillenme değişimine neden olan şekillenmeye *plastik şekillenme* ve akma sınırı üzerindeki davranışlara da *plastik özellikler* denilir. Plastik özellikler imalat için, elastik özellikler ise malzeme kullanımı için önemlidir [5].

3.1. GERİLMELER

Mukavemet hesabının amacı, makina elemanlarını dış etkilere (kuvvet, moment, sıcaklık) karşı dayanmasını sağlamaktır. Dış kuvvetlerin ve momentlerin etkisi altında, elemanın herhangi bir kesitinde, tepki olarak iç kuvvetler meydana gelir. birim alanına isabet eden iç kuvvetlere *gerilme* adı verilir. Gerilme, kesitte normal ve kesitte teğetsel olmak üzere iki bileşene ayrılabilir (Şekil 3.1) [6].

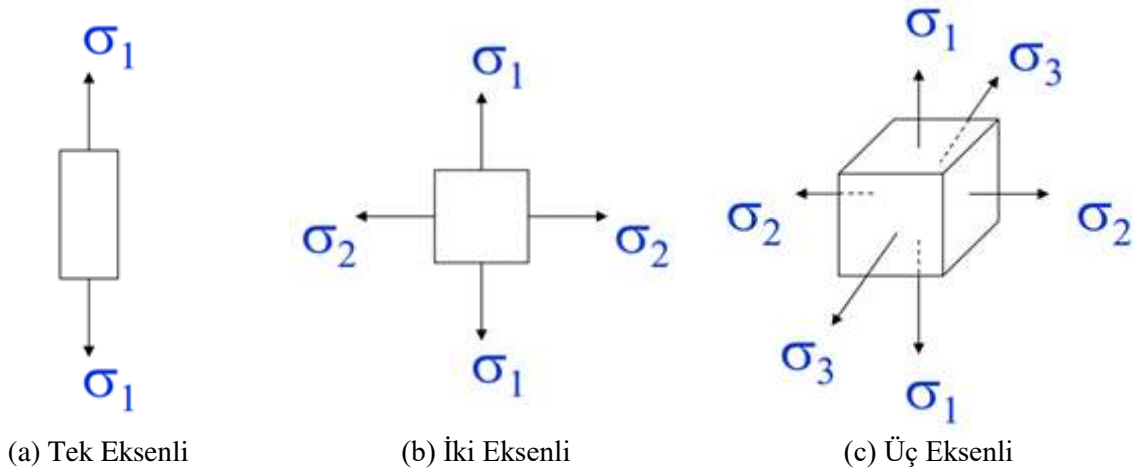


Şekil 3.1 Normal (σ) ve Teğetsel (τ) Gerilme

Normal Gerilme : $\sigma = F / A$ (3.1)

Kayma Gerilmesi : $\tau = F / A$ (3.2)

Gerilmenin normal bileşenine *normal gerilme* denir ve genellikle " σ " ile ifade edilir; kesit içine düşen (kesitte teğetsel) bileşenine de *kayma gerilmesi* adı verilir ve genellikle " τ " ile gösterilir. Elemanın bir noktası, sonsuz küçük bir küp olarak düşünülürse bu küpün yüzeylerinde meydana gelen gerilmeler, tek bir büyüklük olarak ifade edilebilir ve o noktanın *gerilme halini* belirtir. Gerilme halleri: üç boyutu aynı büyüklükte olan plakalarda *üç eksenli*; iki boyutu diğer birine oranla çok büyük olan ince plakalarda *iki eksenli*; bir boyutu diğer ikisine oranla çok büyük olan çubuk şeklindeki elemanlarda *tek eksenli* şeklinde olabilir. Şekil 3.2' de de şekiller yardımıyla gerilme halleri gösterilmiştir. [7].



Şekil 3.2 Gerilme Halleri

Tek eksenli gerilme halinde elemanın herhangi bir noktasının gerilme hali bir (σ veya τ) veya en çok iki (σ , τ) bileşenden oluşur. Elemanın kesitinde bir tek gerilme bulunduğu durumda *basit gerilme*; iki gerilme bulunduğu hale *bileşik gerilme* hali denir [6].

Yük altında bulunan asansör halatları, farklı gerilme tiplerine maruz kalmaktadır. Bu gerilme tipleri şunlardır; çekme gerilmesi, kayma gerilmesi ve eğilme gerilmesidir. Çekme gerilmesi; halatın metalik kesit alanına dik yönde uygulanan çekme kuvveti neticesinde ortaya çıkar. Halatlardaki çekme gerilmesi şu şekilde hesaplanır;

$$\sigma_{\text{ç}} = F_m / A \quad (3.3)$$

Burada, $\sigma_{\text{ç}}$ [N/mm²] çekme gerilmesi, F_m [N] çekme kuvveti ve A [mm²] metalik kesit alanıdır. Kayma gerilmesi de, çekme kuvvetinin halatın metalik kesit alanına paralel etki ettiği gerilme tipidir. Kayma gerilmesi;

$$\tau_k = F_m / A \quad (3.4)$$

şeklinde gösterilir. Burada τ_k [N/mm²] kayma gerilmesidir. Eğilme gerilmesi, halatın tambur veya kasnak çapına bağlı olarak bükülmesi sonucu ortaya çıkar. Halatın eğilme gerilmesi hesaplanırken,

$$\sigma_e = M_e / W_e \quad (3.5)$$

formülü kullanır. Bu formülde, σ_e [N/mm²] eğilme gerilmesi, M_e [Nmm] eğilme momenti ve W_e [mm³] eğilme için mukavemet momentidir. W_e mukavemet momenti de,

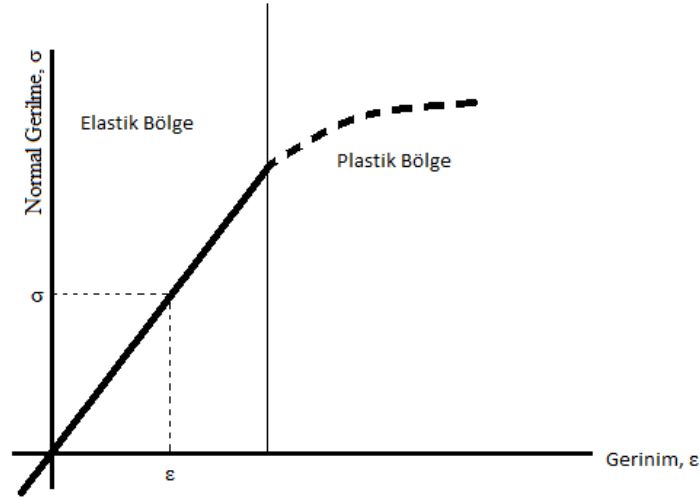
$$W_e = \pi \times d^3 / 32 \quad (\text{daireseel kesitler için}) \quad (3.6)$$

şeklinde hesaplanır. Halatların kesit alanı genellikle daireseel olduğu için, mukavemet momenti yukarıda gösterildiği şekilde hesaplandı.

3.2. ELASTİK ÖZELLİKLER

Malzeme olarak veya makina malzemesi olarak veya diğer bir amaçla kullanılan katı cisimlerin kalıcı olmayan şekil değişiklikleri elastik şekillenmelerdir. Kristalli yapıya sahip malzemelerin elastik şekil değiştirmelerinde atomlar yerlerinden ancak bir atom yarıçapından daha az mesafelere kadar ayrılabilirler. Yük kalktığında şekil değişikliği de kalkar. Metallerde

şekil değişimi genelde yük ile doğrusal orantılı olarak değişir. Şekil 3.3' te doğrusal değişen elastik uzama grafiği gösterilmiştir [5].



Şekil 3.3 Doğrusal Değişen Elastik Uzama

$$\epsilon_1 = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \quad (3.7)$$

Denklem 3.7' de elastik uzamanın hesaplanması gösterilmiştir. Elastik uzamanın karakteristiği malzemenin atom veya molekül yapısına bağlı olduğu gibi sıcaklıkla da son derece ilgilidir. Atom türü, kristal yapısı, alaşım durumu, tane büyüklüğü, tane biçimi malzemenin elastik ve plastik özelliklerini etkiler.

3.2.1. Elastisite Modülü

Elastik Bölgenin mekanik özelliğini lineer olduğu için *gerilme* (N/mm²) — *gerinim* (-) veya *kuvvet* (N) — *uzama* (mm) diyagramındaki *Hooke doğrusu* belirler. Hooke doğrusunun uzunluğu o kadar önemli değildir. Önemli olan Hooke doğrusunun eğimidir. Yani,

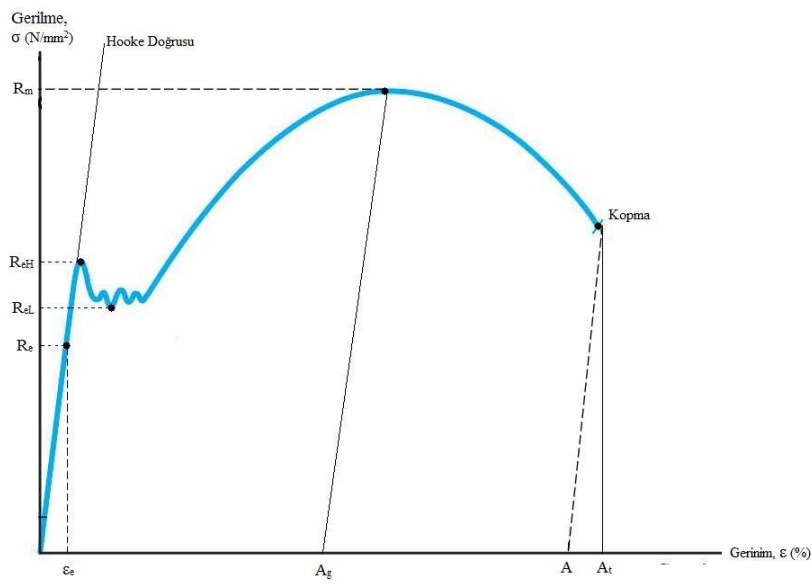
$$\text{Hooke doğrusu eğimi} = \tan \alpha = \Delta \sigma_e / \Delta \epsilon_e = E \text{ (Elastisite modülü)}$$

Hooke kanunu : Elastik bölgede kristal yapıya sahip malzemelerin bir kuvvet karşısında gösterdikleri uzama o kuvvetle lineer orantılıdır. Buradaki ifadeler gerilme ve gerinim olarak da değiştirilebilir. (Şekil 3.3) :

$\varepsilon E = \sigma$ ve genel ifadeyle :

$$\text{Elastisite Modülü } E = \frac{\sigma_e}{\varepsilon_e} \quad (3.8)$$

Elastisite modülü, bir malzemenin rijitliğini ifade eder. Aynı boyutlardaki Fe ve Al malzemeler aynı yük altında farklı elastisite modüllerinden dolayı farklı uzayacaklardır. Elastisite modülü ne kadar büyük olursa, şekil rijitliği de o kadar fazla olur. Çelikler için oda sıcaklığında hep $E = 210 \text{ kN/mm}^2$ veya 210 GPa alınır [5].



Şekil 3.4 Çeliklerin gerilme - gerinim ($\sigma - \varepsilon$) diyagramı

R_m : Çekme Dayanımı

R_{eL} : Alt Akma Sınırı

ε_e : Elastik gerinim

A : Kopma Uzaması

R_{eH} : Üst Akma Sınırı

R_e : Elastik Sınırı

A_g : Üniform Uzama

A_t : Toplam Uzama (kopmada)

3.2.2. Rezilyans

Bir malzemenin elastik şekil değişiminde absorbe ettiği enerjiyi, kuvvet kalktığında geri vermesi özelliğidir. Hooke doğrusu elastik sınırı (R_e) altında kalan alan ile ölçülür [5].

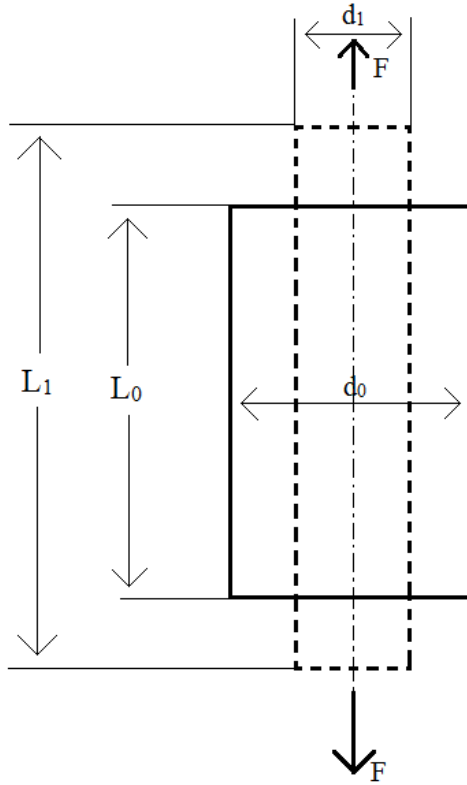
3.2.3. Poisson Oranı (Çapraz Kasilma)

Belli bir yönde yüklenen malzeme o yönde uzayacaktır. Fakat yükleme esnasında boyutlardan sadece biri değişip diğerleri sabit kalmaz. Kuvvet yönündeki boyutun değişmesiyle, malzemenin hacmi de değişmeyeceğinden, yani hacim sabit kalacağından, diğer bir yöndeki boyutta da hacim sabit kalacak şekilde değişme olur. Malzemenin uzunluğu yönünde uygulanan kuvvet çeki şeklinde ise, boyda uzama olurken eninde de kılma olacaktır. Şekil 3.5' te gösterilen silindir şeklindeki bir çubuğun boyuna etkiyen F kuvveti, çubuğun başlangıçtaki L_0 boyunu L_1 ' e getirir ve gerinim ϵ ;

$$\epsilon_{\text{boyuna}} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \text{ olur.} \quad (3.9)$$

Buna karşılık F kuvvetine dik yöndeki gerinim de;

$$\epsilon_{\text{enine}} = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \text{ olacaktır.} \quad (3.10)$$



Şekil 3.5 Boyuna ve enine (çapraz) gerinim

Bu iki birbirine dik yöndeki gerinimlerin birbirlerine oranına *çapraz kasılma* veya *Poisson oranı* denir. Metallerde Poisson oranı ν yaklaşık 0,3 olarak alınabilir.

$$\text{Poisson Oranı} \quad \nu = \frac{\varepsilon_{enine}}{\varepsilon_{boyuna}} \quad (3.11)$$

3.3. PLASTİK ÖZELLİKLER

Şekil 3.3' te de görüldüğü gibi, malzemeye gelen kuvvet (gerilme) yükseltildiğinde elastik bölgeden çıkılıp, şekillenmenin artık kalıcı hale geldiği *plastik şekillenme* bölgesine girilecektir. Bu iki bölge arasındaki gerilme sınırı *akma sınırı*' dır. Malzemenin her bir tanesindeki sonsuz sayıdaki kayma düzlemlerine gelen kayma gerilmeleri, o kayma düzlemlerinin kritik kayma gerilmelerini aşmış ve atomların dislokasyon hareketleriyle yer değişimine neden olmuşlardır. **Şekil 3.4'** e bakıldığında plastik bölgede Hooke kanunu geçerli değildir. Orası artık σ ve ε açısından elastik bölgede olduğu gibi orantılı bölge değildir. Plastik bölgede elastik bölgenin Hooke doğrusu yerini malzemeden malzemeye değişen parabolik bir eğriye bırakır [5].

Çekme diyagramı denilen $\sigma - \varepsilon$ diyagramında çekme eğrisinin Hooke doğrusunu tam terk ettiği nokta *elastiklik sınırı* (R_e)' dir. Akma sınırı elastiklik sınırından daha yüksektir.

3.3.1. Akma Sınırı, R_{eH} , R_{eL}

Bir $\sigma - \varepsilon$ diyagramında salt elastik bölge ile plastik bölge arasındaki kesin sınırı belirlemek zordur. Bu sınırın teorik olarak elastiklik sınırı R_e ile eşdeğerde olması gerekir. Uygulamada büyük önemi olan akma sınırının bilinmesi de gerekmektedir. R_{eH} *üst akma sınırını*, R_{eL} ise *alt akma sınırını* vermektedir. Mukavemet hesaplarında R_{eH} *üst akma sınırı* kullanılır ve çoğu kez R_{eH} yerine sadece R_e olarak yazılır [5].

3.3.2. Çekme Dayanımı, R_m

Çekme dayanımı, bir malzemenin kopmadan dayandığı en büyük gerilmedir. Çekme dayanımı, malzemenin kırılmasına veya kopmasına neden olan en büyük gerilme olarak da tanımlanabilir [5].

3.3.3. Kopma Uzaması, A

Kopma uzaması, metal malzemelerin çekme deneyi için yapılan numunelerin koptuğu andaki ΔL uzama miktarının L_0 başlangıç boyuna oranıdır [5].

3.4. MALZEME YORULMASI VE YORULMA DAYANIMI

Malzemelerin dinamik yük altında zamanla hasar görmeleri olayına *yorulma* denir. Yorulma hasarları genelde kırılma ya da kopma ile sonuçlanır. Malzemenin kırılmadan sonsuz sayılacak bir limit yük değişim sayısına kadar dayandığı mukavemet değerine *yorulma dayanımı* adı verilmektedir. Yorulma dayanımı değerleri statik yüklemedeki dayanımlardan bir hayli küçük gerilmelerdir. Yorulma dayanımı yükleme ve gerilme çeşidine göre değişim gösterebilir [5].

BÖLÜM 4

ÇELİK TEL HALATLARI SERVİS DIŞI BIRAKMA KRİTERLERİ

Halatların işletme emniyetinin sağlanabilmesi için sürekli olarak kontrol altında tutulmaları gerekmektedir. Halatların gözle muayenesi sonucunda kolayca görülen hususlar, halatın çalışma ömrüne etki eder ve halatın emniyetli kullanımdan çıkmasına neden olur.

4.1. TELLERİN KOPMASI

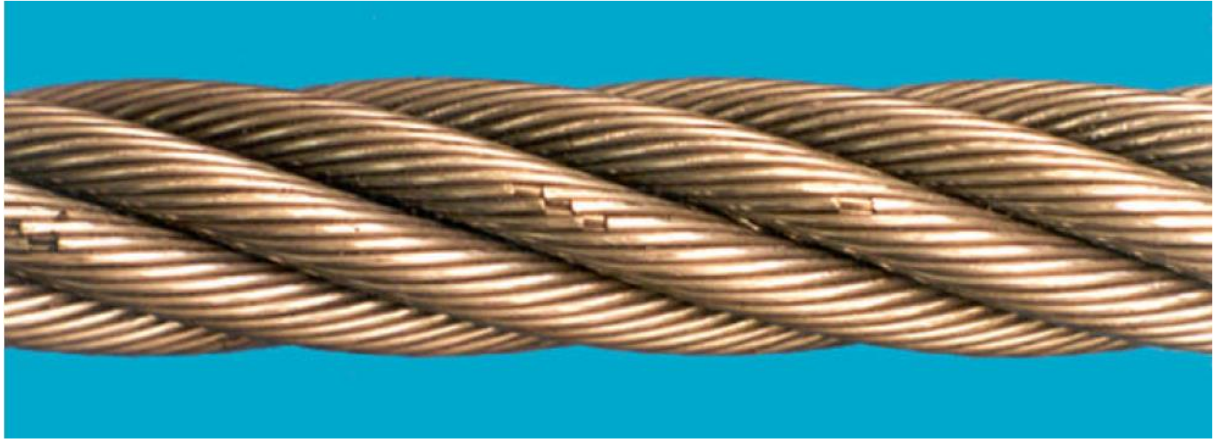
Yeni halatla çalışma durumunda ara sıra vaktinden önce kopan tellere rastlanır. Çoğu halatta görülen bu durumda kopuk tellerin ucu içeride kalacak şekilde kırılarak çalışmaya devam edilir [4].

Ancak çalışma şartları ve yorulmaya bağlı olarak zaman içerisinde tel kırıkları ve tel kırık sayılarındaki artış, halatın işletmede güvenli bir şekilde çalışmamasına neden olur. Belli periyodlarla çelik tel halatların muayeneleri yapılarak, bakım ve onarımdan geçirilir. Bu muayeneler sırasında çelik tel halatların güvenli bir şekilde çalışmasını tehlikeye atacak miktarda tel kırıklarına rastlanırsa halatlar servis dışına çıkarılarak, yenileriyle değişimleri yapılır. Hangi şartlar altında bu değişimlerin yapılacağına dair sınır değerleri standartlarla belirlenmiştir.

ISO 4344 Standardı, asansörler için Çizelge 4.1' de gösterildiği gibi, dökme demir veya çelik makara üzerinde çalışan lif özlü halatlar için görünür tel kırık sayılarının sınır değerlerini vermiştir.

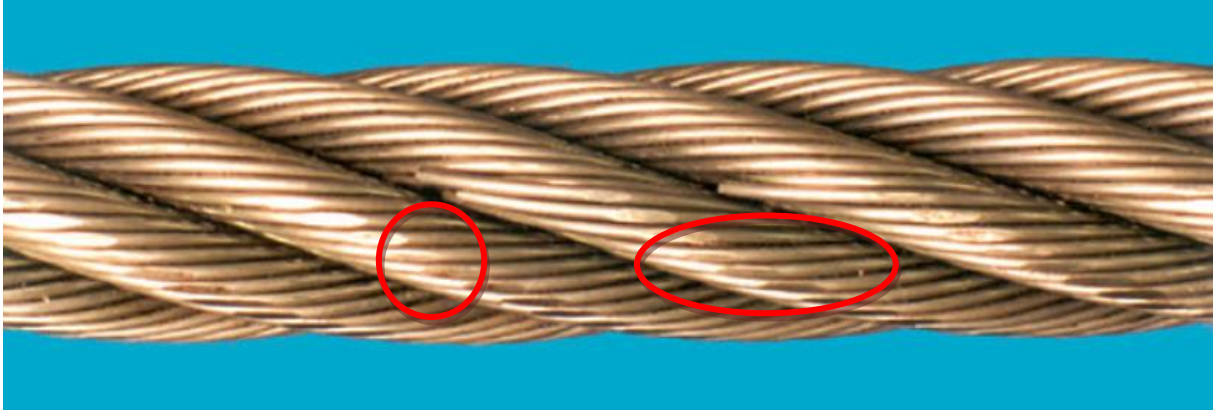
Çizelge 4.1 Görünür Tel kırıklarının sayısı [9]

DURUM	Tecrübeli kişiler tarafından düzenli olarak belirli bir periyod dahilinde bakım - onarım yapılması		Halatın derhal işletmeden çıkarılması	
	6 x 19, Lif öz	8 x 19, Lif öz	6 x 19, Lif öz	8 x 19, Lif öz
Dış demetlerin arasında rastgele yayılmış kırık teller	Bir halat adımı* 12' den daha fazla	Bir halat adımı* 15' ten daha fazla	Bir halat adımı* 24' ten daha fazla	Bir halat adımı* 30' dan daha fazla
Bir veya iki dış demette hakim olan kırık teller	Bir halat adımı* 6' dan daha fazla	Bir halat adımı* 8' den daha fazla	Bir halat adımı* 8' den daha fazla	Bir halat adımı* 10' dan daha fazla
Bir dış demette yan yana kırılan teller	4	4	4' ten daha fazla	4' ten daha fazla
Vadi tel kırıkları	Bir halat adımı* 1 tane	Bir halat adımı* 1 tane	Bir halat adımı* 1'den daha fazla	Bir halat adımı* 1' den daha fazla
* Bir halat adımı uzunluğu, yaklaşık olarak $6 \times d$ ye eşdeğerdir. (burada d nominal halat çapı)				



Şekil 4.1 Tepe tel kırıkları [14]

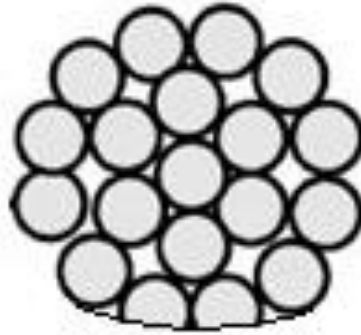
Şekil 4.1' de, halatın dış demetlerinin üzerinde meydana gelen tel kırıkları gösterilmiştir. Şekil 4.2' de ise, iki demet arasında iç tarafa doğru meydana gelen vadi tel kırıkları gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Vadi tel kırıkları [14]

4.2. HALATLARIN AŞINMASI VE YIPRANMASI

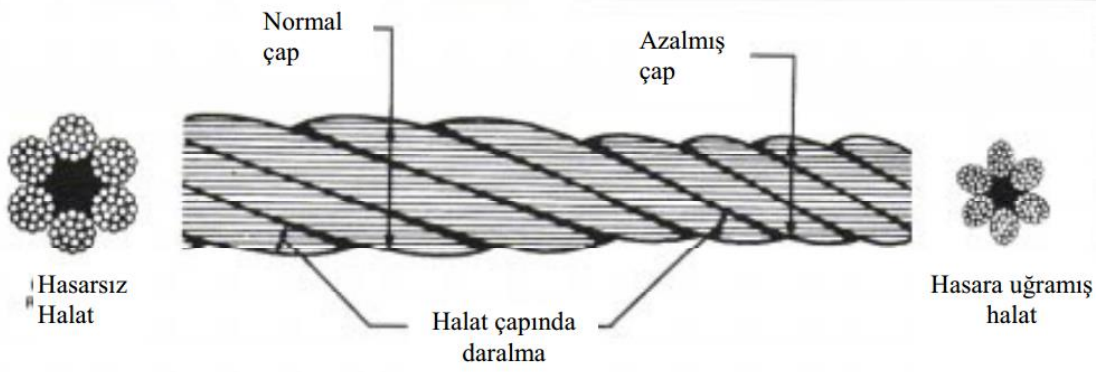
Yeni bir halatın kesitine bakıldığında halat ve demetler dairesel bir yapıya sahip olduğu görülür. Makaralarda, tamburlarda vs. aşınma nedeniyle dairesel yapı değişmektedir. Eğer aşınma miktarı halat çapının $\frac{1}{3}$ ' nü aşmışsa halat değiştirilmelidir. Şekil 4.3' te aşınmış bir halat demetinin kesiti görülmektedir [4].



Şekil 4.3 Aşınmış ve yıpranmış halat [14]

4.3. HALAT ÇAPINDA AZALMA

Halat çapının azalması kritik bir kötüleşme belirtisidir. Sebebi çoğunlukla çekirdeğin destek özelliğini kaybetmesi, iç ve dış yüzeylerde korozyon, iç yüzeylerde tel kopmaları veya aşırı aşınma olmaktadır. Tüm yeni halatlarda çalışma durumunda bir miktar çap küçülmesi görülür. Bu normal bir durumdur. Şekil 4.4' te, halatın çapında meydana gelen azalma ve bunun sonucunda hasara uğramış halat kesiti gösterilmiştir [5]. Eğer çap, nominal halat çapının % 6' sı kadar azalmış ise yenisiyle değiştirilmesi gerekmektedir [9].



Şekil 4.4 Halat çapında azalma [4]

4.4. HALAT UZAMASI

Halattaki aşırı uzama da bir kötüleşme belirtisidir. Tüm çelik halatlar kullanımları sırasında bir miktar uzamaktadır. Bu yapısal uzama olarak bilinir. Aşırı uzama durumunda ise halat değiştirilmelidir. Halat çapının azalması durumunda hatvenin de büyüdüğü görülür. Aşırı yüklenme veya halatın işletme ömrü sonucunda meydana gelen mukavemet azalması, uzamaya sebep olmaktadır [4].

4.5. KOROZYON

Bu durum aşınma olayından çok daha tehlikelidir. Halatların çapı korozyondan etkilenir ve gözle muayene korozyon durumu hakkında kesin sonuç veremez. Korozyon çoğunlukla halatın iç kısımlarında olmakta ve daha sonra yüzeye sıçramaktadır. Korozyon tellerin karakteristik rengini tamamen veya kısmen bozmaktadır. Eğer korozyon bağlantı noktalarında meydana gelmiş ise bu kısmın kesilmesi gerekmektedir. Şekil 4.5' te korozyona uğramış bir halatın resmi gösterilmiştir [14].



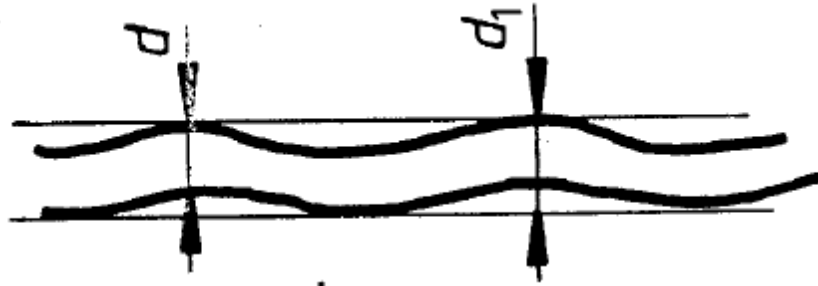
Şekil 4.5 Korozyon

4.6. BİÇİM BOZULMASI (DEFORMASYON)

Halatın normal biçiminden uzaklaşması, halat boyunca yük dağılımını bozar. Böyle durumlarda halat derhal işletmeden alınmalıdır.

4.6.1. Dalgalanma

Dalgalanma, tel halatın boyuna ekseninin helis şeklini aldığı şekil değişikliğidir. Mukavemette herhangi bir kayba yol açmamasına rağmen, böyle bir şekil değişikliği aşırı derecede ise, düzensiz halat tahrikine yol açan darbeler iletebilir. Uzun süre kullanılırsa, aşınmaya ve tel kırılmalarına sebep olabilir. Şekil 4.6' da dalgalanmanın halat üzerinde nasıl oluştuğu gösterilmiştir [10].



Şekil 4.6 Dalgalanma

4.6.2. Kuş Kafesinin Oluşumu

Çelik öze sahip olan halatlarda, dış damar ile öz arasında uzunluk farkı oluşumundan dolayı kuş kafesi meydana gelir [14]. Şekil 4.7' de kuş kafesi meydana gelmiş halat gösterilmiştir. Çoğu demette meydana gelen kuş kafesinin nedeni ani burulmadır [4]. Kuş kafesi saptanan halatlar derhal servis dışı bırakılmalıdır.



Şekil 4.7 Kuş kafesi

4.6.3. Özün veya Damarın Dışarı Çıkması

Halatın, yukarıda söz edildiği gibi, dengesiz yüklenmesi sonucu oluşan özel bir durumdur. Özü ya da merkezi dışarı taşmış bir halat hemen servis dışına çıkarılmalıdır [10]. Şekil 4.8' de özün veya damarın dışarı çıktığı halat gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Öz veya damarın dışarı çıkması [14]

4.6.4. Gam Oluşumu

Halatın kendi eksenini etrafında dönmemesinden dolayı oluşan sıkışmış halkalar, halat adımıyla dengesizliklere neden olur. Bu ise aşınmayı ve şekil bozukluklarını artırır. Bu bozukluğa uğramış halat servis dışı bırakılmalıdır [14]. Şekil 4.9, halatta meydana gelen gam oluşumunu göstermektedir.



Şekil 4.9 Gam

BÖLÜM 5

ASANSÖR HALATLARININ DENEYSEL GERİLME ANALİZİ

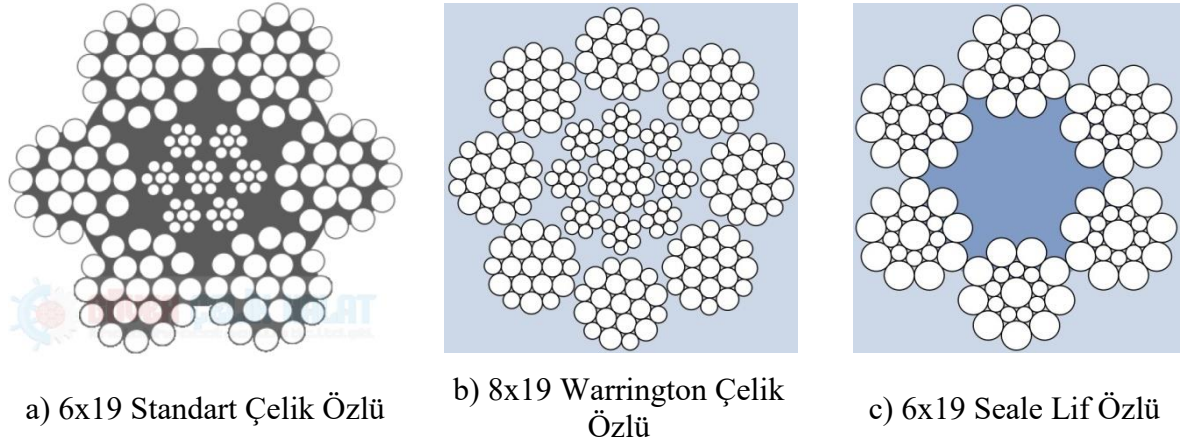
Çelik halatlar asansörlerde istenilen bütün şartları yerine getirirler. Küçük çaplarda yüksek mukavemet değerleri vardır. Her yöne eğilip bükülebilirler. Kendi öz ağırlıkları taşıma güçlerine karşın çok küçüktür. Bakımları gayet kolaydır. Asansörlerde kullanılacak çok çeşitli kesitte çelik halat vardır. Genel olarak yuvarlak kesitli halatlar asansörlerde kullanılır.

Asansörlerde kullanılan çelik tel halatlar işletme sırasında, hem tambur üzerinde meydana gelen eğilme nedeniyle yorulmaya hem de tambura temas ettiği noktada aşınmaya maruz kalırlar. Ayrıca eksenel yük altında çalışan halatlarda zaman içerisinde oluşan yorulmalara bağlı olarak tel kırıkları da gözlenmektedir. Bu etkilere ek olarak, çalışma ortamındaki çevre koşullarına bağlı olarak, çelik tel halatlar korozyona uğrayabilir. Bu tür etkilere maruz kalan halatların çekme dayanımında düşüş yaşanır. Halatlarda meydana gelen hasarların çekme dayanımına etkilerinin bilinmesi, güvenli çalışma şartlarının sağlanması açısından büyük bir öneme sahiptir.

Bu tez çalışmasında, yukarı da belirtilen etkiler ve bunlara bağlı olarak meydana gelen hasarlar göz önünde bulundurularak, laboratuvar ortamında çelik tel halatlara yapay kusurlar verilmiştir. Bu çalışma için 3 farklı çelik tel halat kullanılmıştır. Verilen kusurlar sonrasında halat numuneleri çekme işlemi için hazır hale getirilerek çekme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çekme deneyleri sonucunda, tüm halat numuneleri için çekme yükü (F_m), gerilme (σ) ve uzama oranı (ϵ , %) değerleri elde edilmiştir. Bulunan bu değerler karşılaştırılarak, çekme yüküne en çok etki eden parametre ve bu parametreden en çok etkilenen halat tipi tespit edilmiştir.

5.1. DENEYLERDE KULLANILAN ÇELİK TEL HALATLAR

Bu tez çalışmasında 3 farklı kompozisyona sahip çelik tel halatlar kullanılmıştır. Kullanılan çelik tel halatların çapları birbirine eşit seçilmiştir. Ayrıca, 3 halat tipinde de tel anma dayanımları aynıdır. Ancak halatların özlüleri birbirinden farklılık göstermektedir. Şekil 5.1 de kullanılan halatların kesitleri gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Çelik Tel Halatların Kesitleri

Şekil 5.1a' da 6x19 Standart Çelik Özlü tel halatın kesiti görülmektedir. Her biri eşit çapta 19 adet telden meydana gelmiş 6 demetten oluşmaktadır. Demetler IWRC (Independent Wire Rope Core) denilen bir çelik özün etrafına sarılarak, halat yapısını oluşturmaktadır. Bu halat tipi asansörlerde, madencilikte, vinçlerde, vs. birçok yerde kullanılan genel amaçlı bir halat çeşididir. Esneklik ve aynı zamanda aşınmaya karşı dayanımı yüksektir. Çizelge 5.1'de 6x19 Standart Çelik Özlü tel halatın teknik özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 6x19 Standart Çelik Özlü tel halatın teknik özellikleri

Çap	6 mm
Tasarım	1*7 + 6*7 + 6*19
Sarım Yönü	Sağ sarım
Birim ağırlık	0,137 kg/m
Tel Anma Dayanımı	1770N/mm ²
Minimum Kopma Yüğü	26,41 kN

Yukarıdaki çizelgede de görüldüğü gibi halat çapı 6 mm olup, tellerin sarım yönü sağ sarımlıdır. Tel anma dayanımı 1770 N/mm^2 olan halatın minimum kopma yükü de 26,41 kN'dur.

Şekil 5.1b' de 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halatın kesiti görülmektedir. Halatın özü, farklı çaptaki tellerden meydana gelmiş IWRC olarak adlandırılan çelik özdür. Çelik özün etrafına yine farklı çaptaki 19 telin bir araya gelerek oluşturduğu 8 adet demet sarılmıştır. Bu şekilde halat kompozisyonu oluşturulmuştur. 8x19 Warrington Çelik Özlü halat, insan ve yük taşıma amaçlı her türlü asansörlerde kullanılmaktadır. Bu halatlar esnek ve dış telleri kalın olup aşınma dayanımları iyidir. Çizelge 5.2'de 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halatın teknik özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halatın teknik özellikleri

Çap	6 mm
Tasarım	1*16 + 8*7 + 8*19
Sarım Yönü	Sağ sarım
Birim ağırlık	0,164 kg/m
Tel Anma Dayanımı	1770 N/mm^2
Minimum Kopma Yükü	26,8 kN
Metalik Kesit Alanı	$18,5 \text{ mm}^2$

Bu halatın çapı da 6 mm'dir. Ancak 6x19 Standart Çelik Özlü halata kıyasla birim ağırlığı daha fazladır. Bunun sebebi, demet sayısı daha fazla olduğundan tellerin daha sıkı bir düzen içinde sarılmasıdır. Tel anma dayanımları da eşit olmasına rağmen minimum kopma yükü biraz daha fazladır.

Şekil 5.1c' de 6x19 Seale Lif Özlü tel halatın kesiti görülmektedir. Halatın öz kısmı diğer halatlardan farklı olarak çelik özlü değil, sentetik tabanlı lif özlüdür. Lif özün etrafına 6 adet demet sarılarak bu halat tipi yapılmıştır. Halatın bir demeti, merkez telin etrafına 2 farklı çaptaki telin kademeli olarak sarılmasıyla oluşturulmuştur. Seale kompozisyonlar en az esnekliğe sahip halatlardır. Aşınma ve ezilme mukavemetleri ile sağlamlıkları mükemmeldir. Çizelge 5.3'de 6x19 Seale Lif Özlü tel halatın teknik özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.3 6x19 Seale Lif Özlü tel halatın teknik özellikleri

Çap	6 mm
Tasarım	6*19
Sarım Yönü	Sağ sarım
Birim ağırlık	0,1341 kg/m
Tel Anma Dayanımı	1770N/mm ²
Minimum Kopma Yüğü	24,52 kN

Diğer iki halatımızda olduğu gibi 6x19 Seale Lif Özlü halatın çapı da 6 mm'dir. Bu halat lif özlü olduğu için diğer halatlara göre birim ağırlığı en az olan halat tipidir. Tel anma dayanımı da 1770 N/mm²'dir. Sağ sarımlıdır.

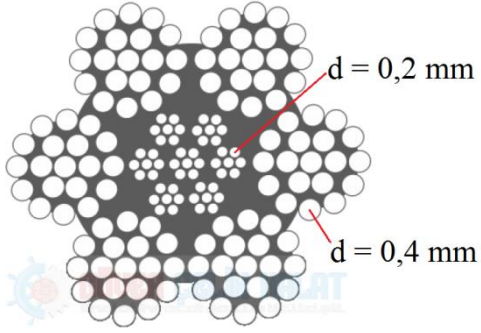
5.1.1. Halatların Metalik Kesit Alanı ve Belirlenmesi

Deneylerde kullanılan çelik tel halatların kesit alanını belirlerken, 6 mm olan çap değerlerini kullanamayız. Çünkü dairesel kesitli teller sarılarak bir araya gelirken, teller arasında çok küçükte olsa boşluklar meydana gelir. Bu nedenle 6 mm çapa karşılık gelen alandan boşlukların toplam alanını çıkardığımız zaman metalik kesit alanını elde etmiş oluruz. Deneylerde kullanmamız gereken kesit alanı da metalik kesit alanıdır.

Metalik kesit alanını belirlemek için genel olarak izlenen yöntem; halatların çapına karşılık gelen kesit alanını, halatların kompozisyonuna bağlı olarak değişen dolgu faktörü veya metalik kesit faktörü ile çarpmaktır. Ancak, bu tez çalışmasında metalik kesit alanlarını belirlemek için daha farklı bir yol izlendi. Halat çaplarına karşılık gelen kesit alanlarını dolgu faktörü ile çarpmak yerine, mikrometre yardımıyla tel çapları ölçülerek metalik kesit alanları belirlendi. Bunun nedeni, dolgu faktörü ile çarparak elde edilen metalik kesit alanlarına karşılık daha kesin ve hassas bir sonuç elde etmektir.

Deneylerde kullanılan halatlar arasında, 8x19 Warrington Çelik Özlü halatın metalik kesit alanı fabrikadan gelen teknik özellikler tablosunda 18,5 mm² olarak belirtilmiştir. Bu nedenle, bu halatın metalik kesit alanından tam olarak emin olduğumuzdan dolayı, sadece 6x19 Standart Çelik Özlü ve 6x19 Seale Lif Özlü çelik tel halatlar için metalik kesit alanı hesabı yapıldı.

6x19 Standart Çelik Özlü Tel Halat



Öz, her biri 6 telden toplam 7 demetten meydana gelmiştir.

Özün kesit alanı;

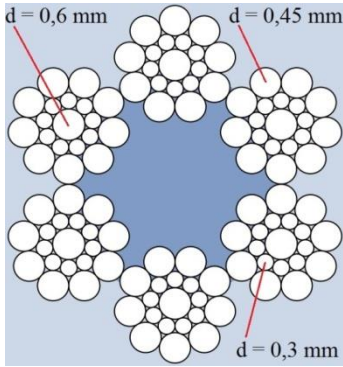
$$(\pi \times 0,2^2 / 4) \times 6 \times 7 = 1,319 \text{ mm}^2$$

Demetler, her biri 19 telden toplam 6 adettir. Demetlerin toplam kesit alanı;

$$(\pi \times 0,4^2 / 4) \times 19 \times 6 = 14,326 \text{ mm}^2$$

Toplam metalik kesit alanı; $1,319 + 14,326 = 15,645 \text{ mm}^2$ olarak bulunur.

6x19 Seale Lif Özlü Tel Halat



$$1 \times (\pi \times 0,6^2 / 4) = 0,283 \text{ mm}^2$$

$$9 \times (\pi \times 0,3^2 / 4) = 0,636 \text{ mm}^2$$

$$9 \times (\pi \times 0,45^2 / 4) = 1,432 \text{ mm}^2$$

$$0,283 + 0,636 + 1,432 = 2,351 \text{ mm}^2$$

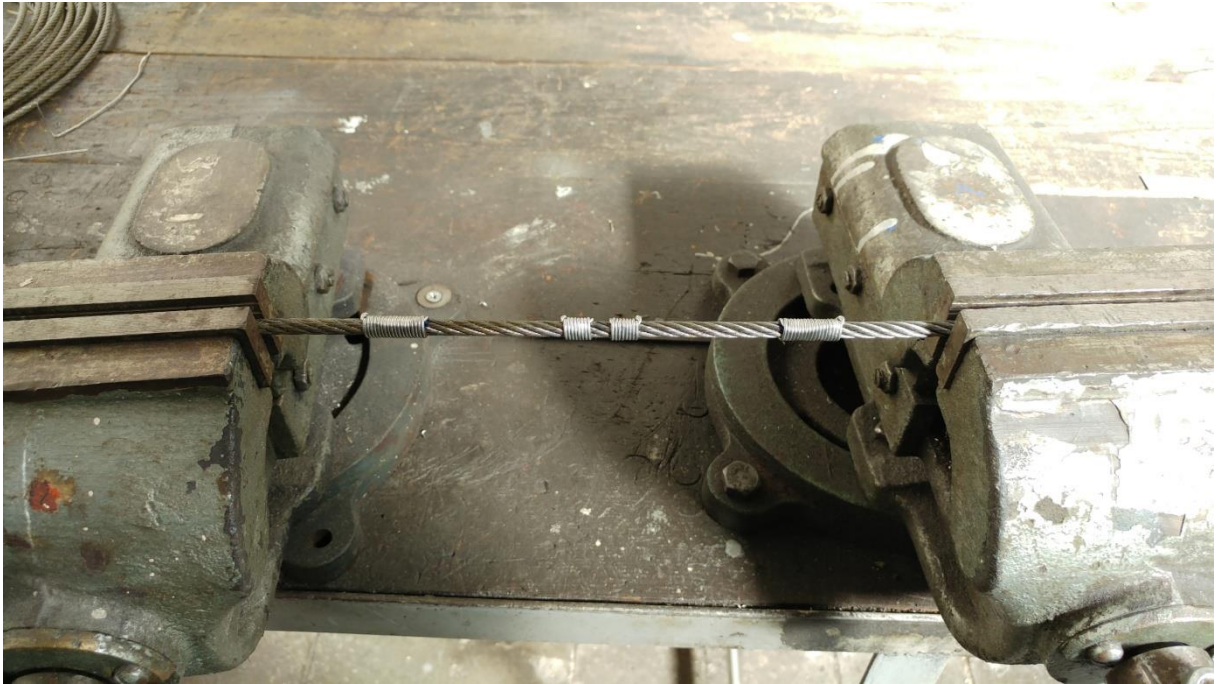
Toplam metalik kesit alanı; $6 \times 2,351 = 14,106 \text{ mm}^2$ olarak bulunur.

Bu halat lif özlü olduğu için metalik kesit alanı sadece demetler üzerinden hesaplanmıştır.

Demetler, 3 farklı çapta telin sarılmasıyla oluşmuştur. Ortada 0,6 mm çapında merkez tel, onun etrafında 0,3 mm çapında 9 adet tel ve en dışta 0,45 mm çapında 9 adet tel bulunmaktadır. 1 adet demetin toplam kesit alanı;

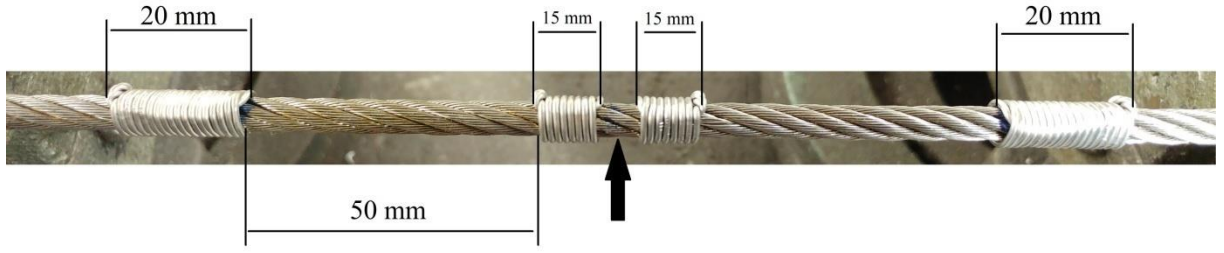
5.2. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

"TS EN 12385-1+A1" standardına göre deneylerde kullanılan halatların çaplarına bağlı olarak numunelerin serbest uzunlukları belirlenir. En küçük serbest numune uzunluğu, 6 mm çapında olan halatlar için 300 mm olarak verilmiştir. Halatın her iki ucundan 65' er mm beyaz döküm uç bağlantısının yapılabilmesi için pay bırakılmıştır. Bu nedenle halat numunelerimiz 430 mm uzunluğunda kesilir. Aralarındaki mesafe bu işleme uygun olacak şekilde 2 adet mengene önceden sabitlenir. Daha sonra çelik tel halat, mingenelerin çenelerine Şekil 5.2' de görüldüğü gibi gerdirilerek bağlanır [19].



Şekil 5.2 Halatın mengeneyle bağlanması

Mengeneyle Şekil 5.3' teki gibi bağlanan halat, 1.2 mm çapında lehim teli ile en uç noktasından 15 mm ve ucundan 65 mm aşağıdan itibaren 20 mm olacak şekilde bağlanır. Lehim teli, halatın dış yüzeyine, kaymayacak şekilde sıkı bir halde gerdirilerek sarılır. Halat bu şekilde bağlandıktan sonra, kesme taşı kullanılarak, Şekil 5.3'te ok ile gösterilen noktadan kesme işlemi yapılır. Bu işlemler tekrarlı şekilde yapılarak, halatın her iki ucu lehim teli ile bağlanmış bir halde tellerine ayrılma işlemi için hazır hale getirilir.



Şekil 5.3 Halatın lehim teli ile bağlanması

Kesme işleminden sonra istenilen uzunlukta olan halat numunesi Şekil 5.4'te görülmektedir.



Şekil 5.4 İstenilen uzunlukta kesilmiş halat numunesi

Sonraki adımda halatı tellerine ayırmak için kesilen numune Şekil 5.5'de gösterildiği şekilde mengeneye tekrar bağlanır.



Şekil 5.5 Tellerine ayırma işlemine hazır numune

Halatı mengeneye şekilde gösterildiği gibi bağladıktan sonra, halatın uç kısmında bulunan 15 mm'lik lehim teli açılır. Önce halatın demetleri birbirinden ayrılır, daha sonra da her bir demet

ayrı ayrı tellerine ayrılır. Halatın ucundan 65 mm aşağıya kadar olan kısım tellerine ayrılarak saçak haline getirilir. Tellerine ayrılmış halat numunesi Şekil 5.6'da gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.6 Tellerine ayrılmış halat numunesi

Şekil 5.6a' da tellerine ayrılmış halat numunesi yağlı ve kirli bir durumdadır. Bir sonraki aşama olan döküm işlemine geçilmeden önce halatın yağından ve kirinden arındırılması gerekmektedir. Kuvvetli bir çözücü olan benzin, bu işlem için kullanılmaktadır. Şekil 5.7'de halatın tellerine ayrılmış kısmının, benzin yardımıyla yağından ve kirinden arındırılması gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Halatın temizlenmesi

Temizleme işleminden sonra, yağdan ve kirinden arındırılmış halat numunesinin telleri Şekil 5.6b'de gösterilmektedir. Halat numuneleri döküm işlemi için hazır hale getirilmiştir.

Çelik tel halatlarla çekme testi yapılmak istendiği zaman, halatlar çekme cihazının çenelerine doğrudan bağlanmaz. Çünkü, çelik tel halatların yüzeyi düzgün dairesel yapıya sahip olmadığından çenelerle tam temas sağlanmaz. Çekme testi yapılırken, halat numuneleri çenelerden sıyrılabilir. Böylece çekme testi doğru sonuçlar vermez. Bu nedenle, halatlar çekme testine tabi tutulmadan önce, "TS 270 - Tel Halatların Muayenesi" standardında belirtildiği şekilde, halat numunelerinin her iki ucuna beyaz metalden bir baş hazırlanır. Bu baş hazırlanırken kullanılan beyaz metal alaşımının bileşimi Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

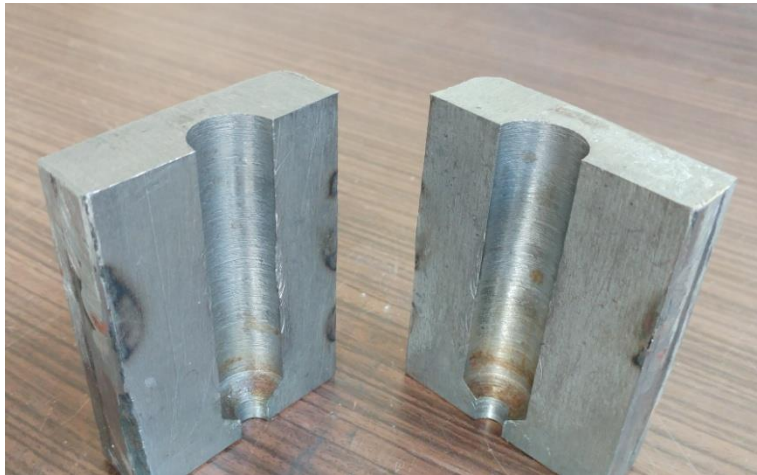
Çizelge 5.4 Beyaz metal alaşımının bileşimi [17]

Kalay	%5±0,25
Antimon	%15±0,50
Çinko	bulunmayacak
Toplam Safsızlıklar	%0,20 max
Kurşun	Kalanı



Şekil 5.8 Ergitme ocağı

Beyaz metal alaşımı yaklaşık 355 °C sıcaklıkta döküm için hazır hale gelmektedir. Bu işlem için, Şekil 5.8'de gösterilen, Nüve MF 200 marka ergitme ocağı kullanılmıştır. 1300 °C sıcaklığa kadar çıkabilen bu ocakta, beyaz metal alaşımı resimde görülen potanın içinde eritilmiştir. Uç kısımları tellerine ayrılan halat numuneleri benzin yardımıyla temizlendikten sonra Şekil 5.9a'da gösterilen kalıbın içine yerleştirilerek, Şekil 5.9b'de ki gibi mengeneyle sabitlenmiştir. Bu noktadan sonra, ergitme ocağının içinde eritilen beyaz metal alaşımı kepçe yardımıyla hızlı bir şekilde kalıbın içine dökülmüştür.



(a)



(b)

Şekil 5.9 Kalıp ve halat numunesinin kalıba yerleştirilmesi

Döküm işlemi için kullanılan kalıbın döküm boşluğu çapı 16 mm, halat numunesinin yerleştirildiği alttaki boşluğun çapı ise 6 mm' dir. Halat numunesinin açılan tellerinin yerleştirildiği döküm boşluğunun yüksekliği de 65 mm'dir. Döküm işleminden sonra soğuyarak katılaşan beyaz metal alaşımı, halat numunesinin tellerini kavrayarak, Şekil 5.10'da görüldüğü gibi çekme cihazının çenelerine bağlanmaya hazır hale gelmiştir.



Şekil 5.10 İki ucuna beyaz metalden bir baş hazırlanmış halat numunesi

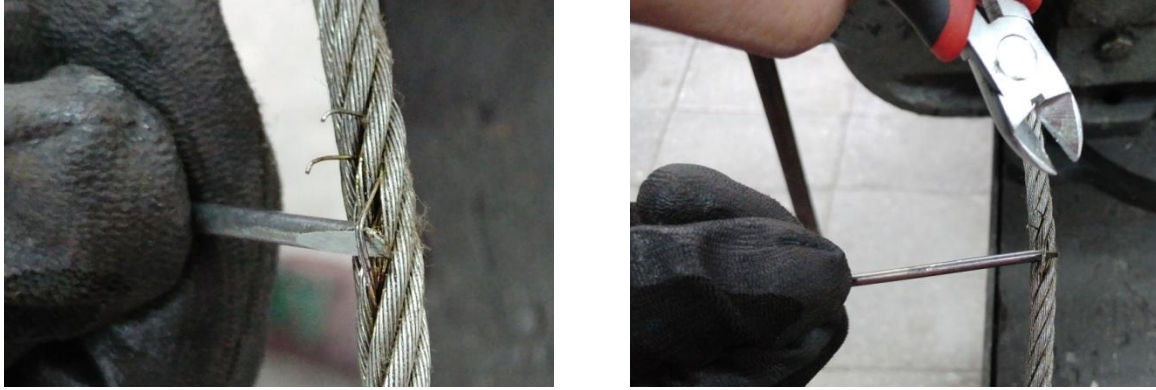
Döküm işleminin ardından halat numunelerine, "ISO 4344 - Steel Wire Ropes for Lifts - Minimum Requirements" uluslararası standartlarına uygun şekilde Çizelge 5.5'te gösterilen hasar kriterleri uygulanmıştır.

Çizelge 5.5 Halat numunelerine uygulanan hasar kriterleri

Hasar Kriterleri \ Halat çeşitleri	6x19 Standart Çelik Özlü	8x19 Warrington Çelik Özlü	6x19 Seale Lif Özlü
Halatın tamamında rastgele kırık tel sayısı**	12 ^{1*}	15	12
	18 ^{2*}	22	18
	24 ^{3*}	30	24
Bir veya iki demette toplam kırık tel sayısı**	6 ^{4*}	8	6
	7 ^{5*}	9	7
	8 ^{6*}	10	8
Bir demette bitişik kırık tel sayısı**	4 ^{7*}	4	4
	6 ^{8*}	6	6
Korozyon	8 saat ^{9*} 16 saat ^{10*}	8 saat 16 saat	8 saat 16 saat
Aşınma	$\frac{1}{11} = 100 \text{ mm}$	$1 = 100 \text{ mm}$	$1 = 100 \text{ mm}$
	0.1 mm	0.1 mm	0.1 mm
Sağlam Halat	Tek tip ^{12*}	Tek tip	Tek tip
Hasar Kriteri Sayısı	12	12	12
	12 + 12 + 12 = 36		
Aynı tip hasar kriterine sahip her bir halat için 3 numune hazırlanacağından	3 x 36 = 108 adet (toplam numune sayısı)		
* Numunelerin numarası	** Tel kırıkları 6 x d aralığında verilmiştir.		

Yukarıdaki çizelgede, 3 farklı halat kullanıldığı ve her bir halat tipi için uygulanacak hasar kriterleri gösterilmiştir. Hasar kriterlerini tel kırığı, korozyon ve aşınma diye üç ana sınıfa ayrılmıştır. Bu hasar kriterleri, halat numunelerine laboratuvar ortamında yapay bir şekilde verilmiştir. Her halat çeşidi için 11 tane farklı tahribata sahip numune ve bir tane de hasarsız halat olmak üzere toplam 12 farklı numune hazırlanmıştır. Deney sonuçlarının daha güvenilir olması açısından her bir hasar çeşidinden üçer adet hazırlanarak, aynı deneyler üçer defa tekrarlanmıştır. Böylece her halat çeşidi için 36 numune, toplamda da 108 adet numunemiz olmuştur.

Asansörlerde kullanılan çelik tel halatlarda, zaman içerisinde yorulmadan ve aşırı gerilmeden kaynaklı tel kırıkları gözlemlenebilir. Birinci hasar kriterimiz olan tel kırıkları, Şekil 5.11'de gösterildiği gibi halat numunelerine verilmiştir. Tel kırıkları halat numunelerimizin tam ortasından olmak üzere $6 \times d$ mesafe aralığında - $6 \times 6 = 36$ mm - verilmiştir. İnce bir metal çubuk sayesinde kaldırılan tel, keski yardımıyla kesilerek bu işlem gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.12' de, tel kırıkları verilmiş halat numunesi görülmektedir.



Şekil 5.11 Halat numunelerine tel kırıkları oluşturulması



Şekil 5.12 Tel kırıkları verilmiş halat numunesi

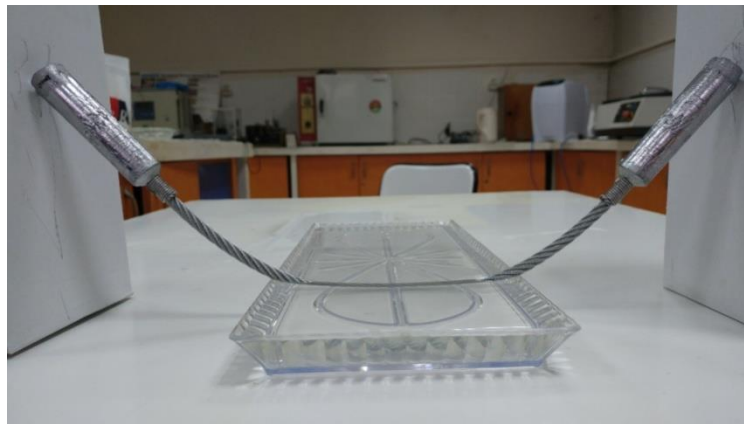
Asansör sistemlerinde, çelik tel halatlar kasnak veya tamburlar ile beraber çalışırlar. Halatın, tambura veya kasnağa temas ettiği yüzeyinde sürtünmeden dolayı aşınma meydana gelir. İkinci

hasar kriterimiz olan aşınmanın halatın dayanımına etkisini incelemek için, halat numunelerinin tam ortasından 100 mm'lik mesafe boyunca 0,1 mm talaş kaldırılarak, bu hasar kriteri oluşturulmuştur. Şekil 5.13'te, aşınma hasar kriteri verilmiş halat numunesi görülmektedir.



Şekil 5.13 Aşınmış halat numunesi

Üçüncü hasar kriterimiz, çelik tel halatın dış ortamlardan kaynaklanan ve kimyasal yapısında değişimine neden olan korozyondur. Halatın korozyon hızını etkileyen asidik çözelti (H_2SO_4) kullanılarak kısa zamanda korozyona uğramış ve mukavemetinde düşüş yaşanmış halat numuneleri elde edilmiştir. Bu işlem için halatlar 8 ve 16 saat boyunca %30' luk sülfirik asit çözelti içerisinde bekletildi [18]. %30' luk sülfirik asit çözeltisi hazırlanırken, %99 saflıktaki sülfirik asitten ağırlıkça %30 ve saf sudan da ağırlıkça %70 karıştırılmıştır. Şekil 5.14' de asidik çözelti içinde bekletilen halat numunesi, Şekil 5.15' de ise korozyona uğramış halat numunesi görülmektedir.



Şekil 5.14 Asidik çözelti içinde bekletilen halat numunesi



Şekil 5.15 Korozyona uğramış halat numunesi

Çizelge 5.6' da halat numunelerinin korozyona uğraması için asidik çözelti içerisinde bekletilme sürelerine göre ağırlık kayıpları gösterilmiştir. Çelik tel halat numuneleri asidik çözelti içerisine bırakılmadan önce hassas terazi ile ağırlıkları ölçülmüştür. 8 saat ve 16 saat olmak üzere 2 farklı zaman süresince asidik çözeltiye maruz kalan halat numunelerinde korozyon etki sonucu ağırlıklarında azalma meydana gelmiştir. Korozyon etki sonunda halat numunelerinin tekrar hassas terazi ile ağırlıkları ölçülmüştür. Çıkan değerler karşılaştırılarak her bir halatın ağırlığının yüzde kaçını kaybettiği hesaplanmıştır. Çıkan yüzde değerlerde tablo halinde sunulmuştur.

Çizelge 5.6 Korozyona uğramış numunelerin ağırlıklarının azalması

Numune Adı	Süre (h)	İlk Ağırlık (gr)	Son Ağırlık (gr)	Yüzde Azalma (%)
6x19 Standart_1	8	376,54	376,01	0,140755298
6x19 Standart_2	8	366,24	365,6	0,174748798
6x19 Standart_3	8	376,68	376,08	0,159286396
6x19 Standart_1	16	373,02	372,64	0,101871213
6x19 Standart_2	16	378,37	377,79	0,153289108
6x19 Standart_3	16	382,2	381,84	0,094191522
8x19 Warrington_1	8	381,75	381,65	0,026195153
8x19 Warrington_2	8	378,34	378,27	0,018501876
8x19 Warrington_3	8	382,95	382,91	0,010445227
8x19 Warrington_1	16	382,46	382,4	0,015687915
8x19 Warrington_2	16	381,89	381,81	0,02094844
8x19 Warrington_3	16	377,36	377,19	0,045049819
6x19 Seale_1	8	381,39	378,57	0,739400613
6x19 Seale_2	8	381,67	378,7	0,778159142
6x19 Seale_3	8	379,16	376,14	0,79649752
6x19 Seale_1	16	383,03	380,17	0,746677805
6x19 Seale_2	16	378,34	375,69	0,700428186
6x19 Seale_3	16	381,38	378,57	0,736797944

3 farklı halat kompozisyonuna sahip tüm halat numunelerine standartlara uygun bir şekilde laboratuvar ortamında verilen yapay tahribatlardan sonra çekme deneylerine başlanmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan çekme cihazı Şekil 5.16'da, çekme cihazına ait teknik özelliklerde Çizelge 5.6' da gösterilmiştir.

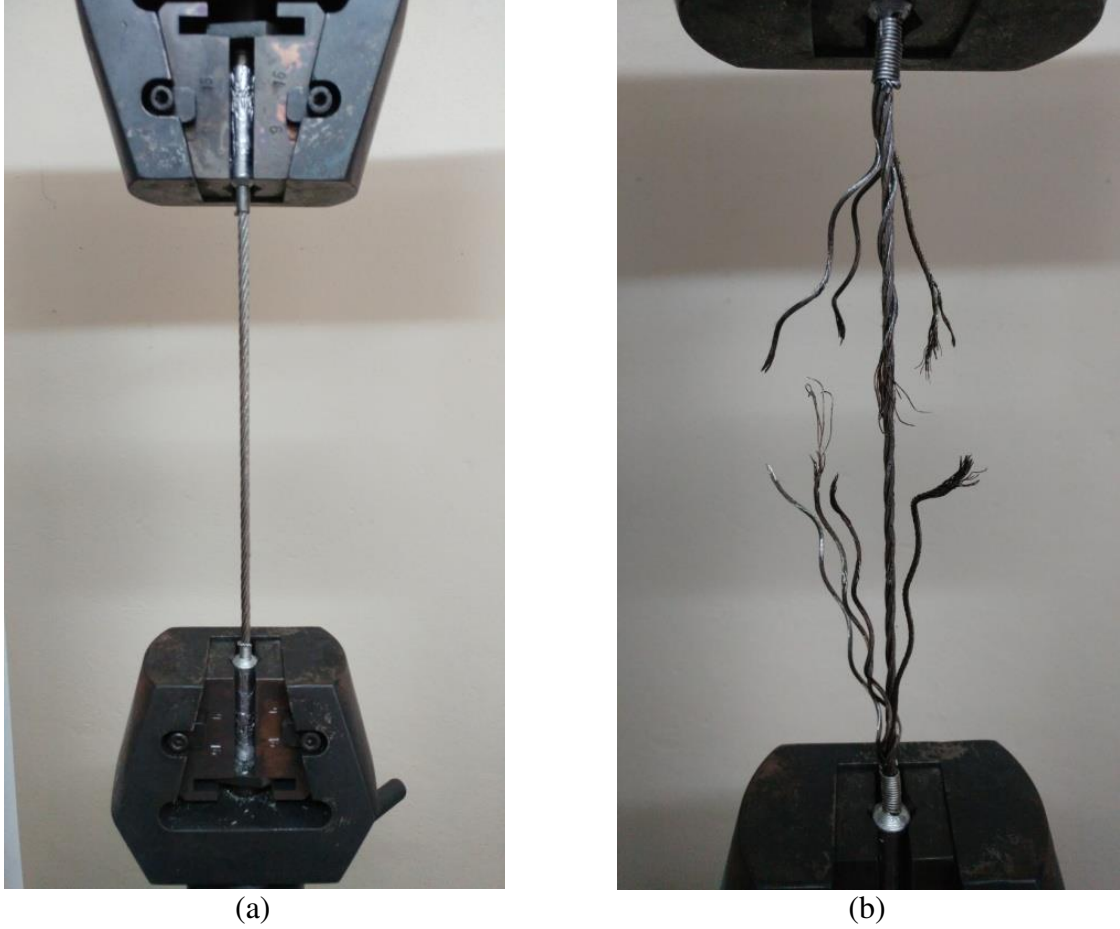


Şekil 5.16 Elektromekanik Çekme-Basma Cihazı

Çizelge 5.7 Elektromekanik çekme-basma cihazının teknik özellikleri

Kapasite	100 kN
Yükleme	Elektro mekanik servo motorlu
Test hızı aralığı	0,001 - 1000 mm/dk
Kolonlar arası mesafe	600 mm
Güç	1300 W

Bilgisayar kontrollü ve elektromekanik yüklemeli, 100 kN kapasiteli çekme-basma cihazında tüm halat numunelerine çekme testi uygulanmıştır. Halat numunelerinin çekme cihazına bağlanması Şekil 5.17a'da, çekme testi yapılmış ve kopmuş halat numunesi ise Şekil 5.17b'de gösterilmiştir.



Şekil 5.17 Çekme cihazına bağlanan halat numunesi

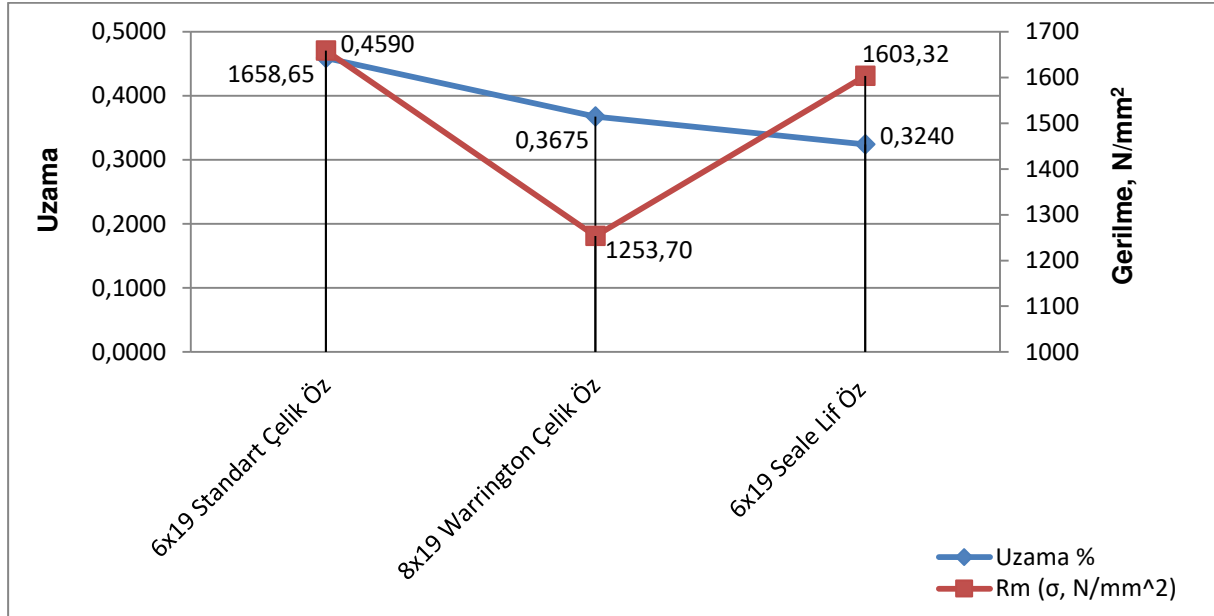
Tüm halat numuneleri tek tek çekme cihazına bağlanarak çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Testlerin sonucunda, halat numunelerinin çekme dayanımında ki değişim, uzama ve gerilme değerleri elde edilmiştir.

5.3. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında; farklı konstrüksiyona sahip çelik tel halatlara, laboratuvar ortamında yapay kusurlar verilmiştir. Bu kusurlardan sonra çekme testine tabi tutulan halatların çekme kuvvetinde ve çekme gerilmesinde meydana gelen değişimler ile yüzde uzama miktarları

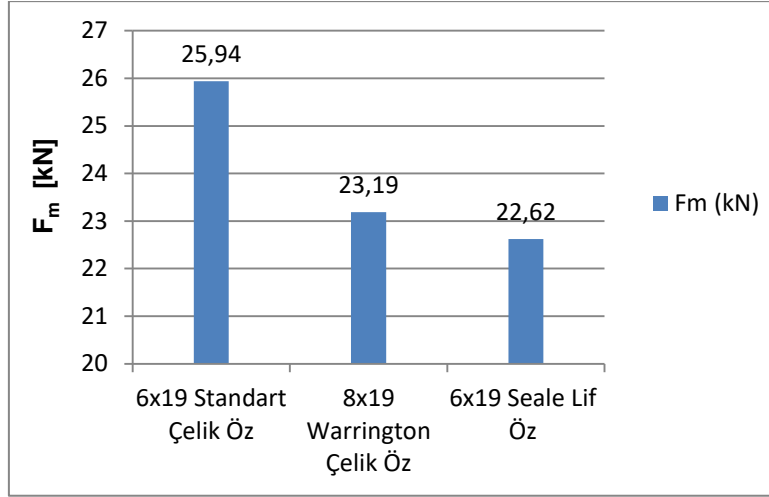
incelenmiştir. Elde edilen sonuçların irdelenmesi, farklı tipteki halatların mekanik özelliklerini karşılaştırmamızı sağlamıştır. Hem aynı halat üzerinde meydana gelen farklı hasar türlerinin etkisi hem de farklı halatlar üzerinde aynı tür hasar kriterlerinin etkisi incelenmiştir ve sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Bu tablolar yardımıyla, asansör sistemlerinde daha güvenli işletme koşulları sağlanması adına güncel bir kaynak oluşturulmuştur.

Yapılan çekme testlerinden elde edilen veriler değerlendirilerek, sonuçlar grafikler halinde karşılaştırılarak verilmiştir. Şekil 5.18'de herhangi bir kusur verilmemiş çelik tel halatların test sonuçları gösterilmiştir.



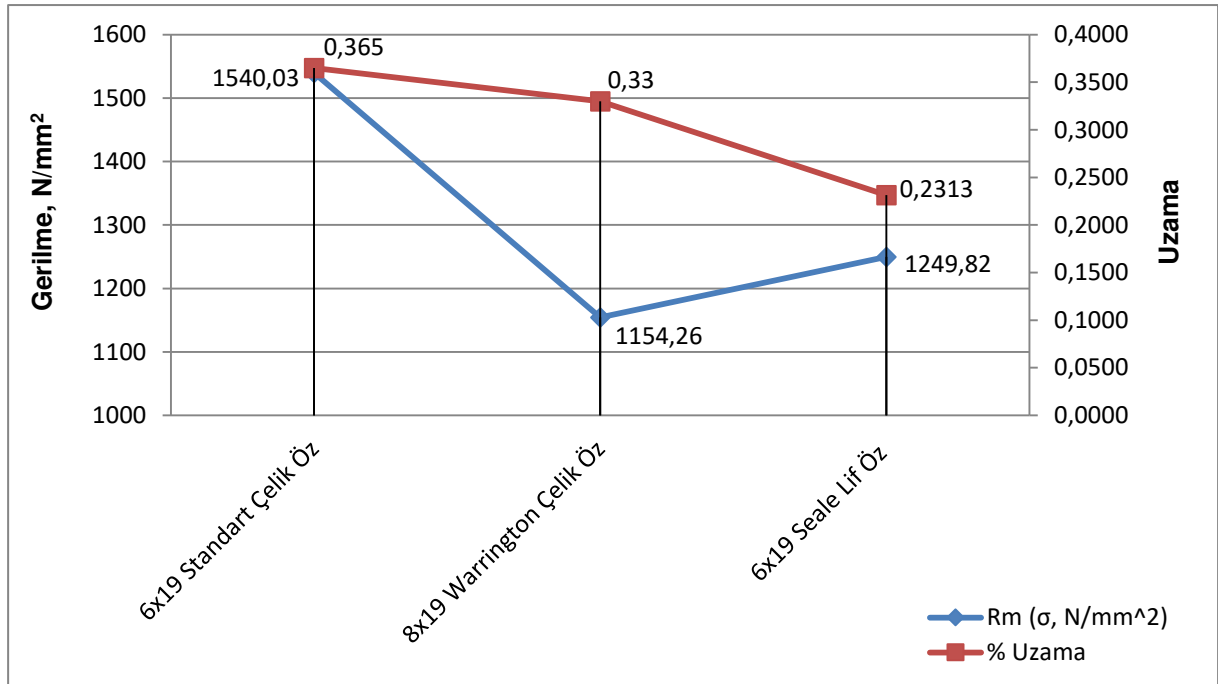
Şekil 5.18 Hasarsız halat numuneleri için gerilme - uzama grafiği

3 farklı tipteki hasarsız halat numunelerinden biri olan 6x19 Standart Çelik Özlü halat, $1658,65 N/mm^2$ gerilme değeri ile en yüksek değere sahiptir. Uzama(%) miktarları göz önüne alındığında ise %0,4590 ile yine 6x19 Standart Çelik Özlü halatın en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Şekil 5.19' a bakıldığında ise hasarsız halat numunelerinin çekme dayanımları karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.19 Hasarsız halat numunelerinin çekme dayanımları

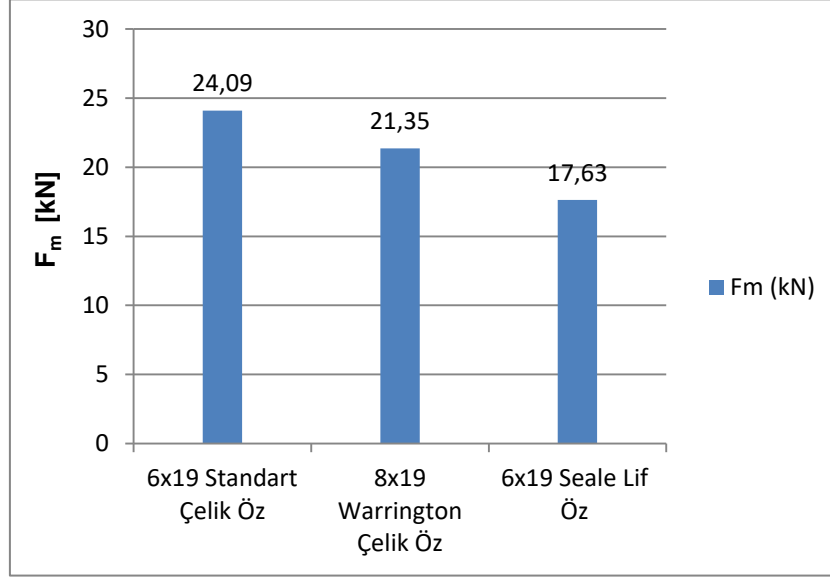
Herhangi bir hasar verilmemiş numuneler arasında, çekme dayanımı en yüksek halat tipi 6x19 Standart Çelik Özlü tel halattır. Bu halatın çekme dayanımı, yapılan çekme testleri sonucunda 25,94 kN olarak tespit edilmiştir. Sırasıyla 8x19 Warrington Çelik Özlü ve 6x19 Seale Lif Özlü halat numunelerinin çekme dayanımı 23,19 kN ve 22,62 kN olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.20 Aşınma sonucu halat numunelerinin gerilme - uzama grafiği

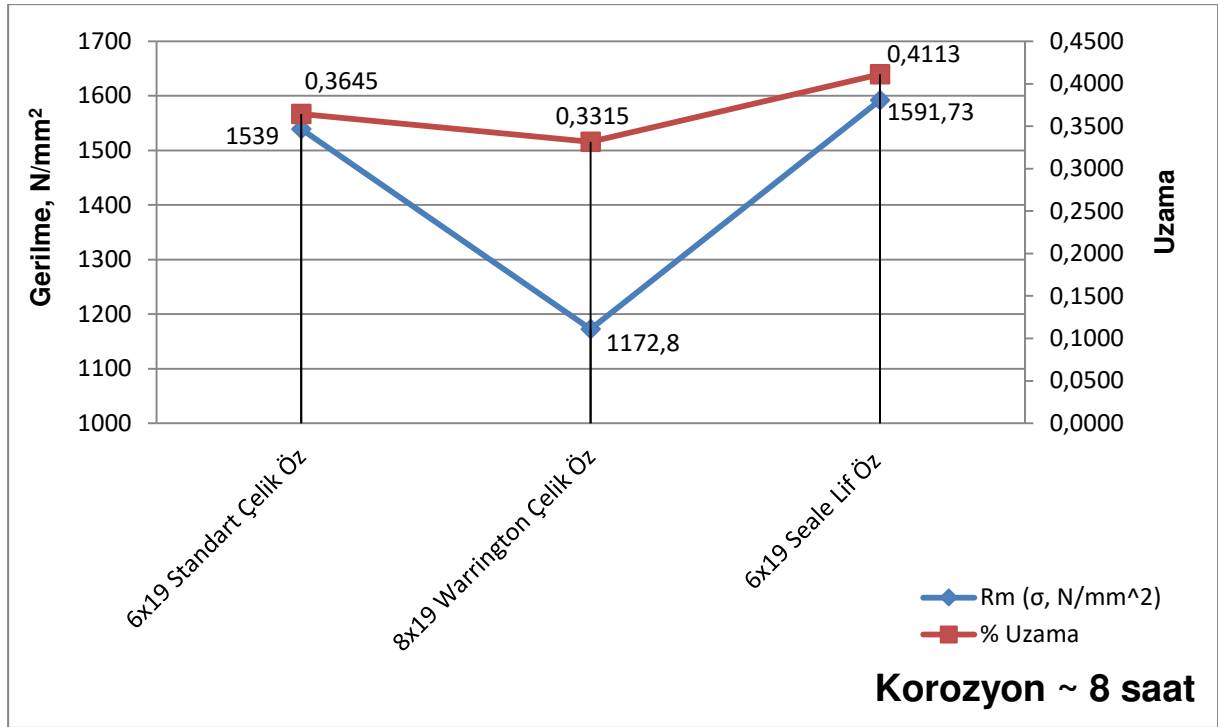
Halat numunelerimize laboratuvar ortamında yapay bir şekilde verilen 0,1 mm derinliğinde ve 100 mm boyundaki aşınma sonucu gerilme ve uzama değerleri Şekil 5.20'de gösterilmiştir.

Aşınma sonucu gerilme değeri en yüksek çıkan numune 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat olmuştur. Bu halat tipi için gerilme değeri $1540,03 \text{ N/mm}^2$ iken, uzama değeri de % 0,365 olarak ölçülmüştür. Gerilme değeri en düşük numune ise $1154,26 \text{ N/mm}^2$ ile 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halattır.



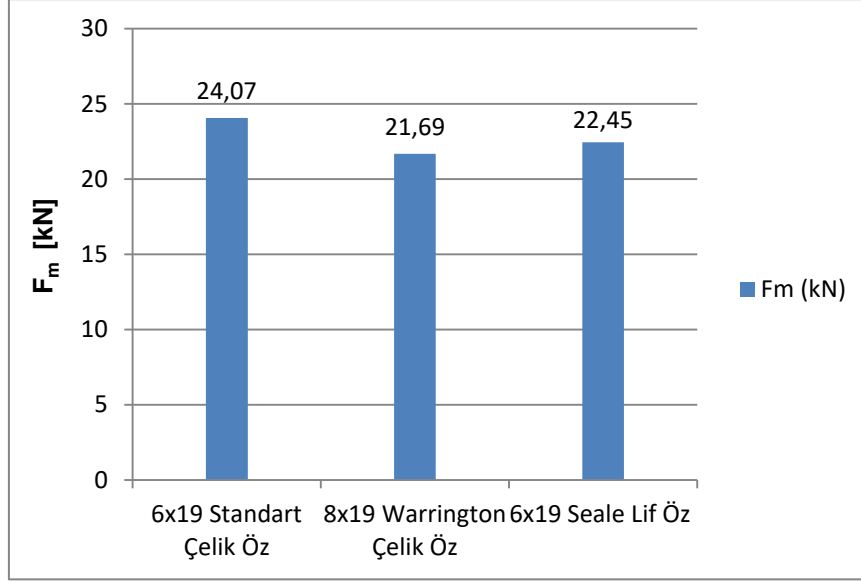
Şekil 5.21 Aşınmaya maruz kalmış numunelerin çekme dayanımları

Gerilme değerinde olduğu gibi çekme dayanımı en yüksek olan halat yine 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat olmuştur. Çekme dayanımı 24,09 kN olarak ölçülmüştür. Ancak 3 farklı halat tipi arasında çekme dayanımı en fazla düşen halat, 6x19 Seale Lif Özlü numunede olmuştur ve bu değer 17,63 kN' dur.



Şekil 5.22 Korozyon (8 saat) sonucu halat numunelerinin gerilme - uzama grafiği

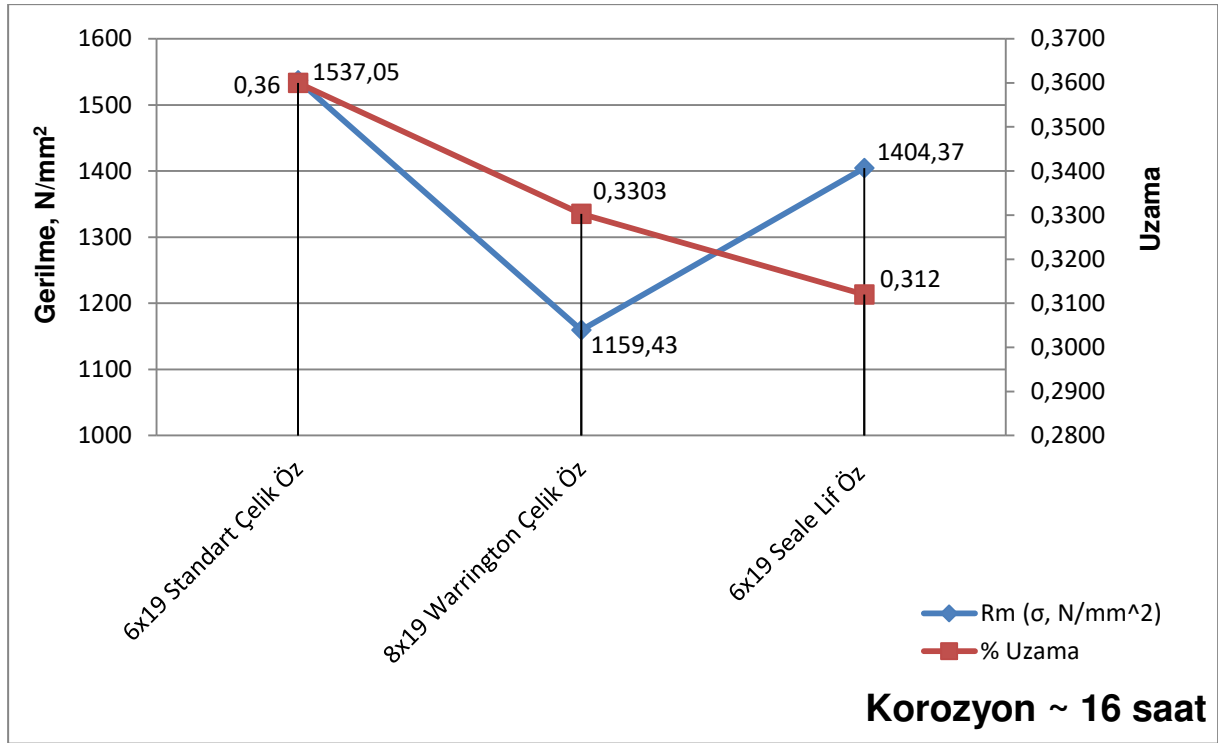
Halatların kullanıldıkları işletmelerdeki ortam şartlarından dolayı, zaman içerisinde halatlarda korozyon etkinin görüldüğünü daha önceki bölümlerimizde söylemiştik. Korozyon etkinin halatlarının mukavemetine ne kadar etki ettiğini gözlemlemek için halat numunelerimizi asidik çözelti içerisinde 8 saat ve 16 saat bekleterek korozyon hızını arttırmıştık. Şekil 5.22'de, 8saat bekletilen halat numunelerinin gerilme - uzama ilişkisi görülmektedir. Hem gerilme değeri hem de uzama oranı en yüksek olan numune 6x19 Seale Lif Özlü halat olmuştur. Gerilme değeri $1591,73 \text{ N/mm}^2$ ve uzama oranı da % 0,4113 olarak ölçülmüştür. Gerilme değeri en düşük olan halat ise $1172,80 \text{ N/mm}^2$ ile 8x19 Warrington Çelik Özlü halat tipi olmuştur.



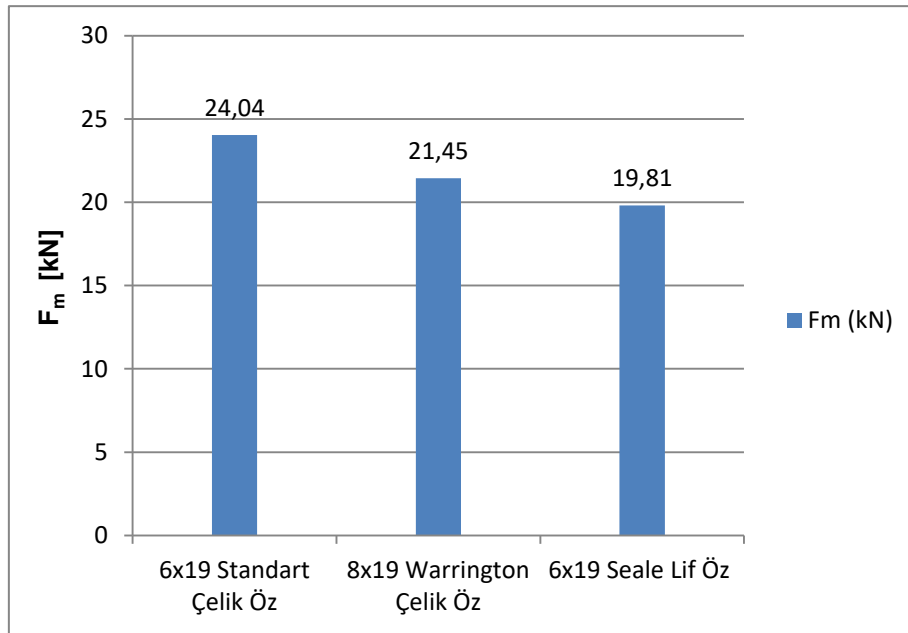
Şekil 5.23 Korozyona (8 saat) maruz kalmış numunelerin çekme dayanımları

8 saat boyunca asidik çözelti içinde bekleyen halat numuneleri arasında en fazla hasara uğrayarak çekme dayanımı düşen halat 8x19 Warrington Çelik Öz olmuştur. Bu numunenin çekme dayanımı değeri 21,69 kN' dur. En az etkilenen numune ise 24,073 kN çekme dayanımı değerine sahip 6x19 Standart Çelik Özlü halat numunesidir.

%30' luk sülfirik asit (H_2SO_4) çözelti içerisinde 8 saat bekletilen numunelerden sonra, başka numuneler 8 saat daha bekletilerek toplamda 16 saat boyunca asidik çözelti içerisinde kalmışlardır. Tabi ki numunelerde meydana gelen korozyon aşınma da daha fazla olmuştur. Şekil 5.24' te de görüldüğü gibi, gerilme değeri en yüksek numune 6x19 Standart Çelik Özlü halattır. 8 saat bekletilen numunelerde olduğu gibi gerilme değeri en düşük olan numune 1159,43 N/mm² ile yine 8x19 Warrington Çelik Özlü halat numunesi olmuştur. Uzama değerlerine bakıldığında 6x19 Standart halat için % 0,36 iken, 8x19 Warrington için %0,3303' tür.

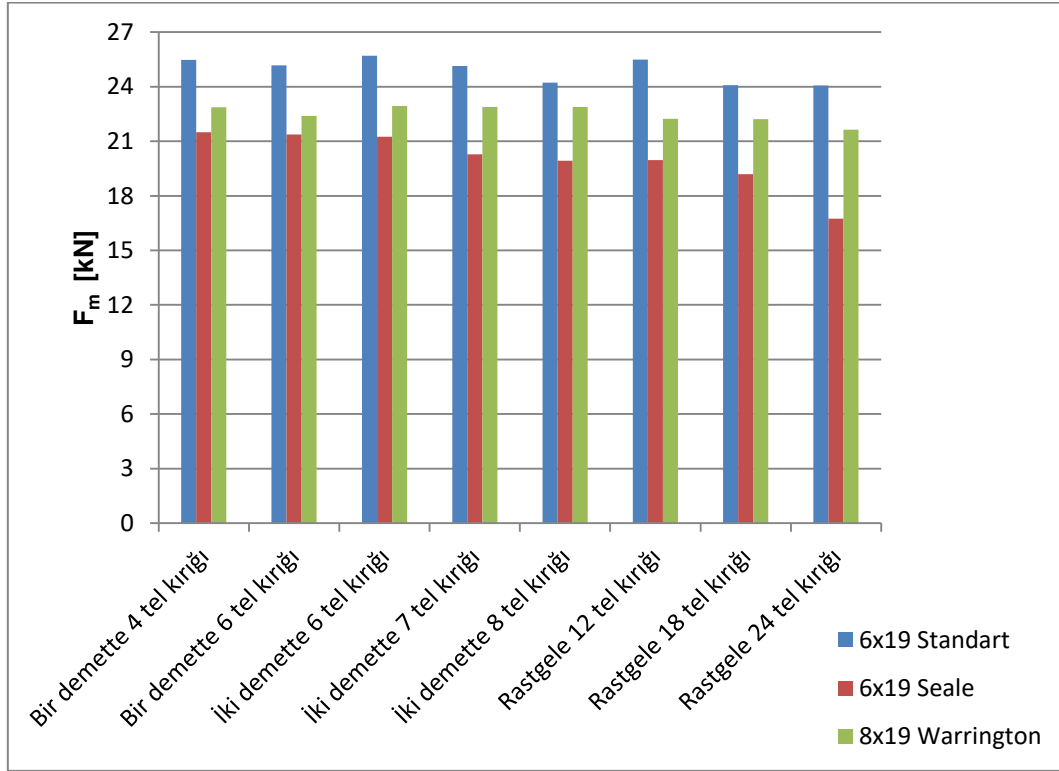


Şekil 5.24 Korozyon (16 saat) sonucu halat numunelerinin gerilme - uzama grafiği



Şekil 5.25 Korozyona (16 saat) maruz kalmış numunelerin çekme dayanımları

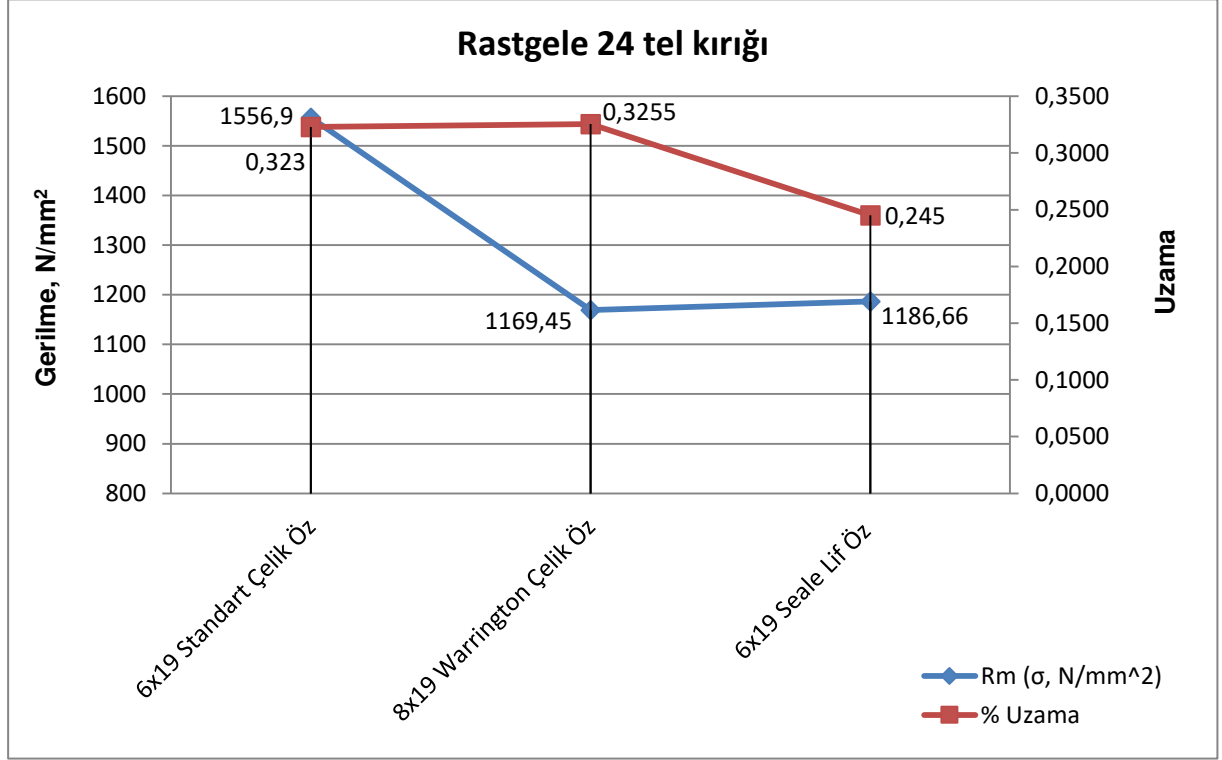
Çekme dayanımlarına bakıldığı zaman, 8 saat bekletilen numunelerde en düşük kopma kuvvetine sahip halat numunesi 8x19 Warrington olmasına rağmen, 16 saat bekletilen numunelerde 6x19 Seale Lif Özlü Çelik tel halat olmuştur. Bu halatın çekme dayanımı 19,81 kN' dur. Korozyona karşı en fazla dayanıklılık gösteren numune ise 24,04 kN değeri ile 6x19 Standart Çelik Özlü tel halattır.



Şekil 5.26 Halat numunelerinin farklı sayıda tel kırıklarında çekme dayanımları

Şekil 5.26, deneylerde kullanılan her bir halat kompozisyonu için farklı sayılarda verilen tel kırıklarının, numunelerin çekme dayanımlarına etkilerini göstermektedir. Kesici aletler yardımıyla verilen yapay tel kırıkları, tüm halat çeşitlerinde kırık tel sayısına bağlı olarak farklı oranda çekme dayanımını etkilemiştir. Ancak, grafiğe bakıldığı zaman tüm tel kırığı sayılarında çekme dayanımı en düşük ölçülen halat numunesi 6x19 Seale Lif Özlü çelik tel halattır. Bu halat tipi için hasarsız numunede çekme dayanımı 22,62 kN olarak ölçülmüşken, rastgele bir şekilde verilen 24 adet tel kırığından sonra çekme dayanımı 16,74 kN' a kadar düşmüştür. Tel kırıklarına karşı en dayanıklı halat 6x19 Standart halat numuneleridir.. Bu halatın hasarsız halat numunesinin çekme dayanımı 25,94 kN iken, rastgele verilen 24 adet tel kırıklarından sonra çekme dayanımı 24,07 kN olarak tespit edilmiştir. Tüm halat kompozisyonlarının hasarsız numunelerine kıyasla çekme dayanımlarında ki en belirgin

düşüş, 6x19 Standart Çelik Öz ve 6x19 Seale Lif Öz halat numuneleri için rastgele 24 tel kırığı, 8x19 Warrington Çelik Öz için rastgele 30 tel kırığı hasar kriterinde gözlemlenmiştir. Bu nedenle Şekil 5.27'de, en çok kırık tel sayısının olduğu numuneler için gerilme - uzama grafiği gösterilmiştir.

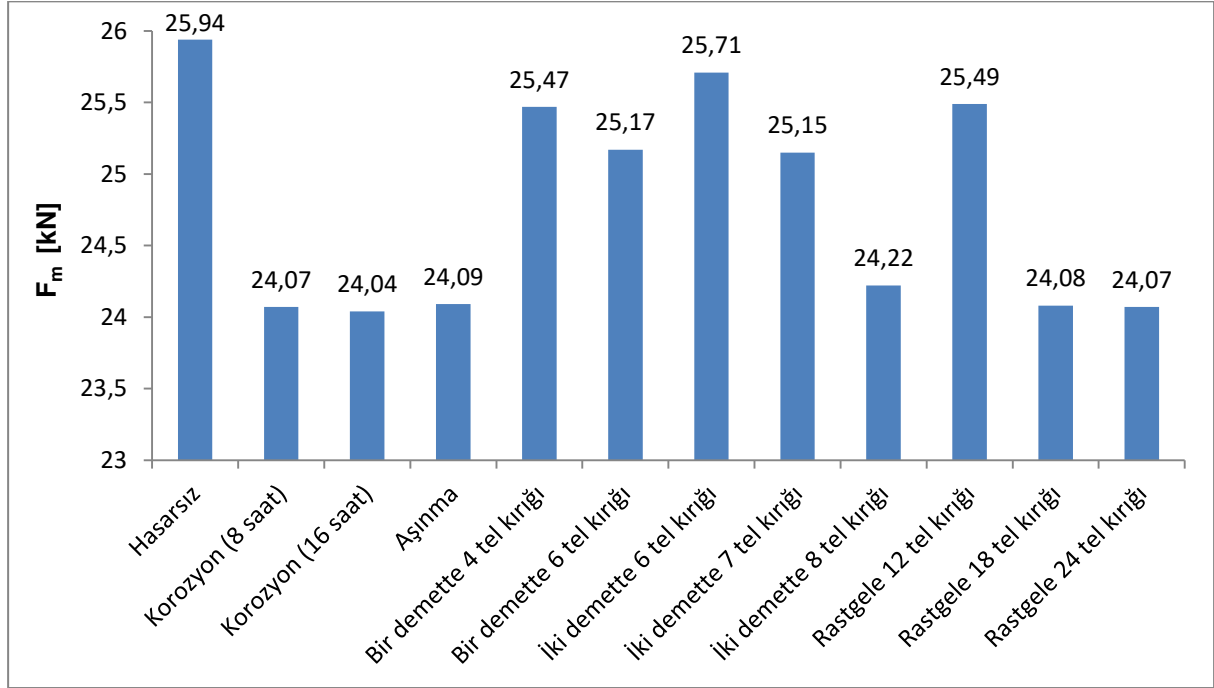


Şekil 5.27 Rastgele 24 tel kırığı verilen numunelerin gerilme - uzama grafiği

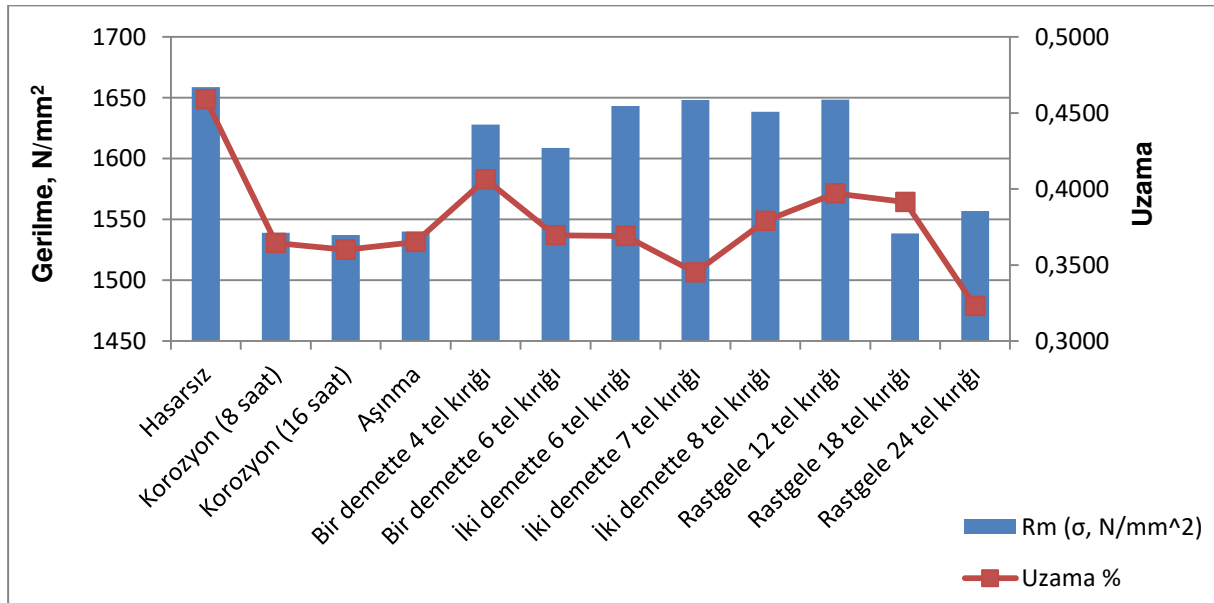
Kırık tel sayısı en fazla olan halat numuneleri arasında gerilme değeri en yüksek olan numune, çekme dayanımı da en yüksek çıkan 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat olmuştur. Bu halatın gerilme değeri 1556,9 N/mm² olarak, uzaması ise % 0,3230 olarak tespit edilmiştir. Bu halatı gerilme değeri olarak sırasıyla 6x19 Seale Lif Öz ve 8x19 Warrington Çelik Öz takip etmiştir. Gerilme ve uzama değerleri grafikte okunmaktadır.

Her bir hasar kriteri için halat kompozisyonlarının tek tek grafikler halinde karşılaştırılması gösterilmiştir. Aynı tip halat kompozisyonunda tüm hasar kriterlerinin etkisini ayrı ayrı karşılaştırmak için çekme dayanımı, gerilme ve uzama değerleri yine grafikler halinde gösterilecektir.

İlk halat kompozisyonumuz 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat ve bu halata ait numunelerdir. Bu halata laboratuvar ortamında verilen farklı hasar kriterlerinden sonra çekme dayanımı değerleri ve gerilme - uzama arasında ki ilişkisi Şekil 5.28 ve Şekil 5.29' da sırasıyla verilmiştir.



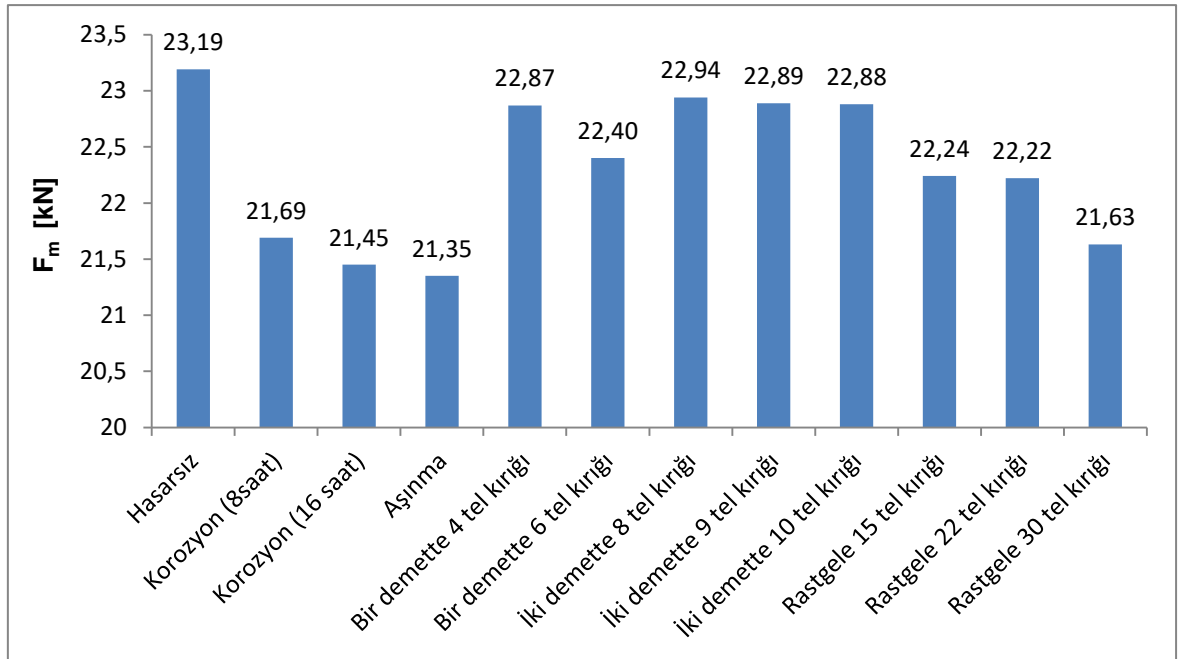
Şekil 5.28 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat numunesi için çekme dayanımı



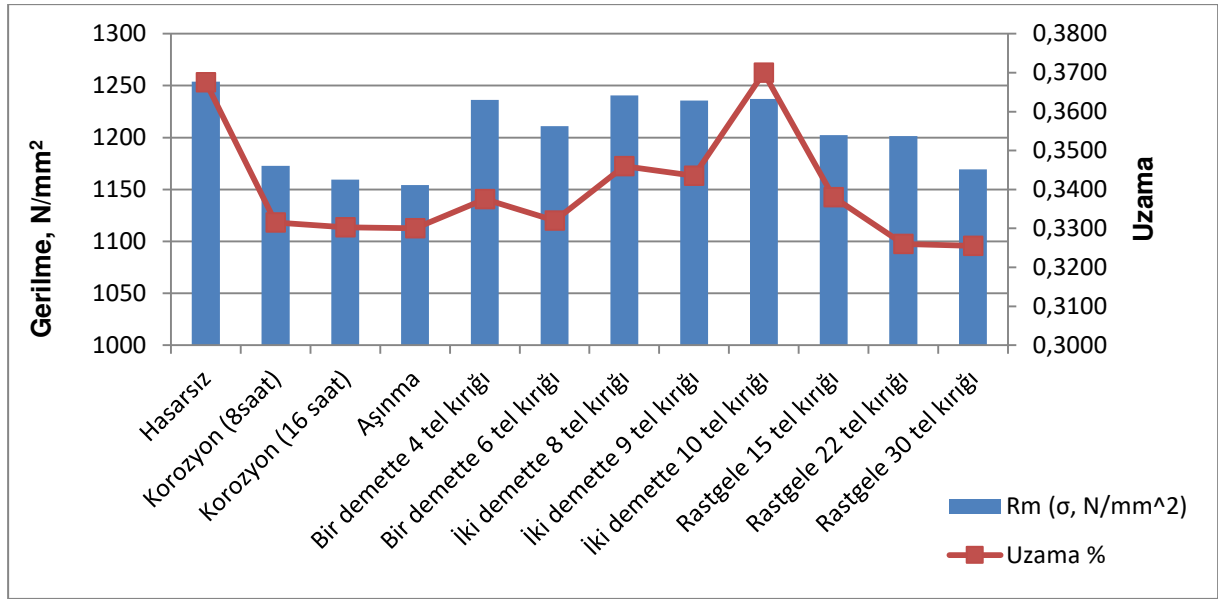
Şekil 5.29 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat numunesi için gerilme - uzama grafiği

6x19 Standart Çelik Özlü tel halat numunesinin çekme dayanımı en çok korozyon (8 saat ve 16 saat) ve rastgele 24 tel kırığı hasar kriterinde düşmüştür. Çekme dayanımları, korozyon~8 saat için 24,07 kN ve korozyon~16 saat hasar kriteri için de 24,04 kN olarak ölçülmüştür. Rastgele 24 tel kırığı hasar kriterinde ise 24,07 kN' dir. Gerilme - uzama grafiğine bakıldığında ise, gerilme değeri en az çıkan hasar kriteri korozyon~16 saat olmuştur. Bu numunenin gerilme değeri $1537,05 \text{ N/mm}^2$ ' dir. Uzama oranı en düşük çıkan numune de rastgele 24 tel kırığı verilmiş numunedir. Uzama oranı % 0,3230 olarak ölçülmüştür.

Diğer halat kompozisyonumuz 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halat ve bu halata ait numunelerdir. Bu halata laboratuvar ortamında verilen farklı hasar kriterlerinden sonra çekme dayanımı değerleri ve gerilme - uzama arasında ki ilişkisi Şekil 5.30 ve Şekil 5.31' de sırasıyla verilmiştir.



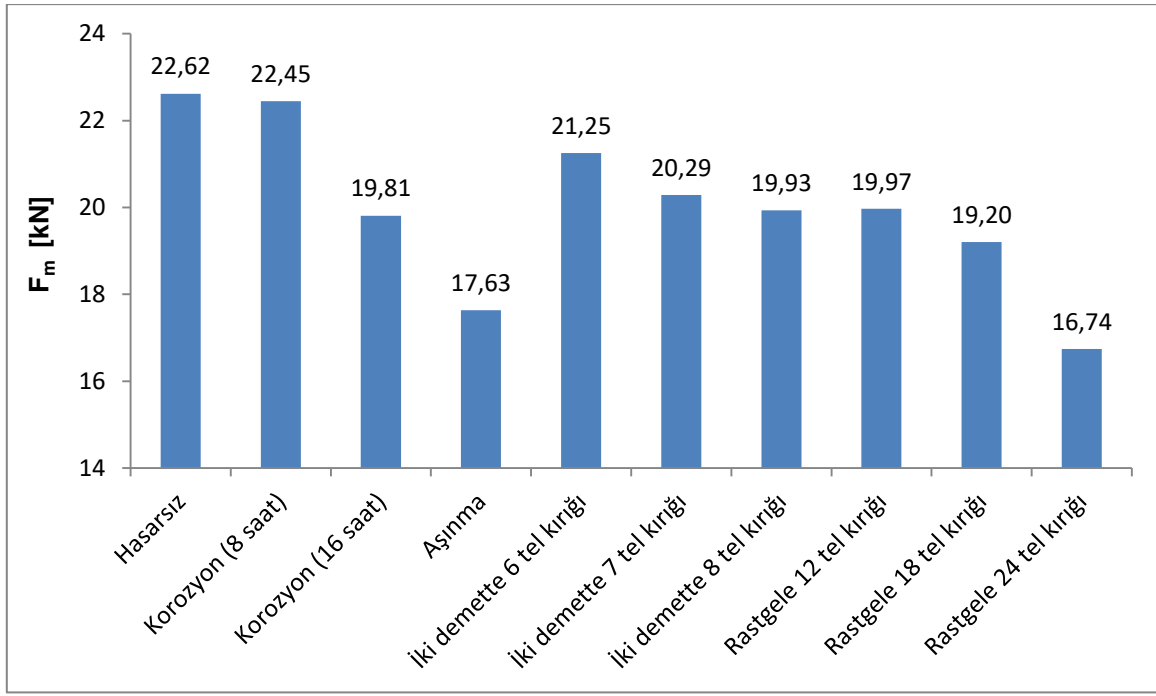
Şekil 5.30 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halat numunesi için çekme dayanımı



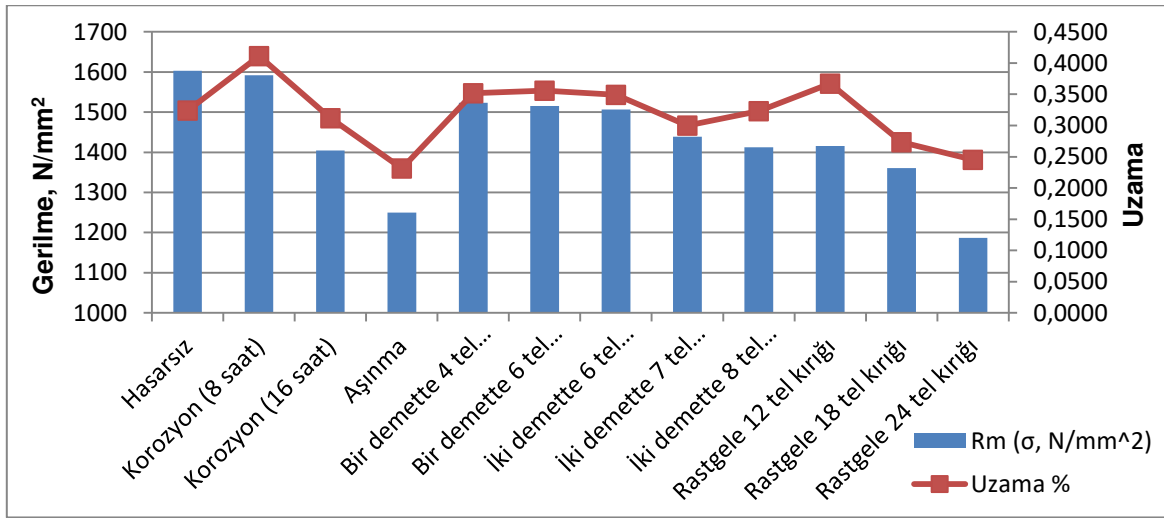
Şekil 5.31 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halat numunesi için gerilme - uzama grafiği

8x19 Warrington Çelik Özlü tel halat numunesinin çekme dayanımı en çok aşınma ve korozyon ~ 16 saat hasar kriterinde düşmüştür. Aşınma hasar kriterinde 21,35 kN, korozyon ~ 16 saat hasar kriterinde de 21,45 kN olarak ölçülmüştür. Gerilme - uzama grafiğine bakıldığında ise, gerilme değeri en az çıkan hasar kriterleri yine aşınma ve korozyon ~ 16 saat hasar kriterleri olmuştur. Aşınmış numunenin gerilme değeri 1154,26 N/mm², 16 saat boyunca asidik çözelti içinde bekletilmiş numunede ise gerilme değeri 1159,43 N/mm² 'dir.

Son halat kompozisyonumuz 6x19 Seale Lif Özlü tel halat ve bu halata ait numunelerdir. Bu halata laboratuvar ortamında verilen farklı hasar kriterlerinden sonra çekme dayanımı değerleri ve gerilme - uzama arasında ki ilişkisi Şekil 5.32 ve Şekil 5.33' de sırasıyla verilmiştir.



Şekil 5.32 6x19 Seale Lif Özlü tel halat numunesi için çekme dayanımı



Şekil 5.33 6x19 Seale Lif Özlü tel halat numunesi için gerilme - uzama grafiği

6x19 Seale Lif Özlü tel halat numunesinin çekme dayanımı en çok aşınma ve rastgele 24 tel kırığı hasar kriterinde düşmüştür. Aşınma hasar kriterinde 17,63 kN, rastgele 24 tel kırığında 16,74 kN olarak ölçülmüştür. Gerilme - uzama grafiğine bakıldığında ise, gerilme değeri en az çıkan hasar kriterleri yine aşınma ve rastgele 24 tel kırığı olmuştur. Aşınmış numunenin gerilme değeri 1249,82 N/mm², rastgele 24 adet teli kırılmış numunede ise gerilme değeri 1186,66 N/mm² ' dir. Uzama değeri en düşük çıkan hasar kriteri ise aşınma olmuştur. Aşınmış halat numunesinin uzama değeri % 0,2310' dur.

5.4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, farklı tiplerdeki yenilikçi asansör halatları servis dışı bırakma kriterlerinin halat çekme dayanımına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda 3 farklı asansör halatı kullanılmış ve tel kırıkları, korozyon ve aşınma gibi yapay kusurlar laboratuvar ortamında halat numunelerine verilerek kusurlu halat numuneleri hazırlanmış ve çekme testleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda, halatları servis dışına bırakma kriterlerinin halatların çekme dayanımını ne kadar düşürdüğü incelenmiştir. Hem aynı tür halat numuneleri için verilen farklı kusurların etkileri hem de aynı hasar türünün farklı halatlar üzerindeki etkileri ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Herhangi bir hasar verilmemiş olan numunelerimize yapılan çekme testleri sonucunda çekme dayanımı en yüksek çıkan numune 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat olmuştur. 8x19 Warrington Çelik Özlü ve 6x19 Seale Lif Özlü tel halatlar sırasıyla takip etmişlerdir. Halat çapları tüm halat tipleri için 6 mm olmasına rağmen lif özlü halatın çelik özlü halatlara kıyasla çekme dayanımı açısından daha zayıf olduğu görülmüştür. Ayrıca çelik özlü halatlardan Standart halatın çekme dayanımının daha yüksek çıkmasının nedeni, tel kalınlıklarının ve tel çekme yüklerinin daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Halatların tambura veya kasmağa temas ettiği yüzeyinde sürtünmeye bağlı zamanla aşınma meydana gelir. Bu etki göz önünde bulundurularak, servis dışına bırakma kriterlerinden biri olan aşınma, tüm halat tiplerine 0,1 mm derinliğinde olmak üzere uygulanmıştır. Aşınmadan en çok etkilenen halat numunesi 6x19 Seale Lif Özlü Tel halat olmuştur. Bu halatın hasarsız çekme dayanımı 22,62 kN iken aşınma sonunda 17,63 kN değerine düşerek tahmin edilenden çok daha büyük bir değer kaybı yaşamıştır. Bunun nedeni de halatın lif özlü olmasından kaynaklanmıştır. Aşınma hasar kriterinde dikkat çeken diğer sonuçta, 8 demetli çelik özlü halat numunesine ait çekme dayanımı değerinin 6 demetli çelik özlü tel halata ait çekme dayanımı değerinden düşük çıkmasıdır. 8 demetli halatta teller daha sıkı, tel sayısı çok daha fazla ve halatın dış yüzeyinde farklı çaplarda teller olduğu için 0,1 mm' lik aşınma sonucunda 8 demetli tel halatın metalik kesit alanındaki düşüş 6 demetli halata kıyasla daha fazla olmuştur. Bu nedenle 6 demetli tel halatın çekme dayanımı 24,09 kN, 8 demetli tel halatın çekme dayanımı 21,35 kN olarak tespit edilmiştir.

Çevre şartları göz önünde bulundurulduğu zaman, bir diğer servis dışı bırakma kriteri de korozyondur. Tel halat numunelerine 8 ve 16 saat olmak üzere uygulanan korozyon hızını artırma işlemi sonucunda yapılan çekme testlerinde en yüksek çekme dayanımına sahip halat tipi 6x19 Standart Çelik Özlü tel halat olmuştur. Çekme dayanımı değeri 8 saatin sonunda 24,07 kN iken 16 saatin sonunda 24,04 kN değerine düşmüştür. Bu hasar kriterinde dikkat çeken detay ise şudur; 8 saatin sonunda 6x19 Seale Lif Özlü tel halatın çekme dayanımı 8x19 Warrington Çelik Özlü tel halattan çekme dayanımından daha yüksek çıkmıştır. Ancak 16 saatin sonunda 8 demetli çelik özlü tel halatın dayanımı 6 demetli lif özlüye kıyasla daha yüksek değerdedir. İlk 8 saat 6x19 Seale halatın lif özü asidik çözeltiden çok fazla etkilenmezken 16 saatin sonunda lif özde zarar görerek çekme dayanımında ani bir düşüşe neden olmuştur.

İşletmelerde en sık karşılaşılan servis dışı bırakma kriteri tel kırıklarıdır. Kırık tel sayılarına bağlı olarak halat numunelerinin çekme dayanımlarında meydana gelen düşüşte değişmektedir. Bir demette 4 tel kırığı ile 6 tel kırığı ve iki demette 6 tel kırığı halat numunelerinin çekme dayanımında çok fazla düşüşe neden olmamıştır. Ancak iki demette 7 tel kırığı ile 8 tel kırığı çelik özlü numunelerin çekme dayanımında çok fazla düşüşe neden olmasa da lif özlü tel halat numunelerinde ciddi düşüşlere neden olmuştur. Tüm halat tiplerine verilen rastgele kırık tel sayıları, halatların çekme dayanımlarını, halatları servis dışında bırakacak kadar düşürmüştür. Ancak 3 farklı halat tipi arasında çekme dayanımında en fazla düşüş gözlenen halat 6x19 Seale Lif Özlü tel halat olmuştur.

Aynı servis dışı bırakma kriterlerinin farklı halatlar üzerinde ki etkileri yukarıda anlatıldığı şekilde tespit edilmiştir. Aynı halat numuneleri üzerinde farklı tipteki hasar kriterlerinin çekme dayanımına etkileri karşılaştırıldığı zaman aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

6x19 Standart Çelik Özlü tel halata laboratuvar ortamında uygulanan yapay kusurlar neticesinde, dayanımındaki en fazla düşüş aşınma, korozyon ve rastgele 24 tel kırığı hasar kriterinde tespit edilmiştir. Aşınma sonucu çekme dayanımı, 25,94 kN'dan 24,09 kN değerine düşmüştür. Rastgele 24 tel kırığı hasar kriterinde ise çekme dayanımı 24,07 kN değerine gerilemiştir.

8x19 Warrington Çelik Özlü Çelik tel halat numunesinin çekme dayanımı, aşınma ve korozyon (8 saat ve 16 saat) hasar kriterleri uygulandığında en düşük değerde olduğu

incelenmiştir. Aşınma sonucu 21,35 kN değerinde olan çekme dayanımı, asidik çözelti içerisinde bekletildiği 8 saatin sonunda 21,69 kN ve 16 saatin sonunda 21,45 kN olarak ölçülmüştür.

6x19 Seale Lif Özlü çelik tel halat numunelerine aşınma hasar kriteri uygulandığında çekme dayanımı 17,63 kN gibi çok düşük bir değere gerilemiştir. Bu hasar kriterini rastgele 24 tel kırığı takip etmektedir. 24 adet tel kırığının etkisiyle, çekme dayanımı 16,74 kN değerindedir.

KAYNAKLAR

- [1] URL - 1 <<http://www.endoux.com/asansor.php>>, Ziyaret tarihi: 13.11.2014.
- [2] **Salman Ö** (2010) Taşıyıcı Halatların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 71 s.
- [3] **Kösemen Ö** (2008) Asansör Taşıyıcı Halatların Statik Yük Altında Deneysel Gerilme Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 88 s.
- [4] **Demirsoy M** (1985) *Transport Tekniği, Kaldırma Makinaları*. Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul, 332 s.
- [5] **Yüksel M** (2003) *Malzeme Bilgisi*. Malzeme Bilimleri Serisi, Cilt I, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara, 547 s.
- [6] **Akkurt M** (2005) *Makina Elemanları*. Cilt I-II, Birsen Yayınevi, İstanbul, 720 s.
- [7] **Ernst H** (1973) *Kaldırma Makinaları*. FON Matbaası, Ankara, 182 s.
- [8] **İmrak C E ve Gerdemli İ** (2000) *Asansörler ve Yürüyen Merdivenler*. Birsen Yayınevi, İstanbul, 300 s.
- [9] **ISO-4344** (2004) *Steel Wire Ropes for Lifts - Minimum Requirements*. International Standart, Published in Switzerland, 28 s.
- [10] **ISO-4309** (1990) *Cranes - Wire Ropes - Code of practice for examination and discard*. International Standart, Printed in Switzerland, 25 s.
- [11] **Kurt S, Azeloğlu C O** (2010) *Asansörlerde Kullanılan Çelik Tel Halatlar, Seçim ve Bakım Yöntemleri*. İTÜ Makine Fakültesi, Y.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul, 12 s.
- [12] URL - 2 <<http://www.adivarcelikhalat.com>>, Ziyaret tarihi: 22.11.2014.
- [13] **TS 1918 / T1** (1995) *Genel Amaçlar için Çelik Telli Halatlar*. Türk Standardı, Ankara, 100 s.
- [14] URL - 3 <<http://www.guven-kutay.ch/Asansor/80-1-1a-AsansorHalatlari.pdf>> Ziyaret tarihi: 15.11.2014.
- [15] URL - 4 <<http://www.guven-kutay.ch/vinc/40-1-1a-Celik-halat.pdf>>, Ziyaret tarihi: 24.11.2014.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [16] **Onur Y A** (2010) Halat ömrüne etki eden parametrelerin teorik ve deneysel olarak incelenmesi. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 199 s.
- [17] **TS 270** (1965) *Tel Halatların Muayenesi*. Türk Standardı, Ankara, 12 s.
- [18] **Meknassi M, Tijani A, Mouhib N and El Ghorba M** (2016) Experimental Study on Corrosion of Wire Rope Strands under Sulfuric Acid Attack. *The International Journal of Engineering And Science*, 5 (6): 40-45.
- [19] **TS EN 12385-1+A1** (2010) *Çelik Tel Halatlar - Güvenlik - Bölüm 1: Genel Kurallar*. Türk Standardı, Ankara, 23 s.
- [20] **de Silva A R T and Fong L W** (2001) Effect of Abrasive Wear on the Tensile Strength of Steel Wire Rope. *Engineering Failure Analysis*, 9 : 349-358.
- [21] **Balan K P** (2002) Failure Analysis of a Wire Rope. *ASM International*, 3 : 71-74.
- [22] **Zhang D K, Ge S R and Qiang Y H** (2003) Research on the Fatigue and Fracture Behavior due to the Fretting Wear of Steel Wire in Hoisting Rope. *Wear*, 255 : 1233 - 1237.
- [23] **Giglio M and Manes A** (2005) Life Prediction of a Wire Rope Subjected to Axial and Bending Loads. *Engineering Failure Analysis*, 12 : 549 - 568.
- [24] **Erdonmez C and Imrak C E** (2011) A Finite Element Model for Independent Wire Rope Core with Double Helical Geometry Subjected to Axial Loads. *Indian Academy of Sciences*, 36 (6) : 995 - 1008.
- [25] **Fontanari V, Benedetti M and Monelli B D** (2014) Elasto - Plastic Behavior of a Warrington - Seale Rope: experimental Analysis and Finite Element Modeling. *Engineering Structure*, 82 : 113 - 120.
- [26] **Peterka P, Krešak J, Kropuch S, Fedorko G, Molnar V and Vojtko M** (2014) Failure Analysis of Hoisting Steel Wire Rope. *Engineering Failure Analysis*, 45 : 96 - 105.
- [27] **Chouairi A, El Ghorba M, Benali A and Hachim A** (2014) Estimated Loss of Residual Strength of a Flexible Metal Lifting Wire Rope: Case of Artificial Damage, *Recent Advances in Mechanical Engineering and Mechanics*, 160 - 164.

ÖZGEÇMİŞ

Osman AYCAN 1990'da Diyarbakır'da doğdu; ilköğrenimini Yenişehir İlköğretim Okulunda tamamladı; Karşıyaka Gazi Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2008 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'ne girdi; 2012 yılında mezun olduktan sonra 2014 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak işe başladı; halen 2014 yılında girdiği BEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres: Bülent Ecevit Üniversitesi

Makine Mühendisliği Bölümü Kat:2 No:201

İncivez Merkez/ZONGULDAK

Tel: (+90) 555 608 95 67

E-posta: osmanaycan90@gmail.com