

**ZİNCİR BAKLALARINDAKİ YÜK DAĞILIMINA
HATALI MONTAJIN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ**

Erdoğan KARAYEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2010
ANKARA**

Erdoğan KARAYEL tarafından hazırlanan ZİNCİR BAKLALARINDAKİ YÜK DAĞILIMINA HATALI MONTAJIN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. Nihat GEMALMAYAN
Tez Danışmanı, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Bedri TUÇ
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Faruk MENDİ
Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr. Nihat GEMALMAYAN
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 29/04/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Erdoğan KARAYEL

**ZİNCİR BAKLALARINDAKİ YÜK DAĞILIMINA HATALI MONTAJIN
ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Erdoğan KARAYEL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2010

ÖZET

Zincir-dişli mekanizmaları günümüzde hareket iletimi, güç iletimi, yük kaldırma gibi amaçlarla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu mekanizmaların düzgün çalışması için gerekli birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin en önemlilerinden biri de zincir-dişli sisteminin açısal uygunluğudur. Bu tez çalışmasında, zincir-dişli mekanizmalarında hatalı montajın etkilerini incelemek amacıyla bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Hazırlanan deney düzeneği üzerindeki dişlilerin açısal hareketi sonrası, zincir baklalarına gelen kuvvetin etkileri incelenmiştir. Farklı yüklemeler altında baklalar üzerindeki kuvvet değerleri ölçülerek grafiklerle analiz edilmiştir. Ölçüm değerleri, düzenek üzerine bağlanan strain gage yardımıyla alınmıştır.

Bilim Kodu : 914.1.090
Anahtar Kelimeler : Zincir, zincir dişli, yük
Sayfa Adedi : 67
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN

**EXPERIMENTAL ANALYSES OF THE EFFECT OF FAULTY
INSTALLATION ON LOAD DISTRIBUTION ON THE CHAIN SYSTEM
(M.Sc. Thesis)**

Erdoğan KARAYEL

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
April 2010**

ABSTRACT

Nowadays chain-gear mechanism is widely used for purposes such as motion transmission, power transmission and lifting. There are many essential parameters for the proper functioning of this mechanisms. One of the most important parameters is angular compliance of the chain gear system. In this study, an experimental setup is prepared in order to examine the effects of faulty installation on chain gear mechanism. Effects of forces to chain link are examined after the angular movement of gearwheel on prepared experimental setup. Values of forces under different loadings are measured and analyzed with graphics. Values of measurement are taken with the help of strain gage attached on the experimental setup.

Science Code: 914.1.090

Key Words : Chain, sprocket, load

Page Number : 67

Adviser : Assist. Prof. Dr. Nihat GEMALMAYAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince yardımlarından dolayı hocam Yrd. Doç Dr. Nihat GEMALMAYAN'a, ölçümler sırasında kıymetli tecrübelerinden faydalandığım sayın Şemsettin SÜER'e ve ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve beni destekleyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ZİNCİRLERİN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI	3
2.1. Mafsallı Zincirler	4
2.1.1. Pernolu zincirler	4
2.1.2. Burçlu zincir grubu	8
2.1.3. Makaralı zincir grubu	10
2.1.4. Dişli zincirler	14
2.1.5. Özel zincirler	15
2.2. Yuvarlak Baklalı Zincirler	15
2.3. Zincir Uçlarının Birleştirilmesi	16
2.3.1. Zincir uçlarının birleştirilmesi	16
2.3.2. Montaj avadanlıkları	17
2.4. Zincir Dişli Çarkları	19

Sayfa

3. ZİNCİR MEKANİZMALARI	21
3.1. Zincir Mekanizmaları.....	21
3.2. Montaj Kuralları.....	21
3.3. Zincir Gerginliğinin Ayarı	23
3.4. Yağlama	23
4. ZİNCİR MEKANİZMALARININ TASARIMI.....	24
4.1. Zincirlerin Hesabı	24
4.1.1. Çevre kuvveti	24
4.1.2. Ek kuvvetler	25
4.1.3. Ön gerilme kuvveti.....	26
4.1.4. Merkezkaç kuvveti.....	27
4.1.5. Zincir titreşimlerinden oluşan kuvvetler.....	28
4.1.6. Zincir çeki kuvveti.....	29
4.2. Zincir Mekanizmasının Mukavemet Kontrolü.....	30
4.2.1. Bakılarda çekme gerilmesi.....	30
4.2.2. Pernodaki eğilme gerilmesi.....	31
4.2.2. Pernodaki kesme gerilmesi.....	32
4.3. Zincir Dişli Çark Hesabı.....	32
4.3.1. Zincir dişli çarkların ortalama çapının boyutlandırılması.....	33
4.3.2. Zincir dişli çarkların dış üstü çapı.....	33
4.2.2. Zincir dişli çarkların dış dibi çapı	33

Sayfa

4.4. Tez çalışmasıyla ilgili hesaplamalar	34
4.4.1. Kullanılan zincir ve zincir dişliyle ilgili teknik bilgiler	34
4.4.2. Deney çalışmasının teorik olarak incelenmesi	35
5. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	39
5.1. Deney Düzeneğinin Hazırlanması.....	39
5.2. Deney Prosedürü.....	45
5.3. Deney Sonuçları.....	46
5.3.1. Zincir eksenine dik ölçümler.....	46
5.3.2. Zincir eksen yönündeki ölçümler.....	51
5.3.3. Ek ölçümler	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR.....	60
EKLER.....	63
EK-1 Kullanılan strain gage'in sertifikası.....	64
EK-2.Ölçüm sonuçlarına ait örnek resimler.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Zincir dişli çark malzemeleri (Okday, 1973).....	20
Çizelge 3.1. Zincir mekanizmalarında kullanılacak yağ viskoziteleri..... (Gediktaş, 1993)	23
Çizelge 4.1. Nominal kuvvet için tavsiye edilen değerler	26
Çizelge 4.2. Makaralı zincir malzemeleri ve emniyet gerilmeleri	31
Çizelge 5.1. 10 kg'lık yükleme altında zincir eksenine dik ölçülen değerler	47
Çizelge 5.2. 20 kg'lık yükleme altında zincir eksenine dik ölçülen değerler	48
Çizelge 5.3. 50 kg'lık yükleme altında zincir eksenine dik ölçülen değerler	50
Çizelge 5.4. 10 kg'lık yükleme altında zincir eksen yönünde ölçülen değerler	51
Çizelge 5.5. 20 kg'lık yükleme altında zincir eksen yönünde ölçülen değerler	53
Çizelge 5.6. 50 kg'lık yükleme altında zincir eksen yönünde ölçülen değerler	54
Çizelge 5.7. (A) ve (B) dişlilerinin aynı anda döndürülmesi sonucu ölçülen değerler	57

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. İki sıralı gall zincirinin standart ölçüleri	5
Şekil 2.2. Gall zinciri	6
Şekil 2.3. Fleyer zincirinin standart ölçüleri	7
Şekil 2.4. Burçlu zincirlerin ön ve üst kesit görünüşü	8
Şekil 2.5. Zarflı zincir elemanları	9
Şekil 2.6. Makaralı zincirin elemanları	10
Şekil 2.7. Tek sıralı makaralı zincir	11
Şekil 2.8. İki sıralı makaralı zincir	12
Şekil 2.9. Üç sıralı makaralı zincir	12
Şekil 2.10. Dişli zincirin geometrisi	14
Şekil 2.11. Yuvarlak baklalı zincir tipleri	16
Şekil 2.12. Zincir uçlarının birleştirilmesi için elemanlar	17
Şekil 2.13. Zincir uçlarının birleştirilmesi	18
Şekil 2.14. Pernonun zımba ile sökülmesi	18
Şekil 2.15. Tek sıralı ve çok sıralı zincir çarkları	19
Şekil 2.16. Büyük zincir çarklarının şekilleri	20
Şekil 3.1. Global koordinat düzleminde zincir dişli mekanizması	21
Şekil 3.2. Zincir çarklarının montaj kontrolü	22
Şekil 3.3. Hatalı montaj kontrol değerleri	22
Şekil 3.4. Germe tertibatları	23

Şekil	Sayfa
Şekil 5.11. 10 kg yükleme altında zincir eksen yönündeki ölçüm grafiği	52
Şekil 5.12. 20 kg yükleme altında zincir eksen yönündeki ölçüm grafiği	53
Şekil 5.13. 50 kg yükleme altında zincir eksen yönündeki ölçüm grafiği	54

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Şekil 5.1. Zincir eksenine dik ölçümler için strain gage-zincir bağlantısı	44
Şekil 5.2. Zincir eksen yönündeki ölçümler için strain gage - zincir bağlantısı.	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
a	Eksenler arası mesafe (mm)
d	Dişli çark ortalama çapı (mm)
d_a	Dişli çark diş üstü çapı (mm)
d_f	Dişli çark diş dibi çapı (mm)
d_1	Zincir makara çapı (mm)
f_1	Makina tipi faktörü
$F_{\text{ön}}$	Ön gerilme kuvveti (N)
$F_{\text{ç}}$	Zincir çeki kuvveti (N)
F_t	Nominal çevre kuvveti (N)
F_f	Merkezkaç kuvvet, çevresel (N)
F_L	Boyuna kuvvet (N)
F_R	Merkezkaç kuvvet, radyal (N)
F_p	Poligon etkisinden oluşan kuvvet (N)
m	Kütle (kg)
n	Devir sayısı (dak^{-1})
P	Nominal güç (kw)
p	Zincir hatvesi (mm)
r	Perno delik çapı (mm)
q	1 metre zincirin kütlesi (kg/m)
s	Miller arası müsaade edilen açı
T	Döndürme momenti (Nm)
w	Açısal hız (s^{-1})
w_e	Eğilme atalet momenti (Nmm)

Simgeler	Açıklama
v	Zincir çevre hızı (m/s)
v_{max}	Maksimum zincir çevre hızı (m/s)
v_{min}	Minimum zincir çevre hızı (m/s)
z	Zincir dişli diş sayısı
$\sigma_{\text{ç}}$	Bakladaki çekme gerilmesi (N/mm ²)
$\sigma_{\text{ç,em}}$	Çekme emniyet gerilmesi (N/mm ²)
σ_e	Pernodaki eğilme gerilmesi (N/mm ²)
$\sigma_{e,em}$	Eğilme emniyet gerilmesi (N/mm ²)
τ	Pernodaki kesme gerilmesi (N/mm ²)
τ_{em}	Kesme emniyet gerilmesi (N/mm ²)
δ	Zincir bakla kalınlığı (mm)

1. GİRİŞ

Zincirler makine sistemlerinde yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu alanda yüzlerce gelişme olmasına rağmen, çalışma şartlarındaki sürekli değişimler, zincir üretiminde ve güvenilirliğinde ihtiyaçları paralel bir şekilde arttırmıştır. Bilinen en eski tip zincir yuvarlak baklalı zincirlerdir. Halen elevatör, vinç ve benzeri daha çok yük taşıma amaçlı alanlarda kullanılan bu zincirler, hassas iletimlerin olduğu sistemlerde tercih edilmezler. Makine sistemlerinde kullanılan zincir tipi mafsallı zincirlerdir. Mafsallı zincirlerin endüstrideki önemi XIX. yüzyılın başlarında Andre GALLE tarafından yapılan zincirle artmıştır.

Literatürde zincir-dişli sistemleriyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

Eldiwany ve Marshek, zincir ve dişli üzerindeki yük dağılımını ve yağlamanın etkisini deneysel ve analitik olarak incelemişlerdir. Deneylerinde 1", çift sıralı makaralı zincir kullanmışlardır. Zincir kollarındaki gevşek ve gergin kenardaki baklalarda meydana gelen çark dönme açısına karşılık yük dağılımını incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda, zincir dişlinin düşük hızdaki dönüşünün zincir yük dağılımına gözle görülür bir etki yaratmadığı , yağlamanın yük dağılımı üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonuçlarına varmıştır. Ayrıca yapılan teorik çalışmalarda, deneysel sonuçlara yakın değerler bulmuşlardır.

Fawcett ve Nicol, sabit yük ve hızda çalışan rulolu zincir mekanizmalarının titreşimlerini incelemiş ve zincir sistemlerinde oluşan ses ve titreşimlerin önlenmesi için araştırmalarda bulunmuşlardır. Ayrıca, rulolu zincir mekanizmalarında diş-rulo çarpışmasına yağlamanın etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları deneysel çalışmayla birlikte bir de teorik model sunmuşlardır.

Freudenstein ve Chen , rulolu zincir mekanizmalarının tam bir kinematik çözümünü elde etmeye çalışmışlardır. El-Shakery, rulolu zincirler ve düzlemsel mekanizmalardan oluşan kombine sistemlerin kinematik analizini yapmıştır.

Freudenstein ve Bucknor, evolvent dişlilerle eş çalışan salıncak pimli dişli zincirlerin kinematik ve statik kuvvet analizini yapmışlardır.

Uehara ve Nakajima, rulolu zincir sistemlerindeki gürültü üzerine araştırma yapmışlardır. Sistemde oluşabilecek gürültü tipini üç farklı kategoriye ayırıp (zincir baklasının çalışma sesi, döndüren dişli ve yatak sesi, gevşeklikten kaynaklanan ses) her kategoriye kendi içerisinde grafiklerle değerlendirmişlerdir. Yapılan deneysel ölçümler yanında, teorik analiz de yapmışlardır.

Hollingworth ve Hills, çelik pernolu zincir mekanizmalarının teorik verimleri ve montaj sırasında ortaya çıkan kuvvetler üzerine çalışma yapmışlardır. Chew, rulolu zincirlerin çarpışma şiddetine ataletin etkilerini incelemiştir.

Naji ve Marshek (1984), rulolu zincir dişlilerinin basınç açılarının analizini yapmışlardır. (1989) yılında yaptıkları çalışmayla da, rulolu zincir baklalarında hatve boşluğunun kuvvet dağılımına etkilerini incelemişlerdir.

Troedsson ve Vedmar , zincir dişli mekanizmasındaki statik yük dağılımının nasıl hesaplanacağı ve bu yük dağılımını elde etmek için bir metod geliştirmişlerdir. Ariaratnam ve Asokanthan, zincir sistemlerinin dinamik kararlılığı üzerine bir çalışma yapmışlardır.

Yapılan yayın taramasında zincir mekanizmalarındaki açılmalı montaj hatalarının etkilerini inceleyen yayına rastlanmamıştır.

Bu tez çalışmasında, zincir mekanizmalarındaki hatalı montajın, zincir baklaları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Hazırlanan deney düzeneği yardımıyla, dişlilerin açılmalı hareketleri sonucu baklalar üzerinde oluşan kuvvet değerleri, düzener üzerine yerleştirilen strain gage yardımıyla ölçülerek yorumlanmıştır. Farklı yüklemeler altında deneyler tekrarlanarak grafiklerle analiz edilmiştir. Ayrıca teorik çalışma yapılarak, deneysel ve teorik sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

2. ZİNCİRLERİN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Teknikte hareket ve güç iletimi ile, yük kaldırma veya transport işlerinde zincirlerin ve zincir mekanizmalarının geniş bir kullanım alanı vardır. Zincir mekanizmaları, kayış-kasnak mekanizmaları ile dişli çark mekanizmalarının arasında bir yer alır. Kayış-kasnak ve halat mekanizmalarında izafi kaymaya neden olan *kuvvet bağı* na karşılık zincirlerin *şekil bağı* olması mecburi hareketi sağlar. Bu husus hareket iletilmesi gereken yerlerde büyük önem taşır. Küçük eksen mesafeleri ve büyük çevrim oranlarında bile bir kayma olmaz. Büyük eksen açıklıklarında da kullanılmaları mümkündür [Gediktaş, 1993].

Zincir mekanizmaları uzak mesafelere (8 m'ye) kadar güç ve hareket iletebilirler. Aynı anda birden fazla mile hareket iletebilirler. Gıda sektöründen yüksek fırınlara kadar çok farklı ortamlarda çalışma imkanına sahiptir. Hareket şekle bağlı olduğundan gayet iyi bir verime sahiptir. Zincir mekanizmalarının bu avantajlarının yanında çeşitli dezavantajları da vardır. İletilen hız çokgen (poligon) etkisinden dolayı sabit değildir. Darbe ve titreşimlerden dolayı gürültülü çalışırlar [Akkurt, 1999].

Zincirler kullanım amaçlarına göre üçe ayrılır.

Tahrik Zincirleri; miller arasında güç ve hareket iletiminde kullanılır.

Transport Zincirleri; taşıma ve iletim işlerinde kullanmak amacıyla geliştirilmiştir.

Yük Zincirleri; Kaldırma mekanizmalarında yükleri kaldırması ve bağlanması maksadıyla kullanılır.

Makina Konstrüksiyonu bakımından zincirler; mafsallı zincirler ve yuvarlak baklalı zincirler olarak iki ana başlık altında toplanabilirler. Teknikte mafsallı zincirler, kullanışlı, yüksek devir sayısına uygun ve hafif olması nedeniyle, yuvarlak baklalı zincirlere göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Mafsallı zincirler tahrik ve transport zinciri olarak kullanılırlar. Yuvarlak baklalı zincirler ise genellikle yük zinciri olarak kullanılırlar.

Konstrüksiyon bakımından zincirler;

A – Mafsallı Zincirler

1 – Pernolu Zincirler

I – Gall Zincirleri

II – Fleyer Zincirleri

III – Çekme Zincirleri

2 – Burçlu Zincirler

I – Burçlu Zincirler

II – Zarflı Zincirler

3 – Makaralı Zincirler

I – Makaralı Zincirler

II – Rotary Zincirler

4 – Dişli Zincirler

5 – Özel Zincirler

I – Lastik Kaplamalı Zincirler

II – Kazıyıcı Föryeder Zincirleri

III – Tekstil Makinaları Zincirleri

IV – Plaka Zincirler

B – Yuvarlak Baklalı Zincirler

olarak sınıflandırılır.

2.1. Mafsallı Zincirler

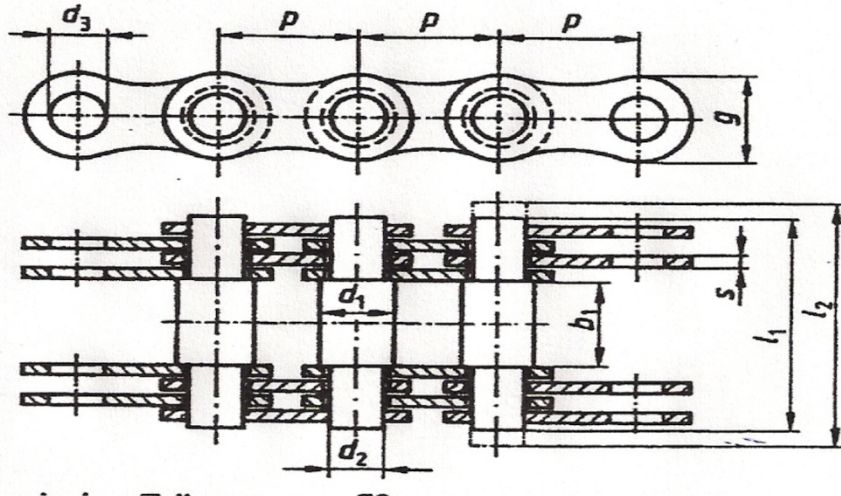
2.1.1. Pernolu zincirler

Yük kaldırma ve yük çekme işlerinde yaygın olarak kullanılan, iç ve dış baklaları bir pernoyla birleştirilmiş zincir çeşididir. Perno üzerinde burç makara gibi elemanları

yoktur. Tozlu ve kirli ortamlarda çalışmaları uygundur. Gall zinciri, fleyer zinciri ve çekme zinciri olarak üç çeşittirler.

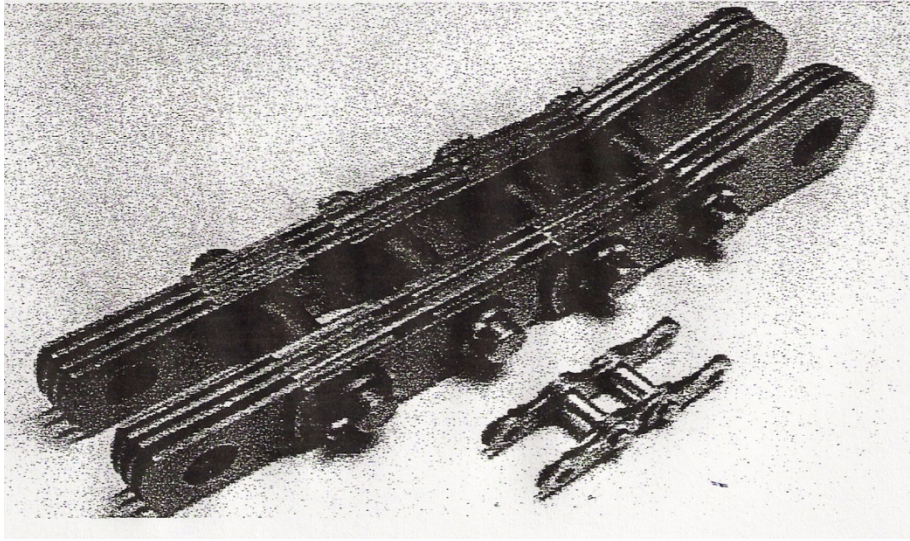
Gall zincirleri

Gall zinciri, zincir pernosuna takılı bir iç ve dış bakladan oluşur. Perno uçları, bir ara pul konulmadan dış bakla üzerine dövülerek (perçin başı gibi) kapatılır. Baklalar perno üzerine dönme hareketi yapabilecek bir toleransla takılmıştır. Zincirin çarka sarılması sırasında baklalar pernoların etrafında, mafsal noktalarında salınım hareketi yaptıklarından aşınma meydana gelir ve zamanla zincir bollaşır. Basit olan mafsal konstrüksiyonlarından dolayı zincirin eğilme direnci de fazladır. Bu sebeplerden ötürü, tahrik zinciri olarak maksimum 0,3 m/s , çok iyi yağlama yapılırsa 0,6 m/s hızlara kadar kullanılırlar [Gediktaş, 1993].



Şekil 2.1. İki sıralı gall zincirinin standart ölçüleri [DIN 8150]

Gall zincirleri burçlu ve makaralı zincirlerden daha fazla yük taşırlar. Calaskal, vinç gibi ağır yük makinalarında halat olarak kullanılır. Kötü çalışma koşullarına, yağsız çalışmaya ve montaj hatalarına dayanıklıdır. Bu nedenle yük kaldırma, yük taşıma işlerinde ve ayar zinciri olarak daha başarılıdır [Okday, 1973].



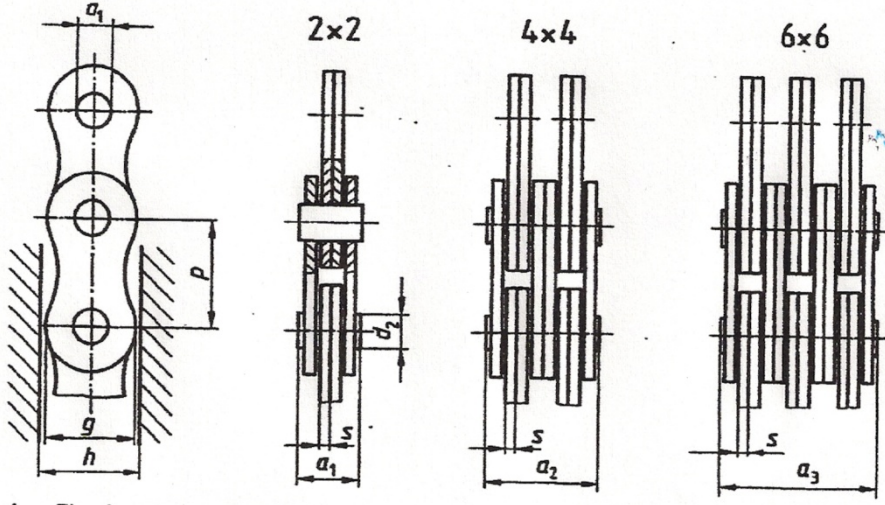
Şekil 2.2. Gall zinciri [Zimaş, 2000]

Standartlarda gall zincirlerinin bakla malzemesi olarak St 60, perno malzemesi olarak da St 50 öngörülmüştür. Gall zincirleri DIN 8150 ile standartlaştırılmıştır. Gerektiğinde baklalar için ıslah çeliği, pernolar için sementasyon çeliği kullanılır. [DIN 8150]

Fleyer zincirleri

Fleyer zincirleri, Şekil 2.3’de görüldüğü üzere perno üzerine baklaların sıkı bir şekilde sıralı olarak dizilmesiyle imal edilmişlerdir. Baklalar pernoya çok sıkı takılıp perçinlendiğinden ötürü bir dişli çark etrafında dönmesi mümkün değildir. Kaldırma makinelerinde ve vinçlerde ağır yük zinciri olarak kullanılırlar. Fleyer zincirlerinin hızları 0,5 m/s’yi geçmemelidir.

Baklalar perno üzerinde sıralı olarak ve birbirine çok yakın yerleştiklerinden, perno yalnızca makaslanmaya zorlanır. Bu nedenle de diğer tip zincirlere göre zorlanmalara karşı daha dayanıklıdırlar.



Şekil 2.3. Fleyer zincirinin standart ölçüleri [DIN 8152]

Malzeme olarak standartlarda, baklalar için St 60, pernolar için St 50 çeliği öngörülmüştür. Bazı üreticiler bakla için ıslah çeliği, perno için de aşınmaya dayanıklı alaşımlı çelik kullanmaktadırlar Bunların minimum kopma yükleri normal tiplere göre önemli ölçüde büyüktür [Gediktaş, 1993].

Fleyer zincirleri DIN 8152’de standartlaştırılmıştır.

Çekme zincirleri

Gall zincirlerinin özel bir çeşidi olan çekme zincirlerinde, her bir elemanda iki çift iç ve dış bakla bulunmaktadır. Bazı tiplerinde yataklama durumunu iyileştirmek amacıyla baklaların içine burç konulmaktadır. Bu şekilde burç eklenen tiplerinde kullanım hızı 1 m/s’ye kadar çıkarılabilir.

Çekme zincirlerinin imalatında pernolar için St 50 veya C 45, baklalar için ise St 60 veya C 45 çeliği kullanılır. Burçlar ise C15 çeliğinden yapıp semente edilir.

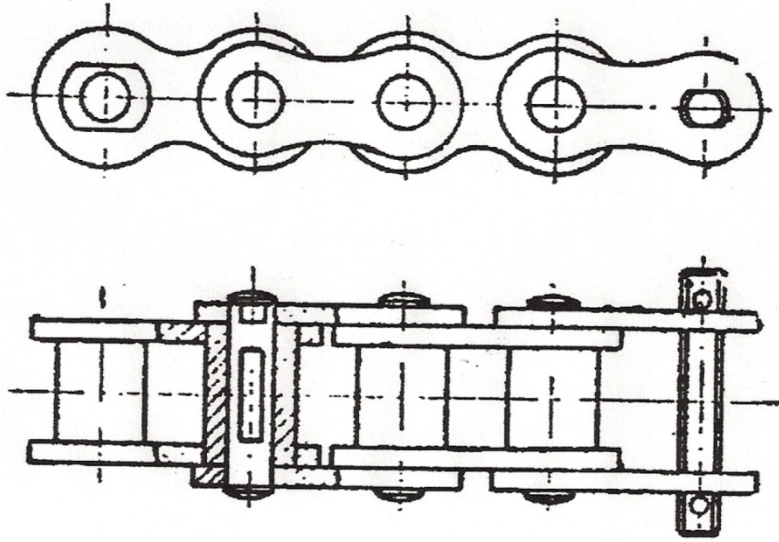
Çekme zincirleri DIN 8156, 8157’de standartlaştırılmıştır.

2.1.2. Burçlu zincir grubu

Burçlu zincirler

Burçlu zincirler Şekil 2.4’de gösterildiği gibi, iç baklalar pres geçme olarak bir burç üzerine takılır. Perno ise bu burcun içerisine sürülür. Bu sayede mafsalsal alanları pernolu zincirlere göre arttırılmış olmaktadır.

Mafsalsal alanlarının daha büyük olması nedeniyle bu alandaki basınçlar daha küçük olduğu ve perno ile burç sertleştirildikleri için, burçlu zincirlerin aşınma mukavemetleri pernolu zincirlere göre daha yüksektir. Bunun yanında, çalışma anında çarkın dişleri ile burcun hep aynı bölgesi temas ettiğinden dolayı hızlı dönen mekanizmalar için uygun değildirler.



Şekil 2.4. Burçlu zincirlerin ön ve üst kesit görünüşü [Okday, 1973]

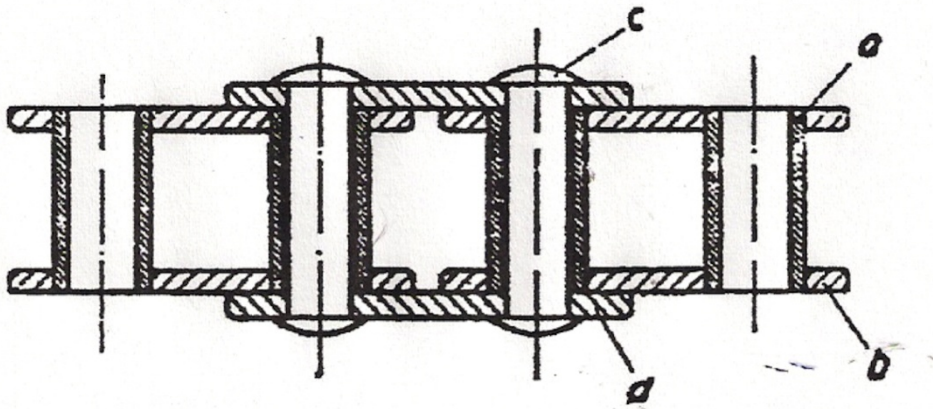
Standartlara göre burçlu zincir baklalarının yapımında St 60 çeliği kullanılır. Burçlar ve pernolar ise C15 çeliğinden yapılır ve sementle edilmek suretiyle sertleştirilir.

Burçlu zincirler DIN 8164’te standartlaştırılmıştır.

Zarflı zincirler

Zarflı zincirler konstrüksiyon olarak burçlu zincirlere benzemektedir. Burçlu zincirlerde kullanılan burcun yerine, çelikten kıvrılmış daha ince zarf kullanılmaktadır. Diğer bir tanımla da zarflı zincirler, makaralı zincirlerin makarasız olarak kullanılan tipleridirler.

Zarflı zincirlerin, makaralı zincirlere göre ağırlıkları daha azdır. Ancak burçlu zincirlerde olduğu gibi zarf ile çark dişlerinin temas bölgelerindeki aşınma daha fazladır. Uygun yağlama şartlarında ve temiz ortamda 12 m/s çevre hızına kadar kullanılabilirler. Aynı hatvedeki makaralı zincirlere göre mafsalları daha büyük olduğu ve birim ağırlıklarının daha az olmasından ötürü de merkezkaç kuvvet daha az olacağından, montaj hacminin dar olduğu yerlerde makaralı zincirlere göre avantaj sağlar. Buna karşılık daha gürültülü çalışırlar [Gediktaş, 1993].



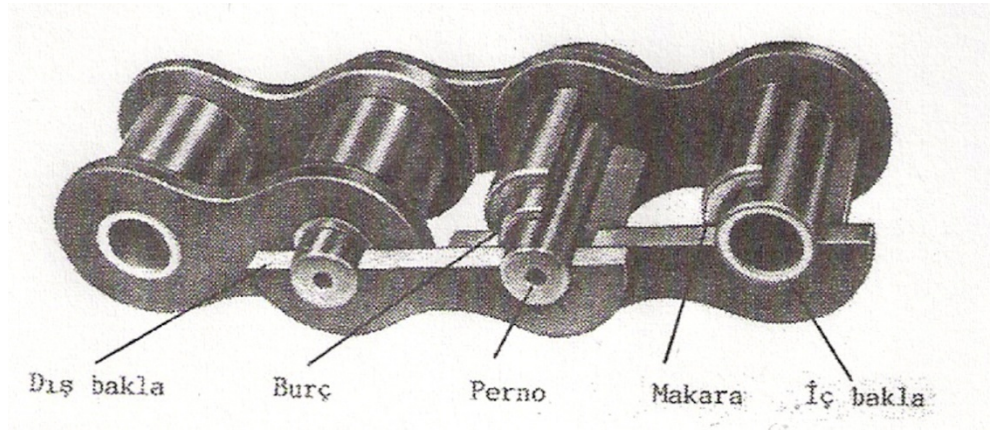
Şekil 2.5. Zarflı zincir elemanları a)zarf b)iç bakla c)perno
d)dış bakla [Okday, 1973].

Standartlara göre zarflı zincir imalatlarında, baklalar St 60 veya St 70, perno ve zarf ise sementasyona tabi tutulmuş C 15 ‘den yapılır.

Zarflı zincirler DIN 8188’de standartlaştırılmıştır.

2.1.3. Makaralı zincir grubu

Makaralı zincirler Şekil 2.6'da görüldüğü gibi, burçlu zincirlerdeki burç üzerine koruyucu makara takılması ile tasarlanmıştır. Zincir-dişli temasında kayma hareketi yerine dönme hareketi meydana geldiğinden, süntünme ve aşınma azalır.

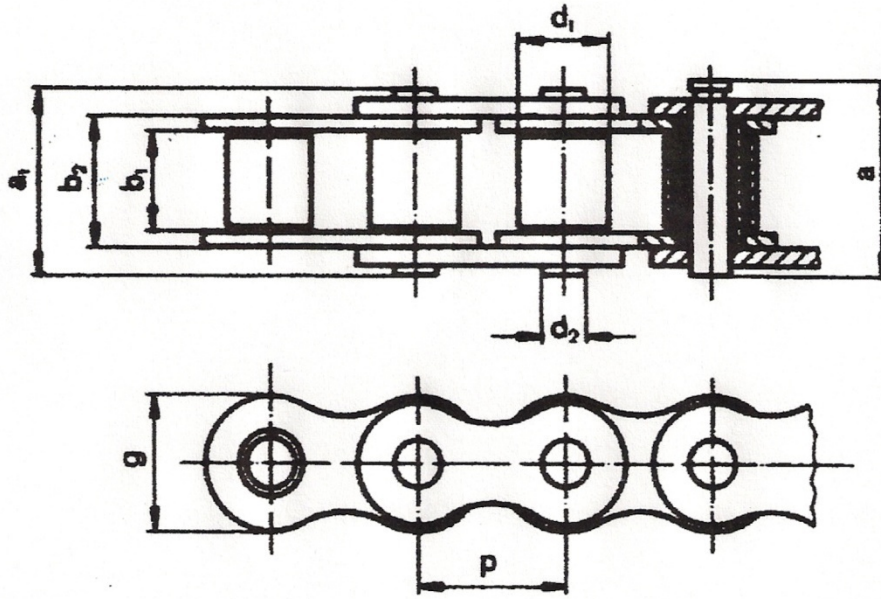


Şekil 2.6. Makaralı zincirin elemanları [Gediktaş, 1993]

Makaralı zincirler

Makaralı zincirlerin konstrüksiyonunda, dış baklalar pernoya, iç baklalar ise burca preslenmiştir. İç baklaların montajından önce makaralar burç üzerine takılırlar. Burç ile perno ve makara ile burç arasında döner geçme toleransı bulunmaktadır. Yeterli yağlamanın yapılması halinde makaralı zincirler oldukça sessiz çalışırlar.

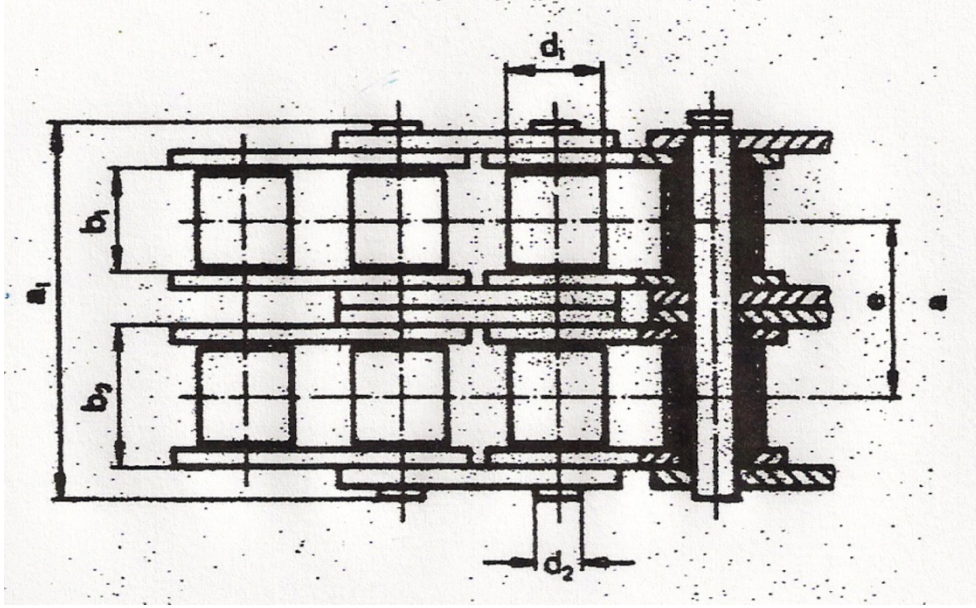
Makaralı zincirler Şekil 2.7 ve Şekil 2.8 de görüldüğü üzere tek veya çok sıralı olarak imal edilirler.



Şekil 2.7. Tek sıralı makaralı zincir [IVIS, 2000]

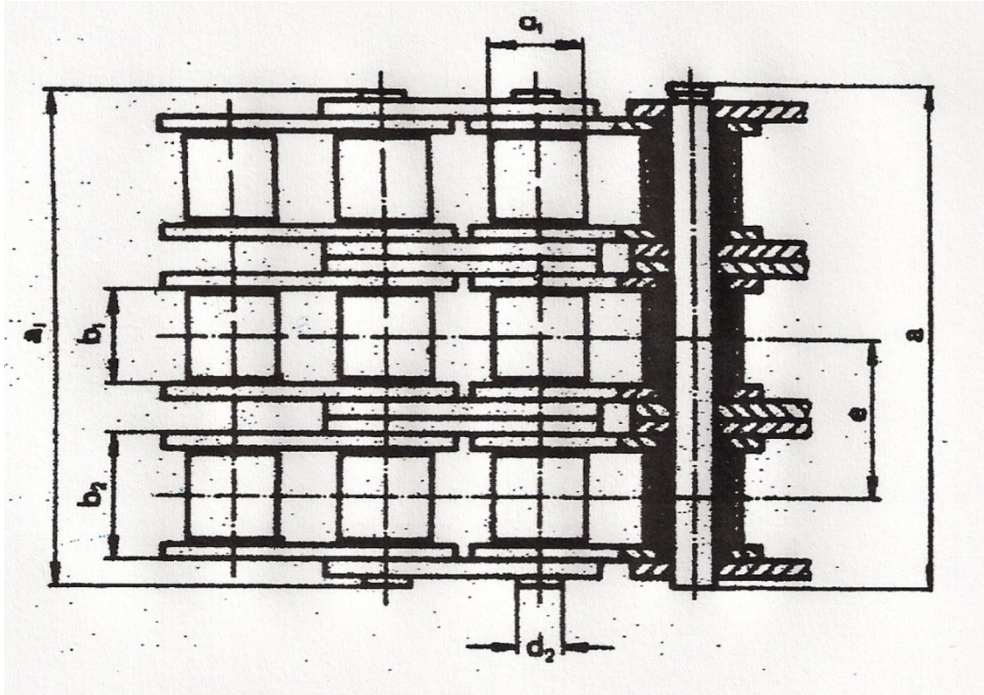
Büyük güç iletiminde ağır zincir yerine paralel çalışan daha ufak kesitli çok sıralı zincirler tercih edilir. Genelde 1...3 sıralı olanlar kullanılır. 4...6 sıralı tipleri de vardır. Çok özel hallerde 24 sıralıya kadar olanlar yapılmıştır. Zincir sıra sayısını fazla arttırmak yerine birçok halde 2...3 sıralı birkaç zincirin paralel olarak kullanılması hassasiyet bakımından tercih edilir. Makaralı zincirlerin üretiminde, parça adetlerinin fazlalığı nedeniyle çok fazla hassasiyet gerekir. Ancak bu sayede bütün zincir sıralarının eşit yüklenmesi sağlanabilir. Benzer şekilde zincir çarklarının ve montajın da çok hassas yapılması zorunludur [Gediktaş, 1993].

Zincir tipleri arasında en geniş kullanım alanına sahip zincir çeşidi makaralı zincirlerdir. Takım tezgahlarında dişli kutusu ile talaş mili arasında, motorsikletlerde arka tekerleklerin döndürülmesinde, dört zamanlı motorlarda kam milinin tahrikinde, istif makinelerinde yük zinciri olarak yaygın bir şekilde kullanılırlar.



Şekil 2.8. İki sıralı makaralı zincir [IVIS, 2000]

Makaralı zincirler tek sıralı, iki sıralı ve üç sıralı olarak DIN 8187, DIN 8188 ve ISO 606'da standartlaştırılmıştır. İki sıralı makaralı zincirler tek sıralı makaralı zincirlerin 1,75 katı, üç sıralı makaralı zincirler ise 2,5 katı güce dayanıklıdır.



Şekil 2.9. Üç sıralı makaralı zincir [IVIS, 2000]

Makaralı zincirlerin çok çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; dıştan makaralı, uzun baklalı, pim çıkıntılı, pim makaralı ve standart makaralıdır.

Dıştan makaralı zincirler; DIN 8187 altındaki zincir tipleridir. Genellikle seri imalat bantlarında taşıyıcı zincir olarak kullanılırlar. Zincirin ortasında bulunan büyük makara, taşınan parçanın alt yüzeylerinde döner. Parça ile zincir arasında herhangi bir sürtünme oluşmaz.

Uzun baklalı zincirler; ziraat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Biçerdöver makinalarında tane ve sap taşıma elevatörü olarak bu tip zincirler kullanılır.

Pim çıkıntılı zincirler; pimlerin boyları tek veya çift tarafa istenilen uzunlukta çıkıntılı olarak üretilir. Genelde çeşitli paketlerin taşınmasında, ambalaj makinalarında ve ufak tip sanayi fırınlarında kullanılırlar.

Pim makaralı zincirler; DIN 8187 – 8188 standartlarıyla imal edilirler. Bu tip zincirlerde burç yoktur ve pimin içi delik olarak üretilmiştir. Karşılıklı pim deliklerinin içinden ayrı bir pim geçirilir. Bu pimler sayesinde taşıyıcı bant olarak kullanılırlar.

Standart makaralı zincirler; taşıyıcı zincir olarak çeşitli amaçlarla kullanılırlar. DIN 8187 altındaki zincirlere kulak ilavesi yapılarak imal edilirler.

Rotary zincirleri

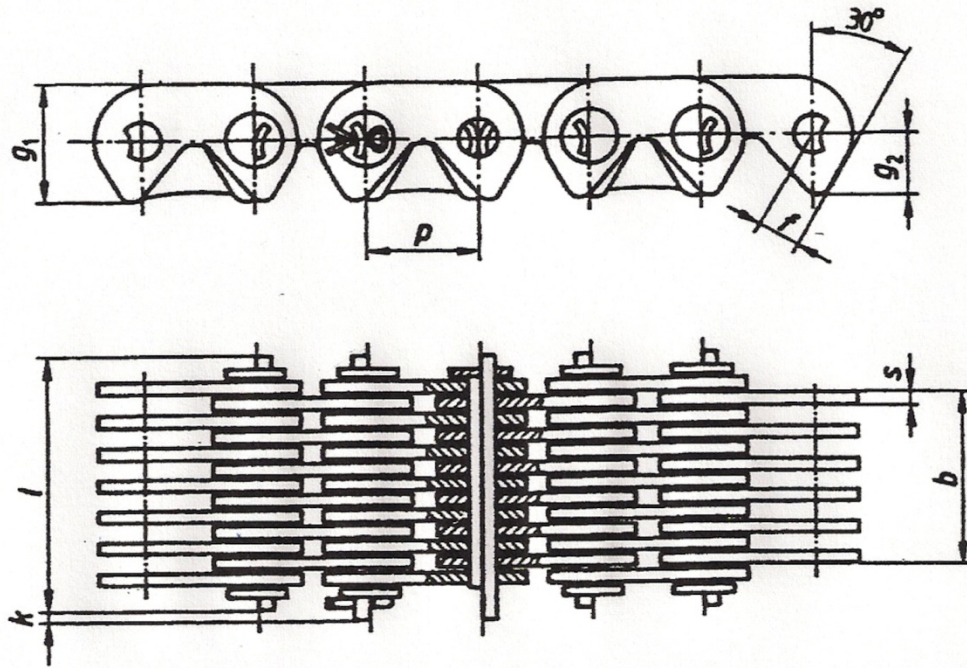
Konstrüksiyon olarak makaralı zincirin benzeridir. İki farklı bakla yerine kademeli tek bakla kullanılmaktadır. Burç ve perno baklaların içine dönemeyecek şekilde takılmıştır. Rotary zincirlerinde tüm baklalar aynı şekilde olduğu ve aynı gerilmeye maruz kaldığı için boy uzamaları ve aşınmaları eşit olur.

Kazı makinalarında, ekskavatörlerde ve ağır mekanizmaların tahrikinde kullanılırlar ve DIN 8182’de standartlaştırılmışlardır.

2.1.4. Dişli zincirler

Sessiz zincirler olarakta adlandırılırlar. Baklaların dış kısmı düz olup aralarında 60° açı vardır. Profil iç yüzeyi çark dişleri ile temas etmez. Mafsal konstrüksiyonları daha iyi kuvvet iletebilmek amacıyla farklı şekillerde yapılmaktadır.

Dişli zincirlerin makaralı zincirlere göre önemli avantajları, bakla yüzeylerinin diş yüzeylerine kayma olmadan oturması ve ayrılması nedeniyle çok sessiz çalışmalarıdır. Özellikle salıncak mafsalı tiplerde aşınma daha azdır. Baklaların aynı olması nedeniyle üniform bir aşınma olur ve zincir hatveleri aynı miktarda büyür. Makaralı zincirlerde aşınma sonucu hatve büyüyünce zincirin diş başına tırmanması ve atması ihtimali vardır ve gürültü de artar. Dişli zincirlerde ise doğrusal oturma yüzeyleri nedeniyle hatve büyüye bile zincir dişin dış kısmına oturur, çalışmasında bir aksama olmaz. Bu nedenle geniş bir kullanım alanı mevcuttur. Takım tezgahlarında, ziraat, kağıt, tekstil ve gıda endüstrisinde, motorlarda kam milinin tahrikinde, redüktörlerde, transport tekniğinde kullanılır [Gediktaş, 1993].



Şekil 2.10. Dişli zincirin geometrisi [DIN 8190]

Dışlı zincirler DIN 8190 da standartlaştırılmıştır. Islah çelikleri ve alaşımlı sementasyon çeliklerinden imal edilirler.

2.1.5. Özel zincirler

Lastik kaplamalı zincirler

Standart zincirlerin her bir adımına U şeklinde lastik parça kaplanarak elde edilen zincir tipidir. Bu tip zincirler yan yana birkaç sıra dizilerek kullanılır ve üzerlerinde her çeşit parça çizilmeden ve zarar görmeden taşınabilir.

Kazıyıcı föryeder zincirleri

Zincire monte edilmiş kulaklar sayesinde kazıyarak malzeme taşınmasında yaygın olarak kullanılır. Yem sanayisinde un, arpa gibi ürünlerin taşınmasında kullanılır.

Tekstil makinaları zincirleri

Tarama, taşıma, taraklama maksadıyla kullanılan zincirlerdir. Elyaf tarama zincirleri, varyöter zincirleri, kurutma makinesi bant zincirleri olarak çeşitleri bulunmaktadır.

Plaka zincirler

Plaka zincirler, zincir baklaları üzerine plakalar takılarak imal edilirler. Medikal ve gıda sektöründe ambalajlama kısımlarında yaygın olarak kullanılırlar. Otomasyona müsait bir zincir tipidir.

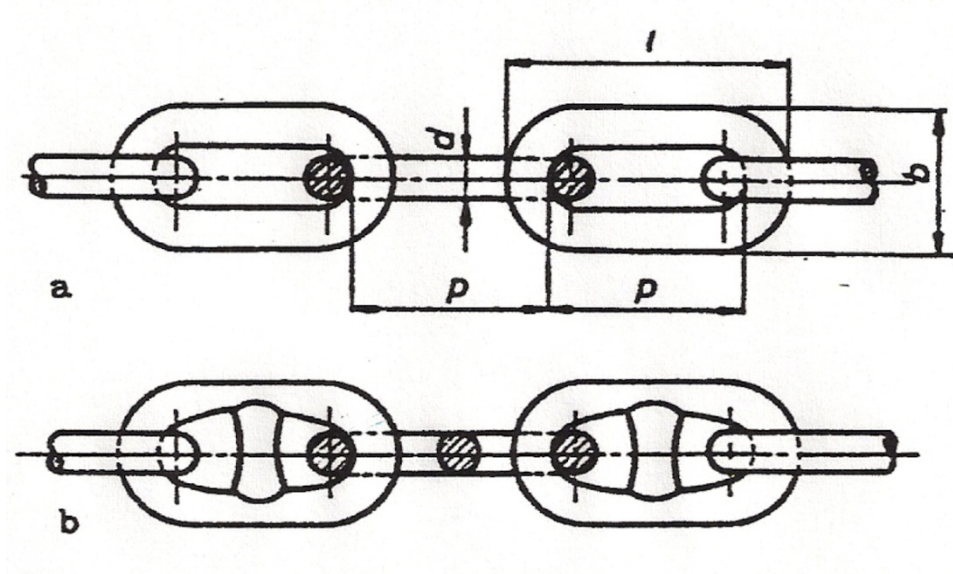
2.2. Yuvarlak Baklalı Zincirler

Yuvarlak baklalı zincirler genel olarak yük zinciri olarak kullanılırlar. Kötü çalışma şartlarına karşı dayanıklıdır ve yağlama gerektirmezler. Şekil 2.11’de baklalı

zincir ve takviyeli baklalı zincir çeşitleri gösterilmiştir. Burada p hatveyi, d çapı, b zincirin dıştan dışa ölçüsünü göstermektedir ve standartlaştırılmıştır.

Yuvarlak baklalı zincirlerin imalinde akma çelikler veya St 37 kullanılır. Zorlamanın fazla olduğu yerlerde ise yorulma mukavemeti yüksek olan alaşımlı çelikler kullanılmaktadır.

Yuvarlak baklalı çelikler DIN 685 – 686’da standartlaştırılmıştır.



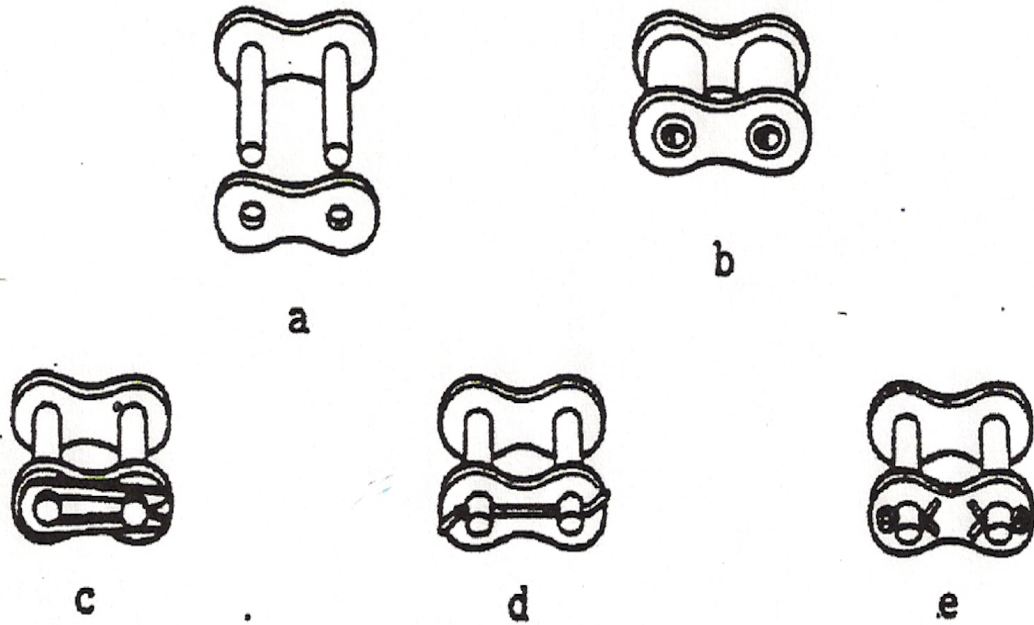
Şekil 2.11. Yuvarlak baklalı zincir tipleri a) Baklalı zincir
b) Takviyeli baklalı zincir [Gediktaş, 1993].

2.3. Zincir Uçlarının Birleştirilmesi

2.3.1. Zincir uçlarının birleştirilmesi

Zincirler genellikle uçları açık şekilde satılırlar. Seri üretimlerde aynı zincirin sürekli kullanıldığı özel hallerde uçları kapatılmış sonsuz zincir de üretilmektedir. Bununla birlikte zincirlerin kısaltılıp uzaması, bir zincirin ucunun başka bir yapı elemanına bağlanması, kırılmış zincirin uçlarının değiştirilmesi için bir çok standart bağlama parçası bulunmaktadır.

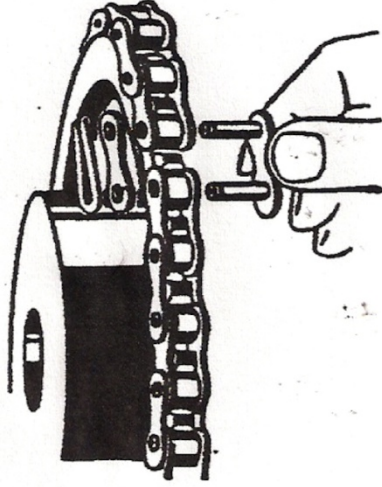
Zincir baklalarının tek veya çift sayıda olmasına göre bağlantı parçaları farklılık gösterir. İç ve dış baklaları farklı tüm zincir tiplerinde bakla sayısının çift olması tercih edilir. Bu durumda zincir uçları birer iç bakla ile son bulur ve normal bir dış bakla ile bağlantı yapılır. Bakla sayısının tek olması halinde zincirin bir ucu iç, bir ucu dış bakla ile sona erer. Bu durumda da bağlantı için özel boyunlu baklalar kullanılır. Şekil 2.12’de en çok kullanılan standart bağlantı şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Zincir uçlarının birleştirilmesi için elemanlar a)Dış bakla b)İç bakla
c)Yaylı fırkete d)Telli e)Çatal pimli [Gediktaş, 1993].

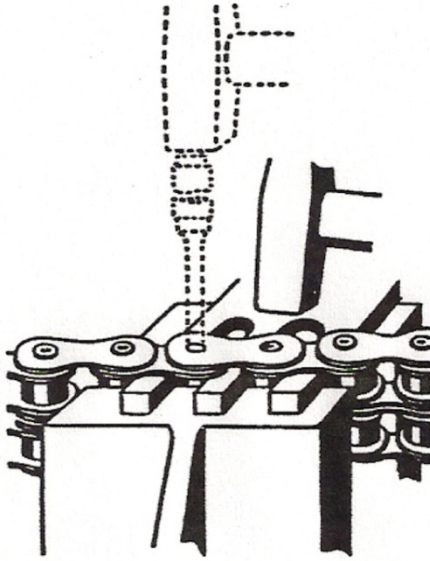
2.3.2. Montaj avadanlıkları

Zincir uç bağlantılarının düzgün ve kolay yapılabilmesi için özel takımlar tasarlanmıştır. Şekil 2.13’de birleştirme işlemine ait gösterim bulunmaktadır.



Şekil 2.13. Zincir uçlarının birleştirilmesi [Gediktaş, 1993]

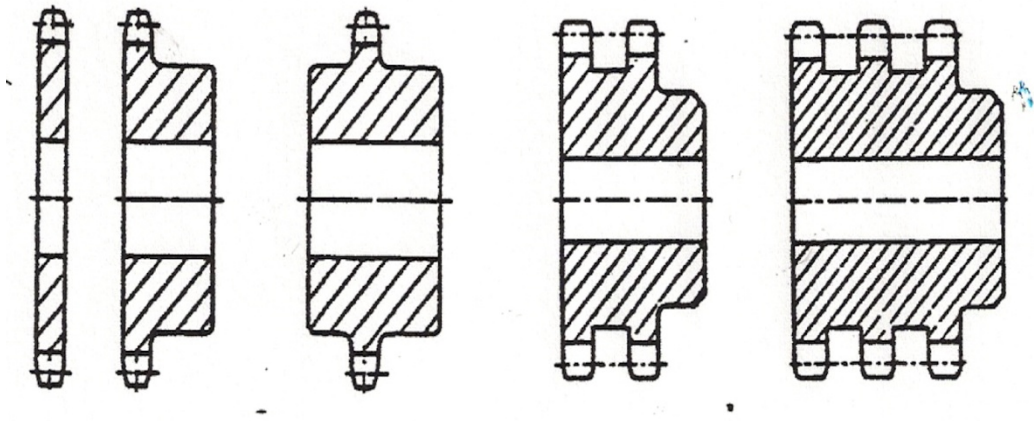
Zincir uçları birleştirilirken iç ve dış bakla delikleri üst üste getirildikten sonra perno yerine sürülerek uç kısmı emniyete alınır. Ağır zincirlerde ve zincir kollarının uzun olduğu mekanizmalarda uçların birleştirilebilmesi için özel çektirme aparatlarının kullanılması zincirin zarar görmesi engeller.



Şekil 2.14. Pernonun zımba ile sökülmesi [Gediktaş, 1993]

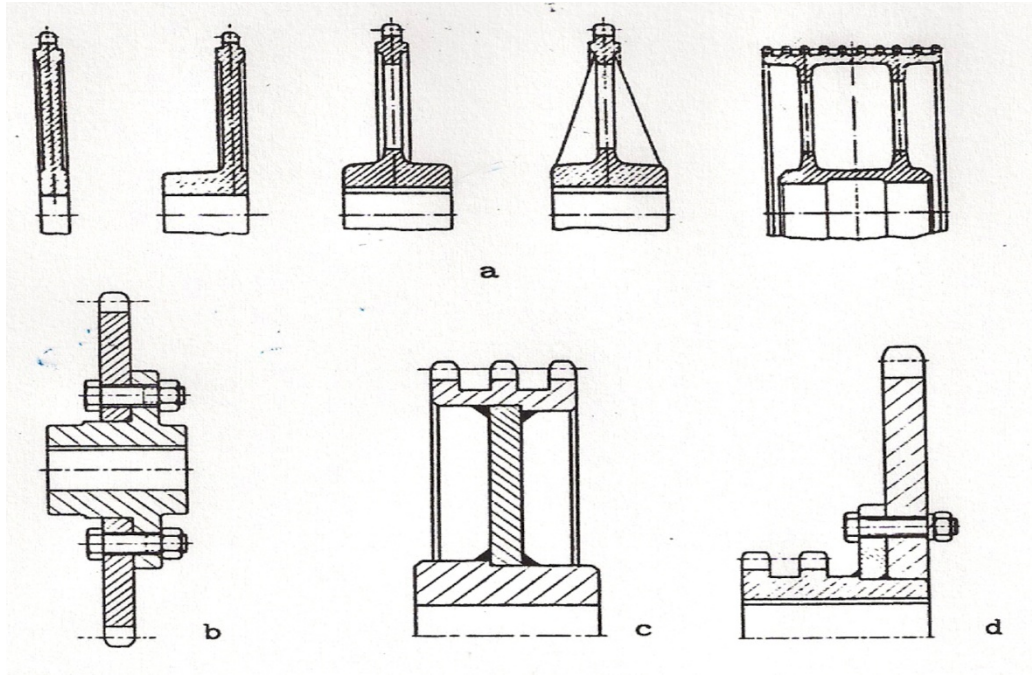
2.4. Zincir Dişli Çarkları

Dişli çarklar zincir mekanizmalarının hareket iletimi için gerekli en önemli parçasıdır. Bir zincir mekanizmasının düzgün çalışması, hassas bir eleman olan zincirin hatasız ve hassas imal edilmiş çarklarla birlikte kullanılması ile mümkündür. Dişler, zincirin çark üzerine bir zorlama olmadan sarılmasına imkan verecek şekilde seçilir. Çalışma sonucu zincir boyundaki uzama için çarkta, kavrama bölgesinde yeterli yer bırakılmış olmalıdır. Bu yer, diş boşluğunu p hatvesinin 0,02 si kadar geniş tutmakla sağlanır. Genellikle, çark dişleri çok rijit olduğu ve zincir kuvveti birden fazla diş tarafından taşındığı için zincir çarkı ve dişleri için bir mukavemet hesabı yapmaya gerek yoktur. Şekil 2.15’de zincir çark çeşitlerine ait örnekler bulunmaktadır.



Şekil 2.15. Tek sıralı ve çok sıralı zincir çarkları [Gediktaş, 1993]

Şekil 2.16’da büyük diş sayıları ve büyük momentlerin iletilmesinde kullanılan dişli çark konstrüksiyonlarına ait örnekler gösterilmektedir. Kaynak konstrüksiyon çarklar tek veya küçük parça sayılarında, döküm çarklar ise büyük parça adetlerinde kullanılırlar. Civata bağlantılı tipleri ise, diş aşınmasının fazla olduğu sistemlerde disk kısmının değiştirilebilmesi için tercih edilirler.



Şekil 2.16. Büyük zincir çarklarının şekilleri a)Döküm çarklar b)Civatalı bağlantılar c)Kaynak konstrüksiyon d)Kombine çark [Gediktaş, 1993].

Zincir dişli çarkların malzemeleri, diş sayısına ve iletilen momente bağlı olarak seçilir. Zincir dişli çark malzemeleri Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

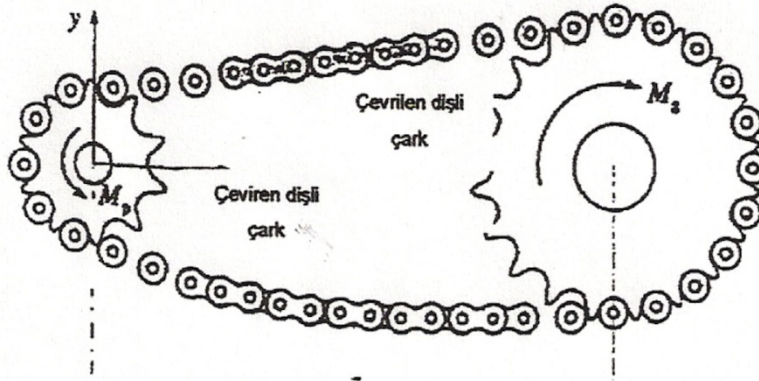
Çizelge 2.1. Zincir dişli çark malzemeleri [Okday, 1973]

Küçük dişli çarklar	$z \leq 30$ $d_0 = 250 - 300 \text{ mm}$	Alaşımsız çelikler (St 60 ... 70)
	$n \geq 500 \text{ dev/dak}$ $v \geq 7 \text{ m/s}$	İslah çelikleri (DIN 17200) Dişlerin alevle 52+2 HRC'ye sertleştirilmesi uygundur.
Büyük dişli çarklar	Normal yükleme	Dökme demir (font)
	Yüksek yükleme	Çelik döküm, özel döküm veya kaynak konstrüksiyonu

3. ZİNCİR MEKANİZMALARI

3.1. Zincir Mekanizmaları

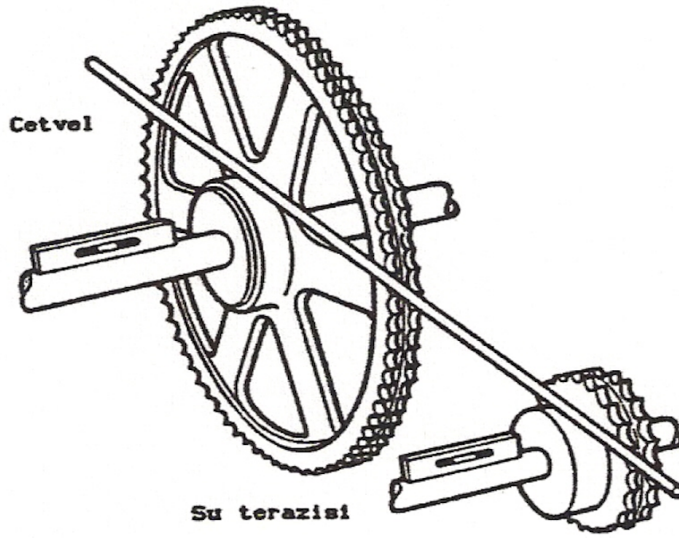
Zincir mekanizmalarında en uygun konstrüksiyon şekli mil eksenlerinin yatay düzlem içinde olmasıyla sağlanır. Düzlemin en fazla 60° ye kadar eğimli olması durumunda da zincir gayet iyi bir şekilde çalışmaktadır. Ancak her iki durumda da zincirin gergin kolunun üstte olması gerekmektedir. Zincir uzunluğunun fazla, dönme yönünün ve döndüren çarkın yerinin uygun olmadığı durumlarda destek veya gergi çarkları kullanılması mekanizmanın düzgün çalışması bakımından faydalı bir yoldur [Gediktaş, 1993].



Şekil 3.1. Global koordinat düzleminde zincir dişli mekanizması [Troedsson; Vedmar 1999]

3.2. Montaj Kuralları

Zincir mekanizmalarının montajında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, zincir dişlilerinin takıldığı millerin birbirlerine paralel olması hususudur. Dişli çarkların orta düzlemlerinin de üst üste gelmesi gerekmektedir. Şekil 3.2’de çelik cetvel ve su terazisi kullanılarak zincir mekanizması kontrolüne ilişkin düzenek gösterilmektedir.



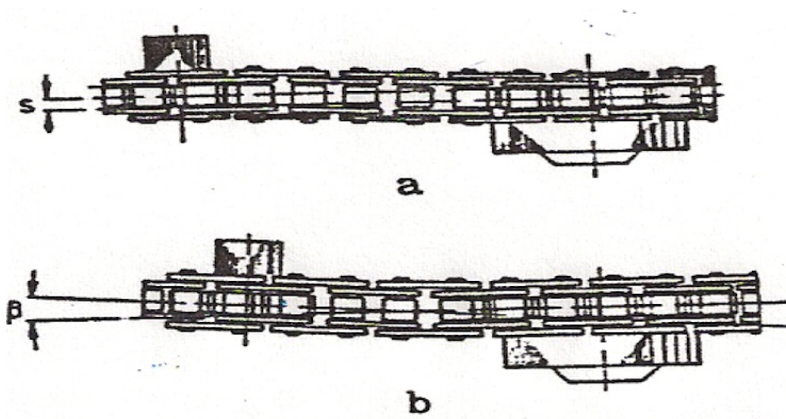
Şekil 3.2. Zincir çarklarının montaj kontrolü [Gediktaş, 1993]

Dişli millerinin arasında müsaade edilen açı,

Tek zincirli mekanizmalarda $< 40^\circ$

Çift zincirli mekanizmalarda $< 20^\circ$

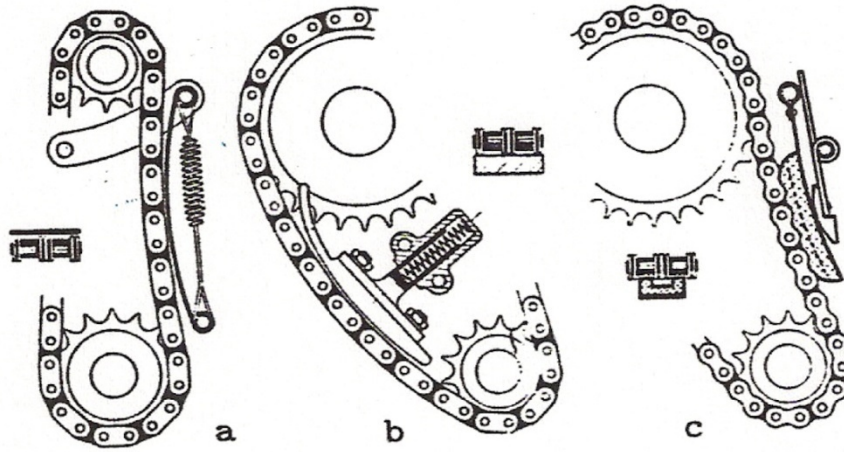
yi aşamamalıdır. Çarklar arasındaki kaçıklık ise a eksenler arası mesafe olmak üzere, $s < 0,005 \cdot a$ olmalıdır.



Şekil 3.3 Hatalı montaj kontrol değerleri a) Eksenler dönük b) Çarklar kaymış [Gediktaş, 1993].

3.3. Zincir Gerginliğinin Ayarı

Zincir kollarının gevşek olması durumunda, merkezkaç kuvvetin etkisinde zincir, taksimat dairesinden daha büyük bir daire üzerinde döner ve dişlere baş kısımlarına yakın bir yerde oturur, dişlideki klavuzluk etkisi bozulur. Aşınma sonucu zamanla zincir hatvesi büyüyeceğinden, zincir gerginliği de yeterli değilse, zincirin dişliden ayrıldığı bölgede burçların diş başına doğru tırmanması artar, boşluğun fazla olması halinde dişlerden de atlayabilir. Bu sebepten zincir yerine bir ön gerilme ile takılır veya gergi çarkları kullanılarak gerekli ön gerilme sağlanır.



Şekil 3.4. Germe tertibatları a) Germe bandı b,c) Germe pabucu
[Gediktaş, 1993].

3.4. Yağlama

Zincirlerin yağlanmasında sıvı makine yağı (şanzıman yağı sınıfı) kullanılmaktadır. Gres yağları, perno ve burçlar arasına, mafsallara giremeyeceği için kullanılmamalıdır.

Çizelge 3.1. Zincir mekanizmalarında kullanılacak yağ viskoziteleri [Gediktaş, 1993]

Çevre Sıcaklığı	-5...+25 °C	26...45 °C	46...65 °C
Viskozite sınıfı	SAE 30	SAE 40	SAE 50

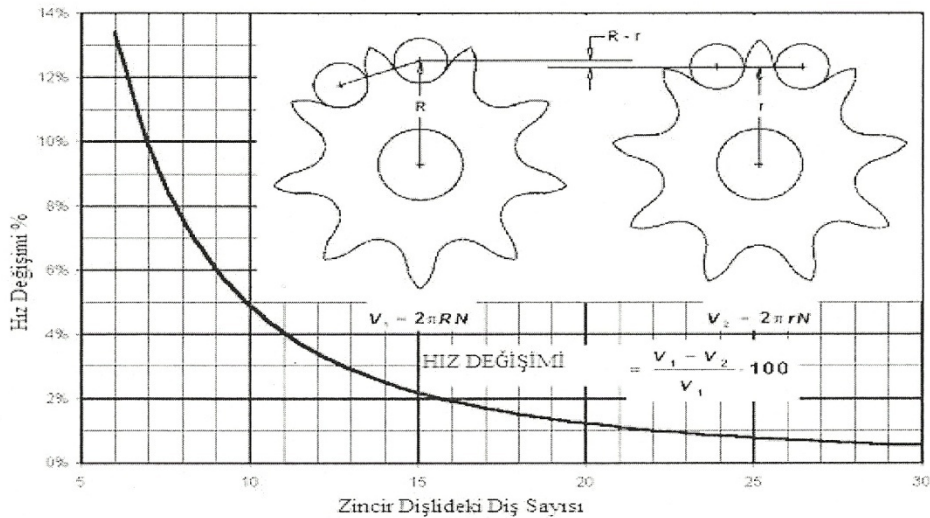
4. ZİNCİR MEKANİZMALARININ TASARIMI

4.1. Zincirlerin Hesabı

Zincirin gergin koluna etkiyen F_t çevre kuvveti (teğetsel kuvvet) çarkın dişlerine baklalar üzerinden iletilir. Her bir baklanın ilettiği kuvvet bileşeni, zincirin çarka sarılmaya başladığı ilk diştten, çarktan ayrıldığı son dişe kadar bir miktar küçülür ve gevşek koldaki kuvvet değerine düşer. Zincirin çarka sarılma açısının küçülmesi gevşek koldaki kuvvetin büyümesine neden olur. Ayrıca çark çevresinde baklalara etkiyen boyuna kuvvetlerin çarkın son dişlisine doğru azalması zincir bakla boyunda az da olsa kısılma meydana getirir. Bunun sonucu olarak baklalar diş üstünde kayar ve aşınma meydana gelir [Gediktaş, 1993].

4.1.1. Çevre kuvveti

Zincir mekanizmalarında poligon etkisi olduğundan zincir çevre hızı ortalama bir değer etrafında salınır. Bu nedenle iletilen gücün ve zincir dişli hızının sabit olmasına rağmen çevre kuvveti de ortalama bir değer etrafında salınım yapar. Hesaplarda bu ortalama değer esas alınır. Dişli çark üzerinde hız değişimi Şekil 4.1.'de görülebilmektedir.



Şekil 4.1. Dişli çark üzerinde hız değişimi

$$v = \frac{n \cdot p \cdot z}{60 \cdot 1000} \quad (4.1)$$

$$d = \frac{p \cdot z}{\pi} \quad (4.2)$$

d : dişli çark ortalama çapı (mm)

p : zincir hatvesi (mm)

v : zincir çevre hızı (m/s)

z : zincir dişli diş sayısı

n : devir sayısı (dak⁻¹)

P iletilen güç ve T döndürme momenti olmak üzere, nominal çevre kuvveti;

$$F_t = \frac{60 \cdot 10^6 \cdot P}{n \cdot p \cdot z} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot T}{p \cdot z} \quad (4.3)$$

bulunur.

4.1.2. Ek kuvvetler

Zincir mekanizmasının kullanıldığı sistemdeki moment değişimlerinin, darbe etkilerinin ve tahrik mekanizmalarının mekanik etkilerinden oluşan ek kuvvetler incelenerek göz önüne alınmaları gerekir. Fakat bu değerlerin tespit edilmesi çok zor olduğundan, nominal kuvvetin F_t , bir işletme faktörü f_1 ile çarpılması ile ek kuvvetler hesaba katılmış olur. f_1 için tavsiye edilen değerler Çizelge 4.1.'de verilmiştir [Gediktaş, 1993].

Çizelge 4.1. Nominal kuvvet için tavsiye edilen değerler.

Düzgün $f_1=1,0$	Sarsıntılı $f_1=1,5$	Darbeli $f_1=2,0$
Eşit ve düzgün yüklü dolum makinaları	Betonyerler	Bagger ve inşaat makinaları
Matbaa makinaları	Eşit yüklü olmayan transport tesisleri	Kauçuk işleme makinaları
Eşit yüklü transport tesisleri	Haddehaneler	Tahta zımpara makinaları
Ağaç işleme makinaları	Bilyalı değirmenler	Çekiçli değirmenler
Santrifüj pompalar	Pistonlu kompresörler, 3 silindirli	Pistonlu pompalar, 1 veya 2 silindirli
Santrifüj kompresörler	Pistonlu kompresörler, 3 silindirli	Pistonlu kompresörler, 1 veya 2 silindirli
Kağıt haddeleri	Presler ve makaslar	Sondaj makinaları
Yürüyen merdivenler	Kren ve asansör hadde tesisleri	Kaynak jeneratörleri
Sıvılar için karıştırıcılar	Katı maddeler için karıştırıcılar	Haddeli kırıcılar
Kurutma tamburları	Vinçler, sarsıntılı elekler	Tuğla makinaları
Takım tezgahları, ana tahrik	Tel üretimi için çekme zincirleri	

4.1.3. Ön gerilme kuvveti

Zincir gevşek koluna etkiyen kuvvet ön gerilme kuvveti $F_{\text{ön}}$, zincirin çarkta ayrılma noktasında geri kalan boyuna kuvvet F_L 'ye eşittir.

$$F_{\text{ön}} = F_t \left[\frac{\sin \gamma}{\sin \left(\frac{360^\circ}{z+\gamma} \right)} \right]^{z_b} \quad (4.4)$$

bulunur.

Bu bağıntıda β sarılma açısı olmak üzere buna karşılık gelen diş sayısı $z_b = \beta \cdot z / 360^\circ$ dir. İyi boyutlandırılmış bir mekanizmada gevşek koldaki ön gerilme kuvveti çok küçük olup F_t çevre kuvvetinin %2-4 'ü kadardır [Gediktaş, 1993].

4.1.4. Merkezkaç kuvveti

Zincirin mafsal noktasına etkiyen merkezkaç kuvvetinin bileşenleri Şekil 4.2.' de gösterilmiştir.

F_f : Merkezkaç kuvvetinin zincir üzerindeki bileşeni (N)

F_R : Zincirin mafsal noktasındaki radyal merkezkaç kuvveti (N)

p : Zincir baklasının adımı (mm)

q : 1 metre zincirin kütlesi (kg/m)

m : kütle (kg)

d : dişli çark ortalama çapı (mm)

w : açısal hız (s^{-1})

v : zincir çevre hızı (m/s)

$$m = \frac{q \cdot p}{10^3} \quad (4.5)$$

$$d = \frac{p}{\sin(\tau/2)} \quad (4.6)$$

olmak üzere,

$$F_R = m \cdot r \cdot w^2 = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot m \cdot v^2}{d} = q \cdot v^2 \cdot 2 \sin(\tau/2) \quad (4.7)$$

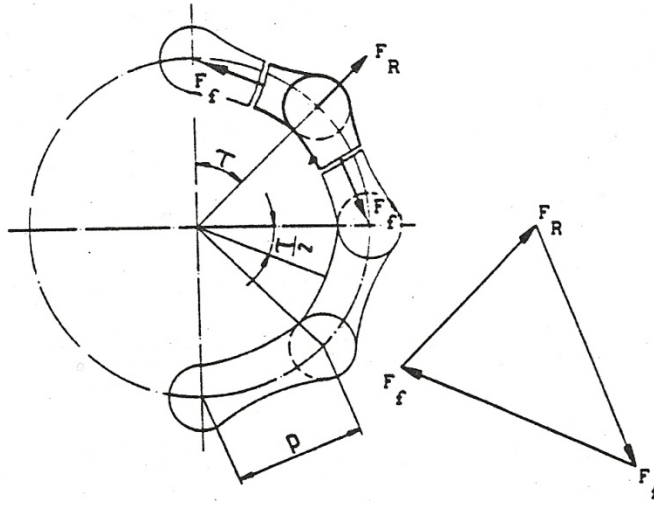
Radyal yöndeki bu kuvvet, zincir baklaları doğrultusundaki F_f bileşenlerine ayrılırsa,

$$\sin(\tau/2) = 0,5 \frac{F_R}{F_f} \quad (4.8)$$

kullanılarak,

$$F_f = \frac{F_R}{[2 \sin(\tau/2)]} = q \cdot v^2 \quad (4.9)$$

bulunur.



Şekil 4.2. Zincire etkiyen merkezkaç kuvvetinin bileşenleri

Görüldüğü gibi merkezkaç kuvvetinin teğetsel bileşeni τ açısına ve zincir dişlisinin diş sayısına bağlı değildir. F_f kuvveti hızın karesiyle doğru orantılı olduğundan artan çevre hızı ile çok büyük değerler alır [Gediktaş, 1993].

4.1.5. Zincir titreşimlerinden oluşan kuvvetler

Zincirin, zincir dişliye bir çokgen şeklinde sarılması zinciri oluşturan elemanların konumunun sürekli olarak değişmesine neden olur. Çarkta etken çap, d ile $d \cdot \cos(\tau/2)$ arasında değişir. Bu olay Şekil 4.3.'de görülmektedir.

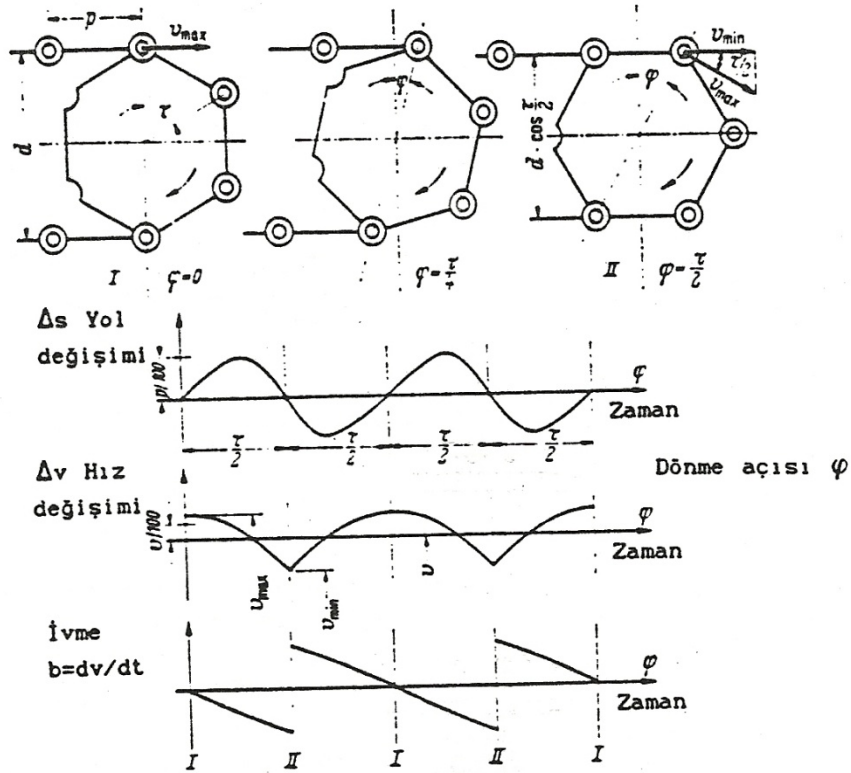
Bunun sonucu olarak çark sabit w açısal hızı ile dönmesine rağmen zincirin hızı,

$$v_{\max} = w \cdot d / 2000 \quad \text{ile}$$

$$v_{\min} = w \cdot \cos(\tau/2) \cdot d / 2000$$

değerleri arasında salınır.

Zincir kolları devamlı ivmelenir ve dönme eksenine yaklaşır veya uzaklaşır. Sistemin geometrisinden oluşan bu olaya *poligon (çokgen) etkisi* denir.



Şekil 4.3. Zincir mekanizmalarında poligon etkisi [Gediktaş, 1993].

Poligon etkisinden oluşan F_p kuvveti, zincirin doğal frekansı ile diş sayısının ikaz frekansı arasında yeterli fark varsa, bir rezonans durumu olmayacağından hesaba katılmaz. Rezonans olması durumunda ise çok büyük titreşimler oluşur ve zincir sarsıntılı çalışır.

4.1.6. Zincir çeki kuvveti

Zincir çevresel kuvveti ile merkezkaç kuvvetinin teğetsel bileşeni toplamı zincir çeki kuvvetine eşittir.

$$F_{\phi} = F_t + F_f \quad (4.10)$$

4.2.2. Pernodaki eğilme gerilmesi

Eğilme atalet momenti,

$$W_e = \frac{\pi \cdot r^3}{32} \quad (4.12)$$

olmak üzere, pernodaki eğilme gerilmesi,

$$\sigma_e = \frac{F_\zeta}{2W_e} \leq \sigma_{e.em} \quad (4.13)$$

r: perno çapı (mm)

F_ζ : zincir çeki kuvveti (N)

σ_e : pernodaki eğilme gerilmesi (N/mm²)

Emniyet gerilmesi $\sigma_{e.em}$ değerleri Çizelge 4.2. ' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Makaralı zincir malzemeleri ve emniyet gerilmeleri

Baklalar : Islah çeliği, $\sigma_k = 600-700 \text{ N/mm}^2$ (C45)
Perno, Burç, Makara : Islah çeliği, sertliği HB = 450 daN/mm ² C45 veya sementasyon çeliği C15, sertliği HRC = 60
Makara / Perno arasındaki yüzey basıncı $P_{em} = 150 \text{ N/mm}^2$ (C45)
Çekme mukavemeti : $\sigma_{\zeta.em} = \sigma_k / S \leq 100 \text{ N/mm}^2$ (S = 6 - 8)
Eğilme mukavemeti : $\sigma_{e.em} = 0,5 \sigma_{\zeta.em}$
Hertz basıncı : $P_{H.em} = 3.21 \text{ HV}$

4.2.3. Pernodaki kesme gerilmesi

Pernodaki kesme gerilmesi aşağıdaki şekilde hesaplanır,

r : perno çapı (mm)

F_c : zincir çeki kuvveti (N)

τ : pernodaki kesme gerilmesi (N/mm²)

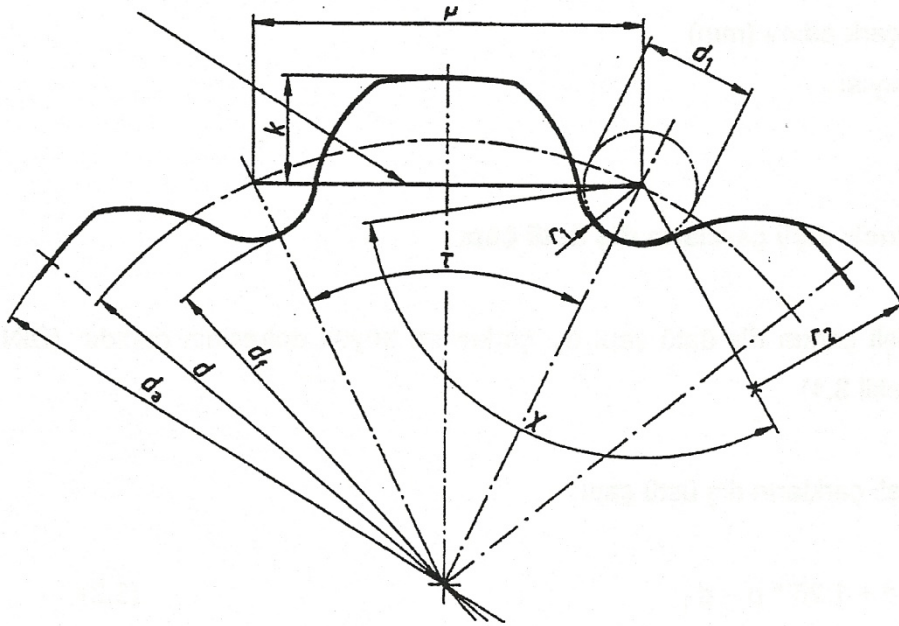
$$A_p = \frac{\pi \cdot r^2}{4} \quad (4.14)$$

olmak üzere, kesme gerilmesi;

$$\tau = \frac{F_c}{2A_p} \leq \tau_{em} \quad (4.15)$$

4.3. Zincir Dişli Çark Hesabı

Şekil 4.5.'de standart zincir dişli çarkın geometrisi gösterilmektedir. Burada gösterilen d , d_f ve d_a değerleri dişli çarkı tanımlayan özellikleridir.



Şekil 4.5. Zincir dişli çarkın geometrisi [DIN 8196].

4.3.1. Zincir dişli çarkların ortalama çapının boyutlandırılması

Zincirdişliçarkınortalamaçapıd,çarkasarılanzincirinmafsallarınınortanoktalarındangeç endaireninçapıdır.Budairezincirbarklalarınınçokgeninköşelerinden geçendairedir.Dişli çarkın adımı,ortalamaçapınüzerindeölçülenyayuzunluğuolup,budeğerzinciradımından biraz büyüktür.

Zincir dişli çarkın ortalama çapı;

$$d = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)} \quad (4.16)$$

d : Dişli çark ortalama çapı (mm)

p : Dişli çark adımı (mm)

z : Diş sayısı

4.3.2. Zincir dişli çarkların diş üstü çapı

Zincir dişli çarkın diş üstü çapı d_a , çarkın en büyük dairesinin çapıdır.

Zincir dişli çarkların diş üstü çapı;

$$d_{a \max} = d + 1,25 \cdot p - d_1 \quad (4.17)$$

$$d_{a \min} = d + (1 - 1,6 / z) \cdot p - d_1 \quad (4.18)$$

$d_{a \max}$ = Dişli çark diş üstü maksimum çapı (mm)

$d_{a \min}$ = Dişli çark diş üstü minimum çapı (mm)

d_1 = Zincir makara çapı (mm)

4.3.3. Zincir dişli çarkların diş dibi çapı

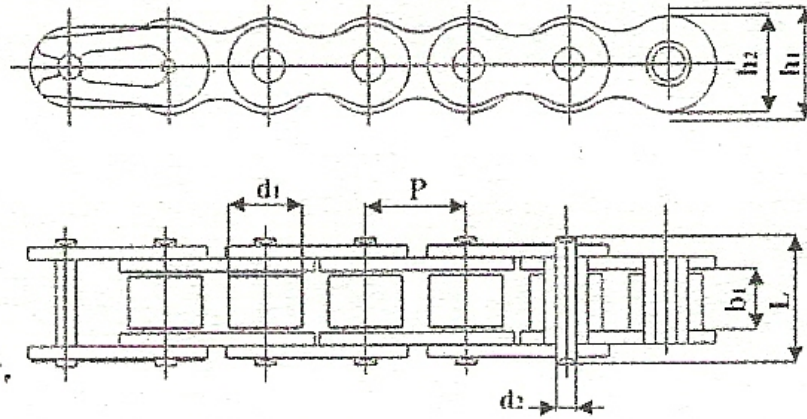
Sessiz çalışma bakımından en önemli boyut diş dibi çapı olduğundan, tolerans değerlerine azami dikkat edilmelidir. d_f , dişli çark diş dibi çapı olmak üzere ;

$$d_f = d - d_1 \quad (4.19)$$

4.4. Tez Çalışmasıyla İlgili Hesaplamalar

4.4.1. Kullanılan zincir ve zincir dişli ile ilgili teknik bilgiler

Tez çalışması kapsamında yapılan deneylerde kullanılan zincir, DIN8187 normunda 3/8" standart baklalı zincirdir. Zincir St37 malzemesinden imal edilmiş olup, ısıtılmış işlem görmüştür. Deney düzeneğinde kullanılan zincirin toplam boyu 2015 mm dir.



Şekil 4.6. Baklalı zincir ölçüleri [Yılmazlar ,2010].

Zincire ait teknik bilgiler,

p : 9,525 mm (3/8")

d_1 : 6,35 mm

b_1 : 5,72 mm

d_2 : 3,28 mm

h_1 : 8,52 mm

$$h_2 : 8,26 \text{ mm}$$

$$L : 13,5 \text{ mm}$$

Kullanılan zincir dişliye ait teknik bilgiler,

Zincir dişli çarkın ortalama çapı formül Eş.4.16 yardımıyla,

$$d = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)} = \frac{9,25}{\sin\left(\frac{180}{47}\right)} = \frac{9,525}{0,066} = 144,3 \text{ mm}$$

Zincir dişli çarkın diş üstü çapı formül Eş.4.17 kullanılarak,

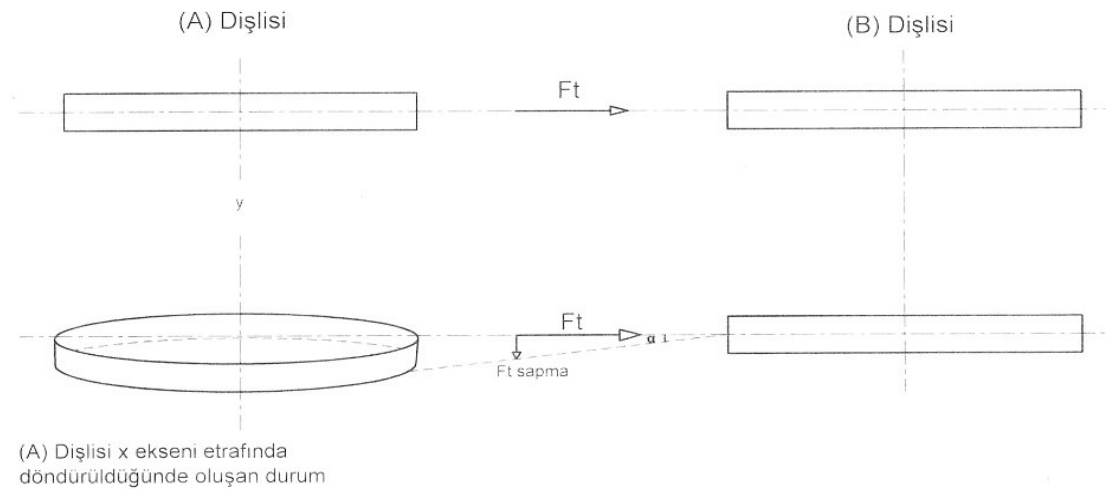
$$d_{a \max} = d + 1,25 \cdot p - d_1 = 144,3 + 1,25 (9,525) - (6,35) = 149,8 \text{ mm}$$

Zincir dişli çarkın diş dibi çapı formül Eş.4.19 'dan,

$$d_f = d - d_1 = 144,3 - 6,35 = 137,9 \text{ mm}$$

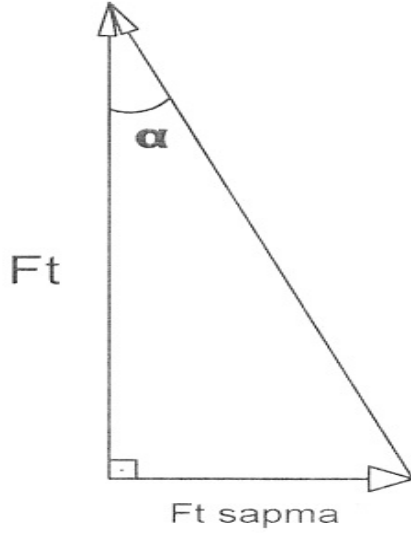
Deneyimizde DIN8187 normunda, C1040 malzemesinden imal edilmiş, 47 diş, 3/8” zincir dişli kullanılmıştır.

4.4.2. Deney çalışmasının teorik olarak incelenmesi



Şekil 4.7. Zincir dişli açısal hareket kuvvet analizi

Dişli çarkın açısal olarak hareketi sonucu zincir üzerinde oluşan kuvvet üçgeni,



Şekil 4.8. Kuvvet üçgeni

Oluşan dik üçgende ,

$$\tan \alpha = \frac{F_t \text{ sapma}}{F_t}$$

olarak bulunur. Buradan da,

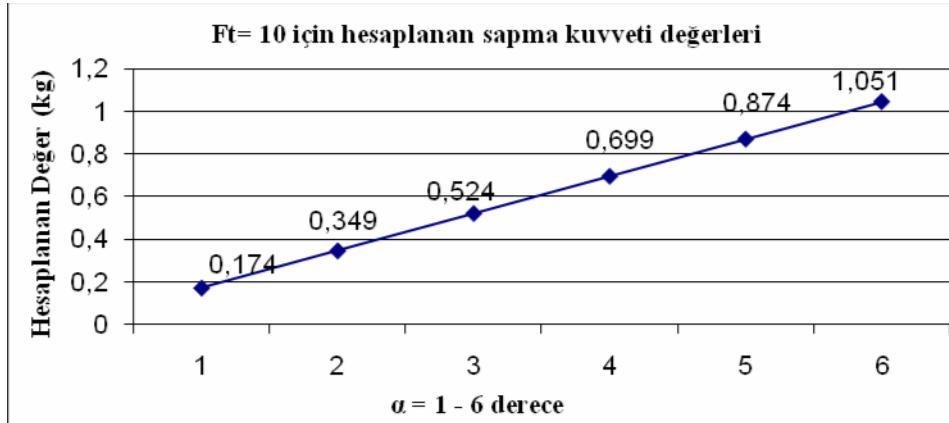
$$F_t \text{ sapma} = F_t \cdot \tan \alpha \quad (4.20)$$

bulunur.

$F_t=10$ ve $\alpha =1^0 \dots 6^0$ için oluşacak kuvvet değerleri Eş.4.20 formülü kullanılarak hesaplanırsa,

$$F_{ts1} = (10) \cdot \tan(1^0) = (10) \cdot (0,0174) = 0,174 \text{ kg}$$

Benzer şekilde $F_{ts2} \dots F_{ts6}$ hesaplanıp grafik üzerinde gösterilirse,



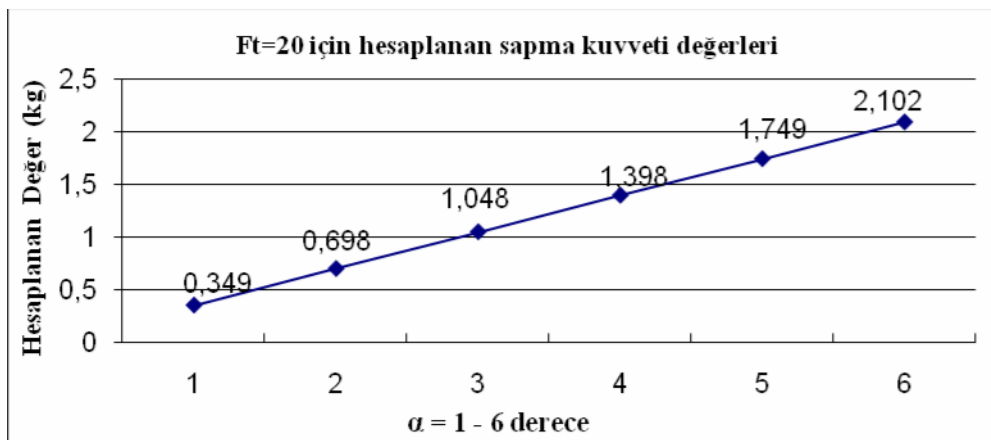
Şekil 4.9. $F_t=10$ için hesaplanan sapma kuvveti değerleri.

Grafikten de görüleceği üzere, artan açı değişimine karşılık kuvvet değerinde de lineer bir artışın olduğu görülmektedir.

Şimdide Eş.4.20 formülünü kullanarak $F_t=20$ ve $\alpha = 1^0 \dots 6^0$ için oluşacak kuvvet değerlerini hesaplarsak,

$$F_{ts\ 1} = (20) \cdot \tan(1^\circ) = (20) \cdot (0,0174) = 0,349\ kg$$

Aynı formül yardımıyla $F_{ts\ 2} \dots F_{ts\ 6}$ hesaplanıp grafik üzerinde gösterilirse,



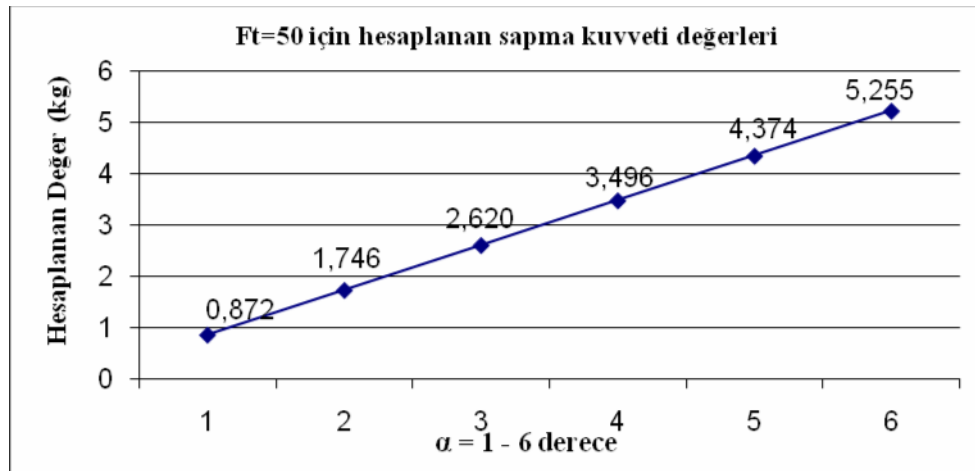
Şekil 4.10. $F_t=20$ için hesaplanan sapma kuvveti değerleri.

Grafikte $F_{t \text{ sapma}}$ değerlerinin lineer artışı görülmektedir.

(4.20) formülünü kullanarak $F_t=50$ ve $\alpha = 1^0 \dots 6^0$ için oluşacak kuvvet değerlerini hesaplayacak olursak,

$$F_{ts1} = (50) \cdot \tan(1^\circ) = (50) \cdot (0,0174) = 0,872 \text{ kg}$$

Benzer şekilde $F_{ts2} \dots F_{ts6}$ değerleri hesaplanıp, bulunan değerler grafik üzerinde gösterilirse,



Şekil 4.11. $F_t=50$ için hesaplanan sapma kuvveti değerleri.

Değerler grafik üzerinde incelenirse, lineer bir artışın olduğu görülmektedir.

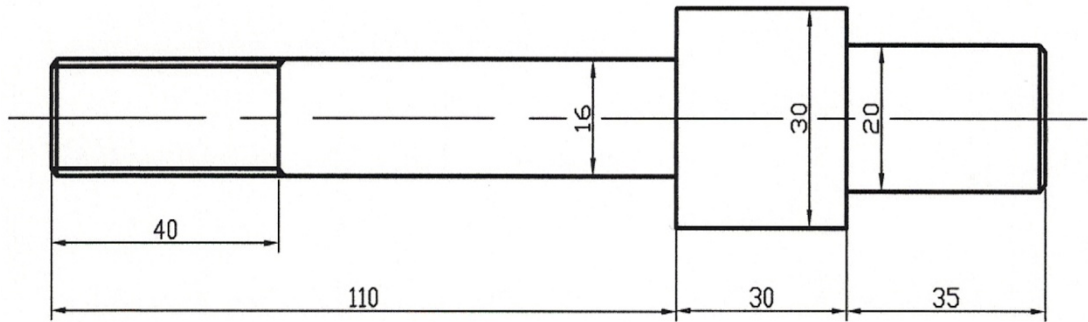
Aynı zamanda her üç grafikten de görüleceği üzere, $F_{t \text{ sapma}}$ değeri F_t ile doğru orantılı olarak arttığından, artan F_t kuvveti neticesinde zincir üzerinde oluşan $F_{t \text{ sapma}}$ değerleri de artmaktadır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Deney Düzenekinin Hazırlanması

Bu tez çalışmasında, hatalı montajın zincir baklası üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bir deney düzeneği tasarlanmıştır. Bu düzenek ana hatlarıyla, 30x30 kutu profilden imal edilmiş ana gövde, bu gövde üzerine yerleştirilmiş iki adet 3/8" zincir dişli ve 3/8" baklalı zincirden oluşmaktadır.

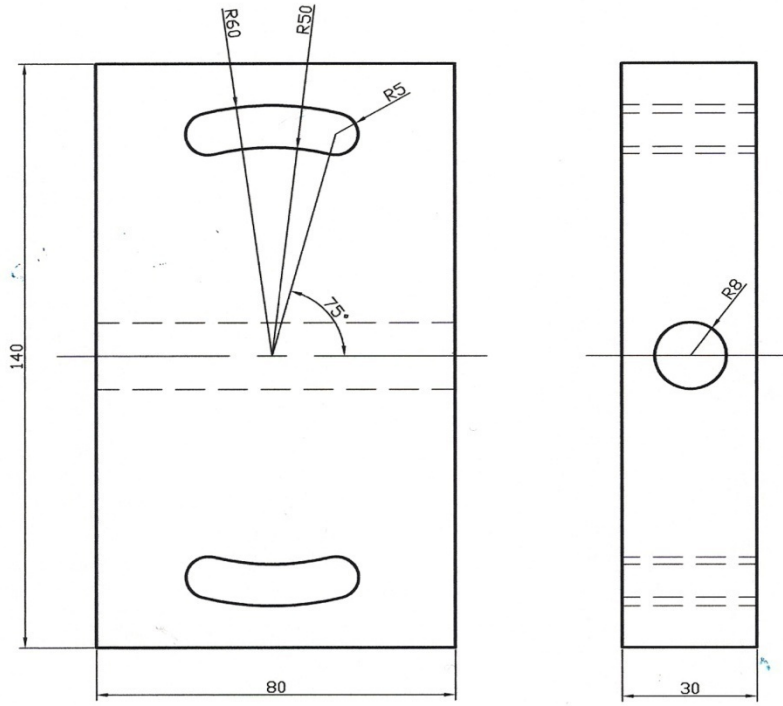
İmalat aşamasında öncelikle Şekil 5.1'de gösterilen, dişli çarkların üzerine monte edildiği millerin imalatı yapılmıştır.



Şekil 5.1. Dişli çark mili imalat detayları

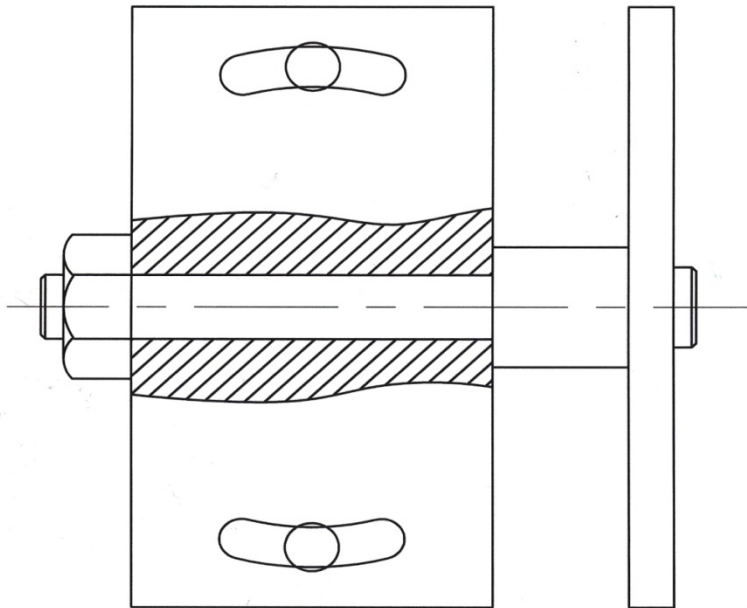
Dişli çark mile sıkı geçme ile bağlanmıştır. Milin ucunda 40 mm uzunluğunda açılan M16 diş, M16 somunla sıkılmak suretiyle çarkın sistem üzerinde rijit olarak kalmasını sağlamaktadır.

İkinci olarak, çarkın açısal hareketini sağlamak amacıyla, Şekil 5.2.'de gösterilen parçanın imalatı yapılmıştır. 140x80 mm boyunda ve 30 mm kalınlığında sacdan imal edilen bu parça üzerine, optik plazmada 10 mm boyunda, açısal hareketi sağlayacak kanallar açılmıştır.



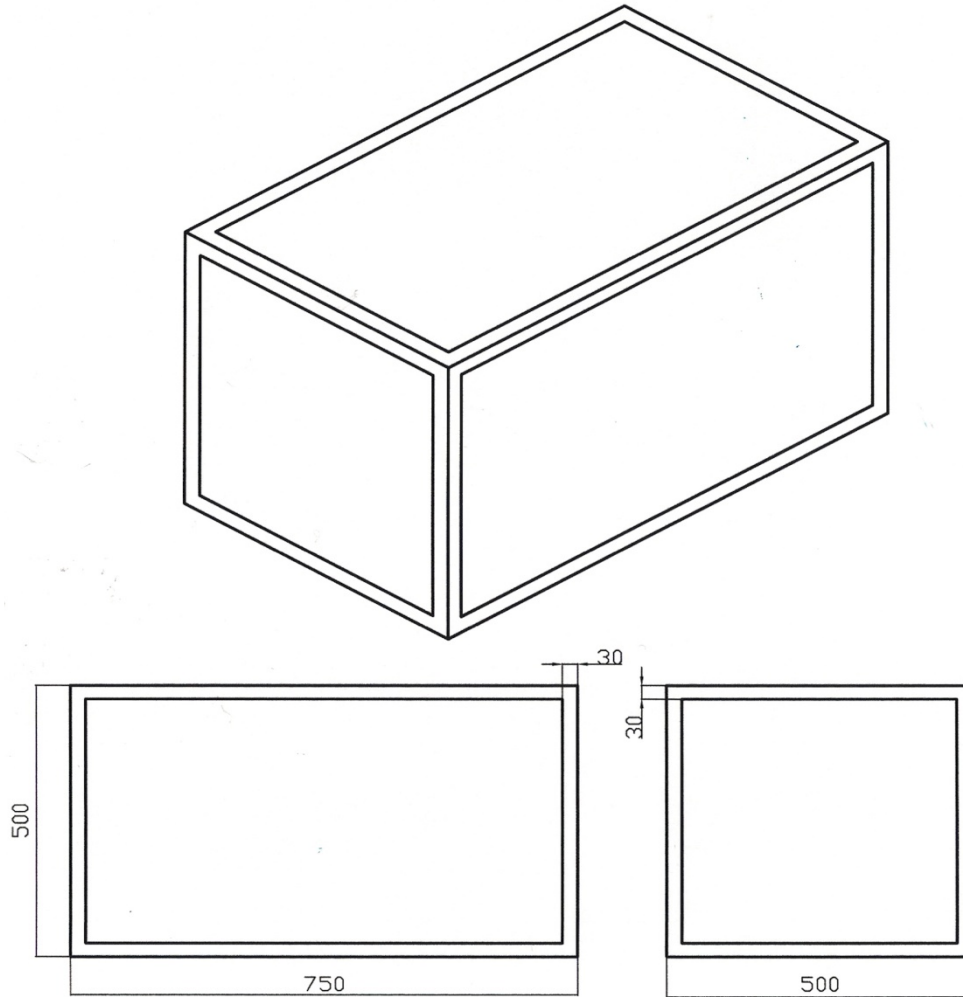
Şekil 5.2. Açısal hareketi sağlayan parçanın imalat detayları

Şekil 5.1.'de gösterilen mil, Şekil 5.2'deki parça üzerindeki 16 mm çapında delikten geçirilerek, dişli çarkın da bağlanmasıyla Şekil 5.3.'de ki son halini almaktadır.



Şekil 5.3. Dişli çark - mil bağlantısı

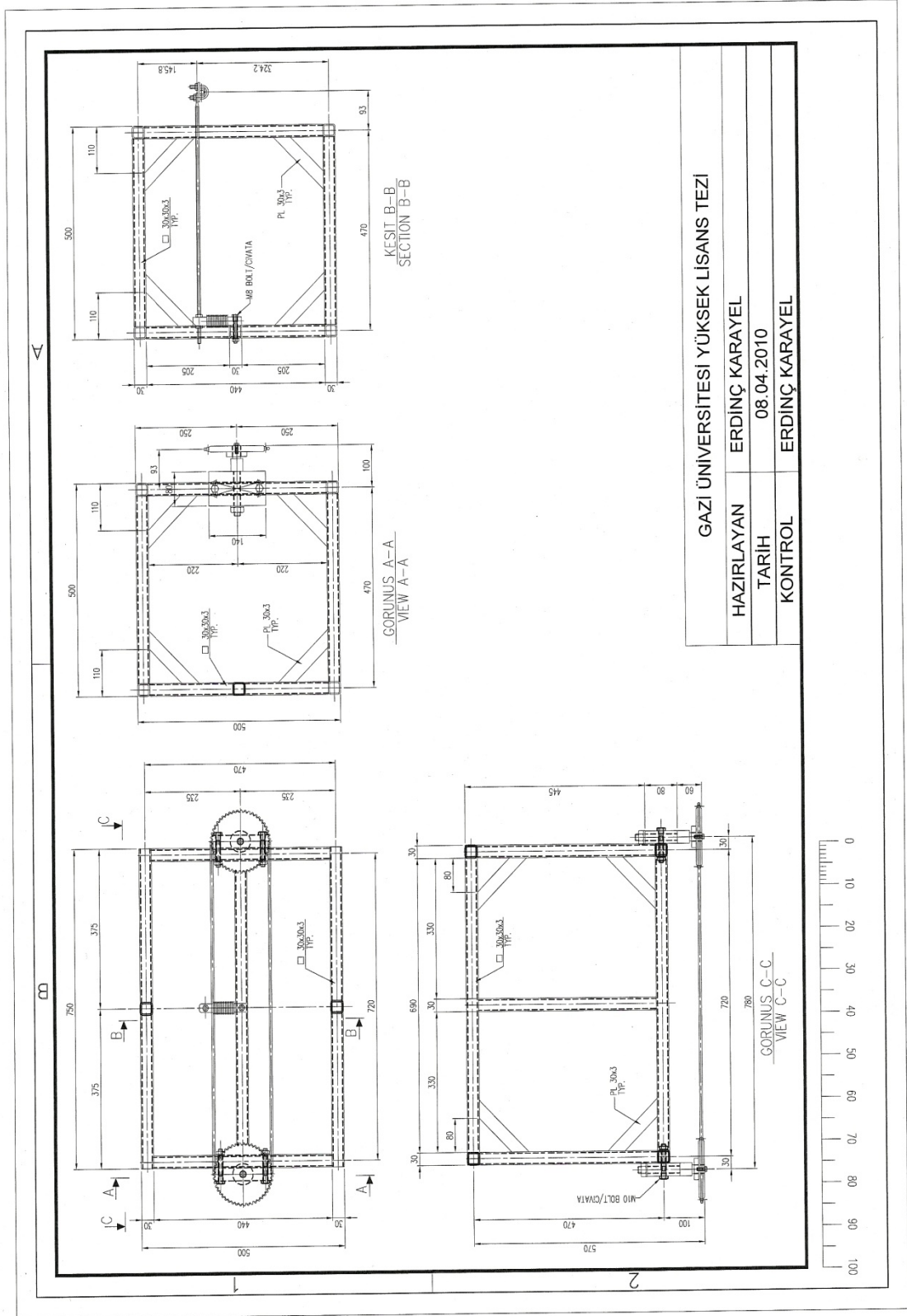
Üçüncü olarak ana çerçevenin imalatı yapılmıştır. 30x30 kutu profilden imal edilen çerçevenin imalat detayları Şekil 5.4.'de gösterilmiştir.



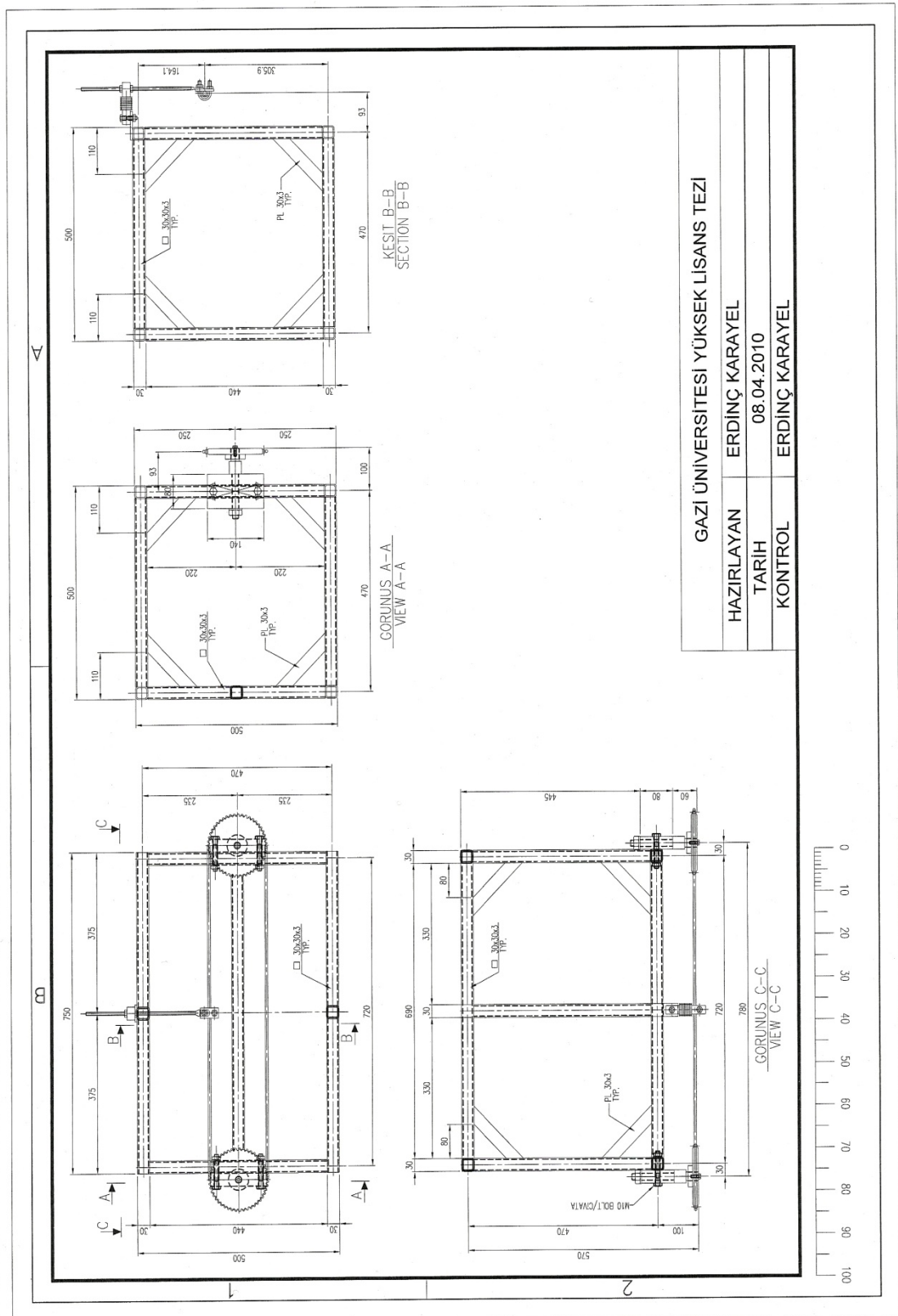
Şekil 5.4. Ana çerçevenin imalat detayları

Oluşturulan ana çerçevenin her iki yanına, Şekil 5.3.'de gösterilen açısal hareketi sağlayacak parçalar, alt ve üst kanallarından bağlanan M10 civatalar yardımıyla tutturulmuştur.

Son olarak da, her iki dişli çark üzerine 3/8" zincir kapalı olarak sarılarak deney düzeneği son halini almıştır. Şekil 5.5. ve Şekil 5.6.'da deney düzeneğinin detaylı görünüş resimleri gösterilmektedir.



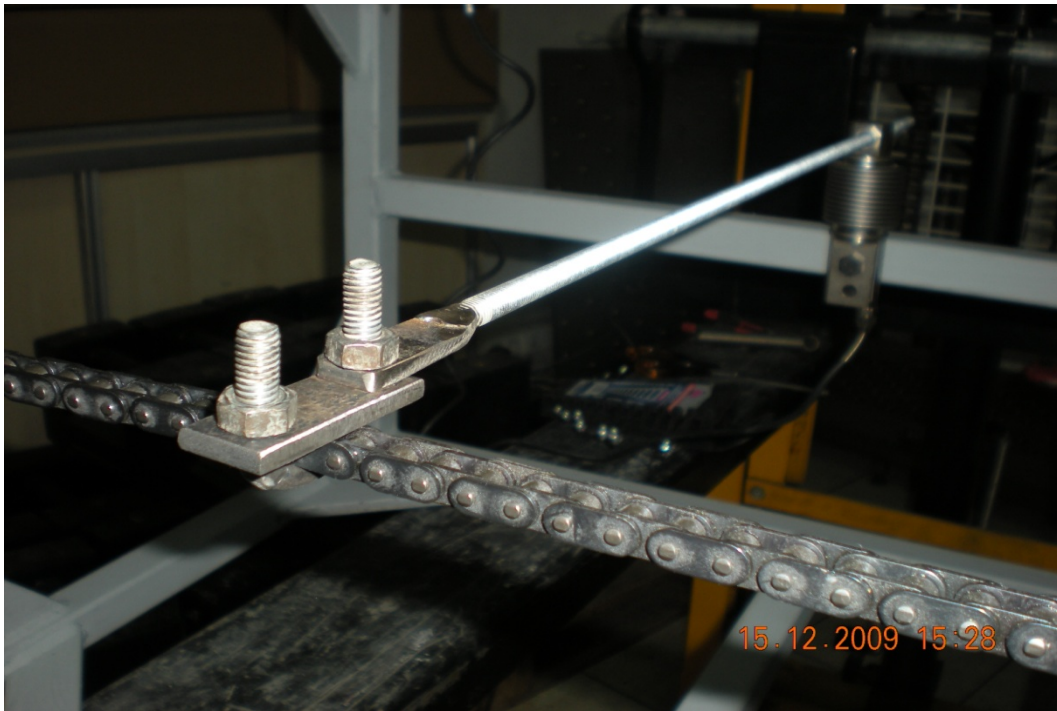
Şekil 5.5. Zincir eksenine dik ölçümlerin yapılması için hazırlanan deney düzeneği



Deney sonuçları deney düzeneği üzerine bağlanan, teknik özellikleri EK-1’de verilmiş *Keli* marka HSX-A75kg strain gage ve MetLab marka TW indikatör vasıtasıyla alınmıştır.

Strain gage ana çerçeve üzerine M8 civata yardımıyla takılmıştır. Ölçümler sırasında doğru sonuçların alınabilmesi için, gage’in alt düz yüzeyinin, ana çerçeveye tam yapışması gerekmektedir. Ayrıca deneysel yüklemeler sonrasında, alt yüzeyin kesinlikle hareket etmeden rijit halde durması da sonuçların sağlıklı olması açısından önemli bir faktördür.

Strain gage’in zincirle bağlantısı M8 saplama yardımıyla yapılmıştır. Saplama, gage’in içerisinden geçirilerek, ön ve arkasına en ufak gerilme değerlerini ölçebilmesi amacıyla kontra somun takılmıştır. Saplamanın zincirle olan bağlantısında da, zincirin plakayla üst yüzeyinin düz ve sıkı bir şekilde bağlanması sağlanmıştır.



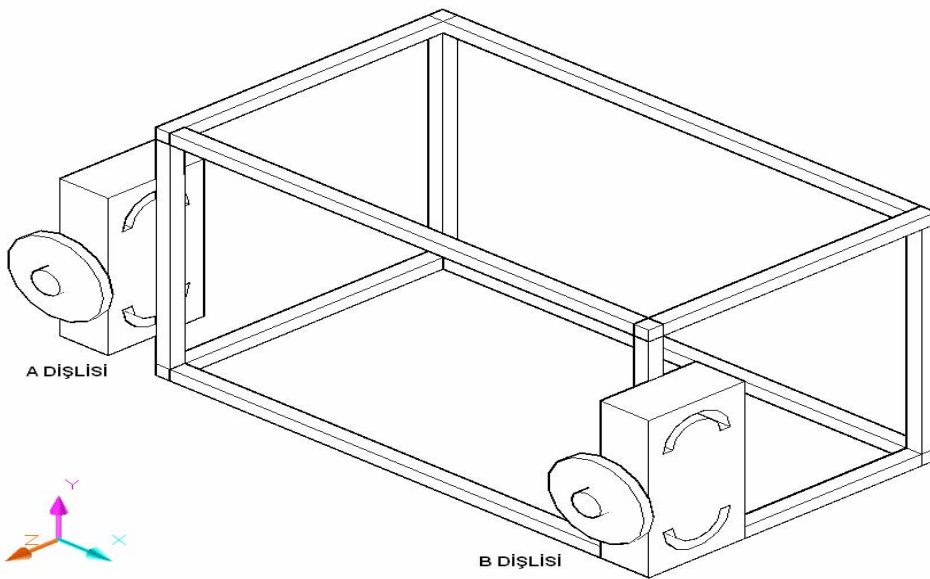
Resim 5.1. Zincir eksenine dik ölçümler için strain gage - zincir bağlantısı.

Strain gage'in bağlantısı zincir eksenine dik ve zincir eksen yönündeki ölçümler için Resim 5.1. ve Resim 5.2.'deki gibi iki farklı şekilde yapılmıştır.



Resim 5.2. Zincir eksen yönündeki ölçümler için strain gage - zincir bağlantısı.

5.2. Deney Prosedürü



Şekil 5.7. Sistemin x-y-z düzlemi üzerindeki görünüşü

Yapılan deneylerde, B dişlisi sabit tutulurken, A dişlisi x eksenini etrafında saat yönünde döndürülmek suretiyle zincir-dişli mekanizması hatalı montaja tabi tutulmuştur.

A dişlisi x eksenini etrafında sırasıyla 1° , 2° , 3° , 4° , 5° ve 6° döndürülerek, her bir açısal değişim durumundaki değerler ayrı ayrı ölçülmüştür.

Yapılan ölçüm sonuçları 10 kg, 20 kg ve 50 kg olmak üzere üç farklı deneysel yük altında ayrı ayrı alınmıştır. Deneysel ağırlıklar dişli çarkların tam orta noktasından, zincir gevşek kolu üzerine asılmıştır.

Deneyler, Şekil 5.5.'de görüldüğü gibi zincir eksenine dik, ve Şekil 5.6.'da görüldüğü gibi zincir eksen yönünde olmak üzere iki farklı düzenekle ölçülmüştür.

Ayrıca tez çalışmasında ek olarak, her iki dişlinin aynı anda farklı yönlerde dönmesinin nasıl bir etki yaratacağı da incelenmiştir. A dişlisi x eksenini etrafında saat yönünde döndürülürken, B dişlisi x eksenini etrafında saat yönünün tersi yönde döndürülmüştür. Her iki dişli aynı anda 1° , 2° , 3° , 4° , 5° ve 6° döndürülerek, her bir açısal değişim durumundaki değerler ayrı ayrı ölçülmüştür. 10 kg, 20 kg ve 50 kg deneysel yükler altında ölçümler tekrarlanmıştır.

5.3. Deney Sonuçları

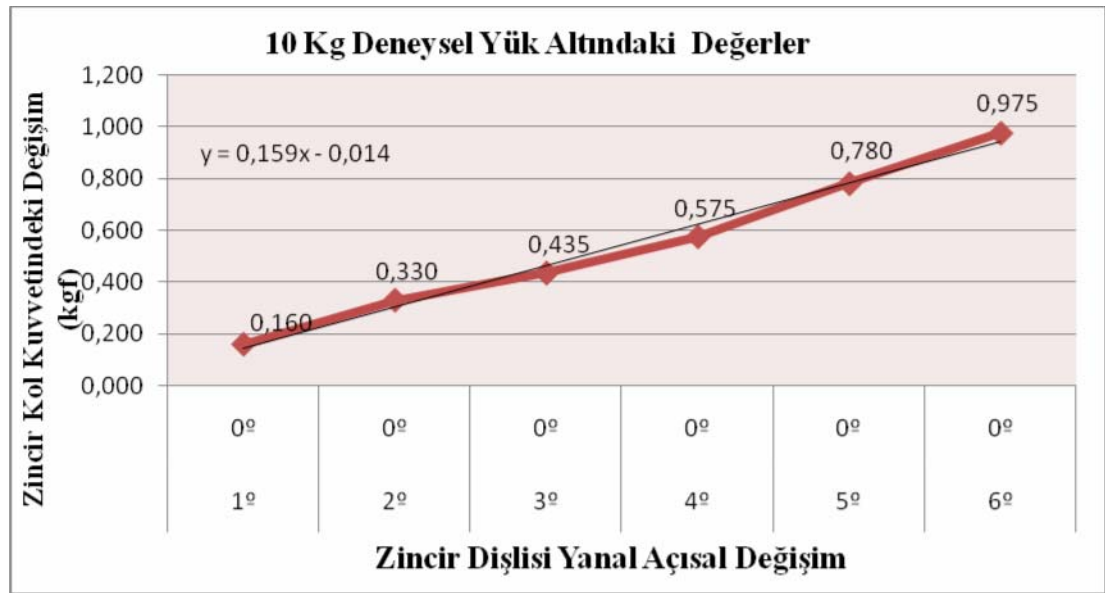
5.3.1. Zincir eksenine dik ölçümler

Şekil 5.5. 'de gösterilen düzenek kullanılarak, (A) dişlisinin saat yönünde döndürülmesi sonucu, 10 kg, 20 kg ve 50 kg deneysel yük altında yapılan ölçümleri içermektedir.

10 kg deneysel yük altındaki sonuçlar

Çizelge 5.1. 10 kg'lık yükleme altında zincir eksenine dik yönde ölçülen değerler

Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	1°	0°	0,160 kgf
2	2°	0°	0,330 kgf
3	3°	0°	0,435 kgf
4	4°	0°	0,575 kgf
5	5°	0°	0,780 kgf
6	6°	0°	0,975 kgf



Şekil 5.8. 10 kg yükleme altında zincir eksenine dik ölçüm grafiği

Deney sonuçları grafik üzerinde incelendiğinde, lineer bir artış olduğu görülmektedir.

Sonuçlar neticesinde hazırlanan bu grafik yardımıyla, doğrusal denklem oluşturulacak olursa,

$$y = 0,159.x - 0,014 \quad (5.1)$$

bulunur.

Oluşturulan bu denklem sayesinde daha büyük açılar veya ara açılar değerlerinin alabileceği sonuçları hesaplamak mümkündür.

Örneğin doğrusal denklemi kullanarak, $2,5^0$ için oluşacak kuvvet değerini hesaplamak istersek,

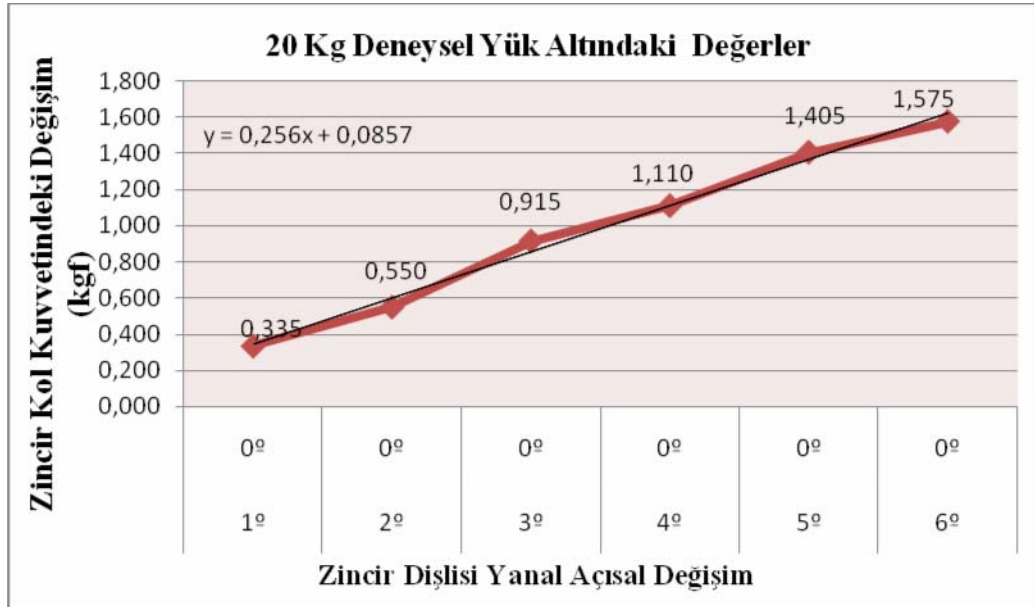
$$y = 0,159.(2,5) - 0,014 = 0,383 \text{ kgf}$$

bulunur.

20 kg deneysel yük altındaki sonuçlar

Çizelge 5.2. 20 kg'lık yükleme altında zincir eksenine dik yönde ölçülen değerler

Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	1°	0°	0,335 kgf
2	2°	0°	0,550 kgf
3	3°	0°	0,915 kgf
4	4°	0°	1,110 kgf
5	5°	0°	1,405 kgf
6	6°	0°	1,575 kgf



Şekil 5.9. 20 kg yükleme altında zincir eksenine dik ölçüm grafiği

20 kg deneysel yükle yapılan deney sonuçlarının da lineer olarak arttığı görülmektedir.

Doğrusal denklemimizi sonuçlar neticesinde oluşturacak olursak,

$$y = 0,256.x + 0,0857 \quad (5.2)$$

bulunur.

Örnek olarak, $4,5^0$ de zincirde oluşacak değeri bulmak istersek,

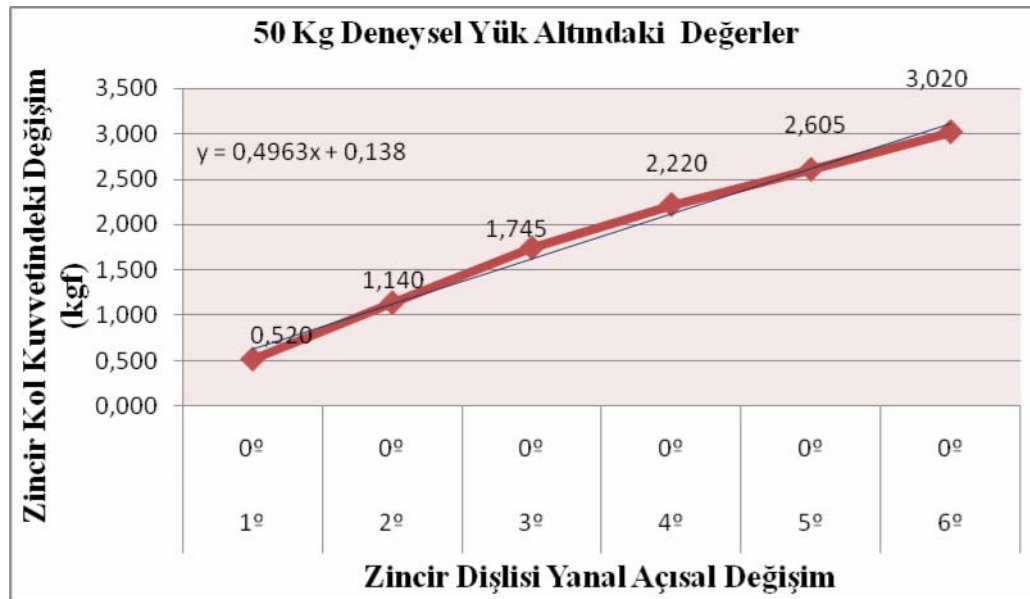
$$y = 0.256.(4,5) + 0,0857 = 1,237 \text{ kgf}$$

değeri bulunur.

50 kg deneysel yük altındaki sonuçlar

Çizelge 5.3. 50 kg'lık yükleme altında zincir eksenine dik yönde ölçülen değerler

Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	1°	0°	0,520 kgf
2	2°	0°	1,140 kgf
3	3°	0°	1,745 kgf
4	4°	0°	2,220 kgf
5	5°	0°	2,605 kgf
6	6°	0°	3,020 kgf



Şekil 5.10. 50 kg yükleme altında zincir eksenine dik ölçüm grafiği

Grafikten de görüleceği üzere, 50 kg deneysel yükte yapılan ölçümlerde de ,sistemin açısal bozukluğu arttıkça zincir baklası üzerindeki kuvvet değeri de lineer olarak artmaktadır.

Doğrusal denklem ,

$$y = 0,4963.x + 0,138 \quad (5.3)$$

olarak bulunur.

Örnek olarak denklem yardımıyla 7^0 de elde edilecek sonucu hesaplayacak olursak,

$$y = 0,4963.(7) + 0,138 = 3,612 \text{ kgf}$$

bulunur.

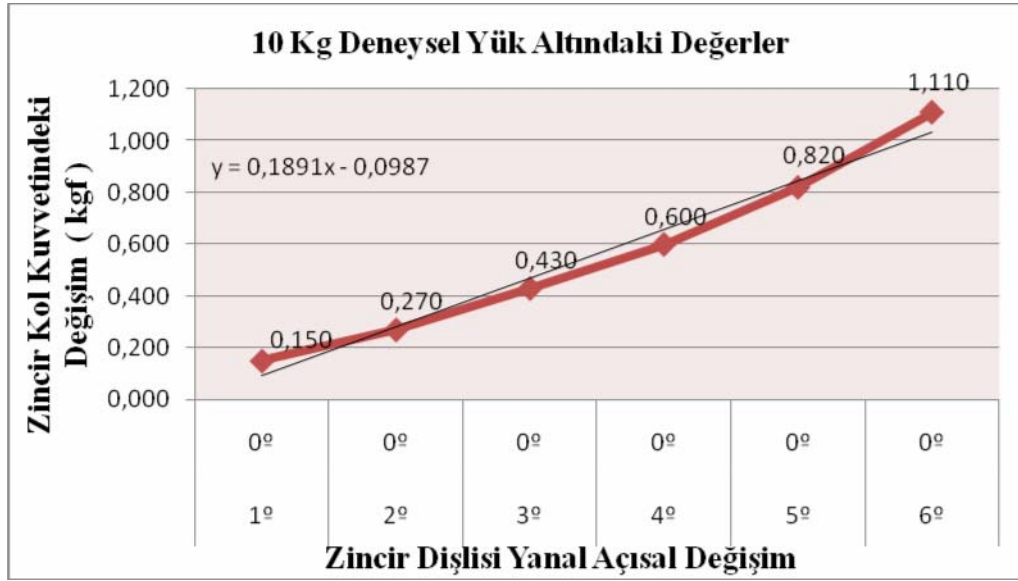
5.3.2. Zincir eksen yönündeki ölçümler

Şekil 5.6. 'da gösterilen düzenek kullanılarak, (A) dişlisinin saat yönünde döndürülmesi sonucu, 10 kg, 20 kg ve 50 kg deneysel yük altında yapılan ölçümleri içermektedir.

10 kg deneysel yük altındaki sonuçlar

Çizelge 5.4. 10 kg'lık yükleme altında zincir eksen yönünde ölçülen değerler

Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	1°	0°	0,150 kgf
2	2°	0°	0,270 kgf
3	3°	0°	0,430 kgf
4	4°	0°	0,600 kgf
5	5°	0°	0,820 kgf
6	6°	0°	1,110 kgf



Şekil 5.11. 10 kg yükleme altında zincir eksen yönündeki ölçüm grafiği

Zincir eksen yönünde, 10 kg deneysel yükle yapılan deney sonuçları grafik üzerinde incelendiğinde, artışın lineer olduğu görülmektedir.

Çizilen grafik yardımıyla doğrusal denklem oluşturulacak olursa,

$$y = 0,1891.x - 0,0987 \quad (5.4)$$

bulunur.

Oluşturulan bu denklem sayesinde de daha büyük açılar veya ara açı değerlerinin alabileceği sonuçlar hesaplanabilir.

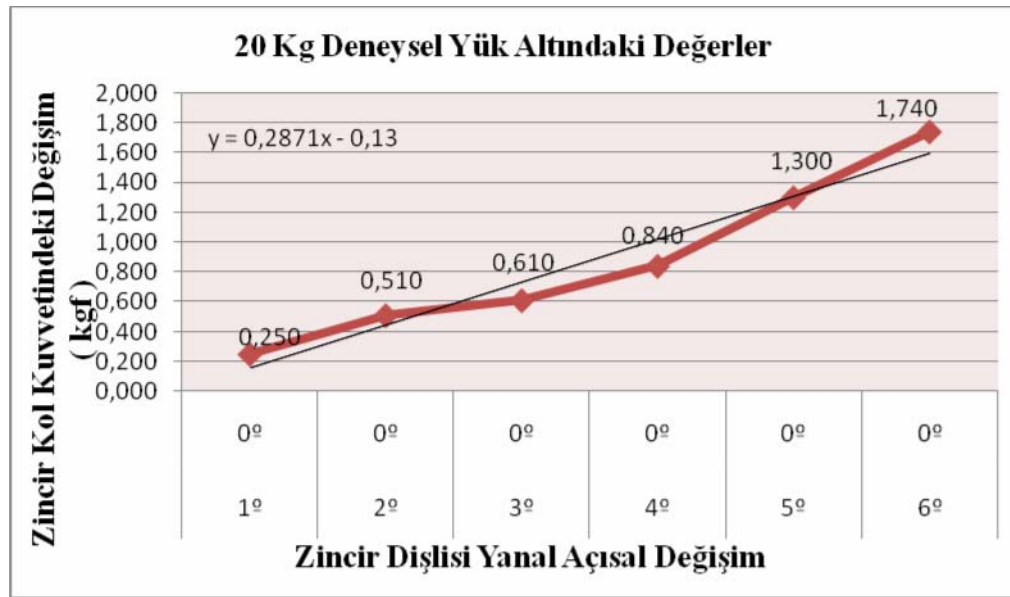
Örneğin doğrusal denklemi kullanarak, $4,8^0$ için oluşacak kuvvet değerini hesaplayalım,

$$y = 0,1891.(4,8) - 0,0987 = 0,808 \text{ kgf}$$

20 kg deneysel yük altındaki sonuçlar

Çizelge 5.5. 20 kg'lık yükleme altında zincir eksen yönünde ölçülen değerler

Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	1°	0°	0,250 kgf
2	2°	0°	0,510 kgf
3	3°	0°	0,610 kgf
4	4°	0°	0,840 kgf
5	5°	0°	1,300 kgf
6	6°	0°	1,740 kgf



Şekil 5.12. 20 kg yükleme altında zincir eksen yönündeki ölçüm grafiği

Deney sonuçlarının 20 kg deneysel yükte de lineer olarak arttığı grafikten görülmektedir. Çizilen grafik için çıkarılan doğrusal denklemimiz,

$$y = 0,2871.x - 0,13 \quad (5.5)$$

Bu denklem yardımıyla 5,5° de zincirde oluşacak kuvvet değerini hesaplarsak,

$$y = 0,2871.x - 0,13 = 1,449 \text{ kgf}$$

olarak bulunur.

50 kg deneysel yük altındaki sonuçlar

Çizelge 5.6. 50 kg'lık yükleme altında zincir eksen yönünde ölçülen değerler

Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	1°	0°	0,450 kgf
2	2°	0°	1,120 kgf
3	3°	0°	1,570 kgf
4	4°	0°	2,290 kgf
5	5°	0°	2,800 kgf
6	6°	0°	3,520 kgf



Şekil 5.13. 50 kg yükleme altında zincir eksen yönündeki ölçüm grafiği

50 kg deneysel yükle yapılan ölçümlerde açısal bozukluğa paralel olarak zincir baklası üzerindeki kuvvet değeri de lineer olarak artmaktadır.

Oluşturulan grafik yardımıyla doğrusal denklem aşağıdaki gibi bulunmuştur,

$$y = 0,6031.x - 0,1527 \quad (5.6)$$

Örnek olarak, denklem yardımıyla $1,5^0$ de elde edilecek sonuç hesaplanırsa,

$$y = 0,6031.(1,5) - 0,1527 = 0,751 \text{ kgf}$$

bulunur.

5.3.3. Ek ölçümler

(A) ve (B) dişli çarklarının aynı anda farklı yönde döndürülmesi sonucu zincir baklasında nasıl bir kuvvet değeri oluşacağı araştırılmıştır.

(A) dişlisi x eksenine etrafında saat yönünde döndürülürken, (B) dişlisi x eksenine etrafında saat yönünün tersi yönde döndürülmüştür. Her iki dişli aynı anda 1^0 , 2^0 , 3^0 , 4^0 , 5^0 ve 6^0 döndürülerek, her bir açısal değişim durumundaki değerler ayrı ayrı ölçülmüştür. Strain gage'in her iki bağlantı şekli için, 10 kg, 20 kg ve 50 kg deneysel yükler altında ölçümler tekrarlanmıştır.

Ölçülen deney sonuçları aşağıdaki çizelgelerde görülmektedir,

Çizelge 5.7. (A) ve (B) dişlilerinin aynı anda döndürülmesi sonucu ölçülen değerler

10 kg Deneysel Yük Altında Zincir Eksenine Dik Değerler			
Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	$+1^0$	-1^0	0,045 kgf
2	$+2^0$	-2^0	0,080 kgf
3	$+3^0$	-3^0	0,025 kgf
4	$+4^0$	-4^0	0,030 kgf
5	$+5^0$	-5^0	0,050 kgf
6	$+6^0$	-6^0	0,025 kgf

Çizelge 5.7.(Devam) (A) ve (B) dişlilerinin aynı anda döndürülmesi sonucu ölçülen değerler

20 kg Deneysel Yük Altında Zincir Eksenine Dik Değerler			
Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	+1°	-1°	0,070 kgf
2	+2°	-2°	0,055 kgf
3	+3°	-3°	0,045 kgf
4	+4°	-4°	0,025 kgf
5	+5°	-5°	0,060 kgf
6	+6°	-6°	0,050 kgf

50 kg Deneysel Yük Altında Zincir Eksenine Dik Değerler			
Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	+1°	-1°	0,025 kgf
2	+2°	-2°	0,060 kgf
3	+3°	-3°	0,055 kgf
4	+4°	-4°	0,020 kgf
5	+5°	-5°	0,030 kgf
6	+6°	-6°	0,450 kgf

10 kg Deneysel Yük Altında Zincir Eksen Yönündeki Değerler			
Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	+1°	-1°	0,090 kgf
2	+2°	-2°	0,100 kgf
3	+3°	-3°	0,070 kgf
4	+4°	-4°	0,085 kgf
5	+5°	-5°	0,060 kgf
6	+6°	-6°	0,110 kgf

20 kg Deneysel Yük Altında Zincir Eksen Yönündeki Değerler			
Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	+1°	-1°	0,065 kgf
2	+2°	-2°	0,050 kgf
3	+3°	-3°	0,045 kgf
4	+4°	-4°	0,040 kgf
5	+5°	-5°	0,035 kgf
6	+6°	-6°	0,075 kgf

Çizelge 5.7.(Devam) (A) ve (B) dişlilerinin aynı anda döndürülmesi sonucu ölçülen değerler

50 kg Deneysel Yük Altında Zincir Eksen Yönündeki Değerler			
Ölçüm No	(A) Dişlisi	(B) Dişlisi	Ölçüm Değeri (kgf)
1	+1°	-1°	0,085 kgf
2	+2°	-2°	0,060 kgf
3	+3°	-3°	0,055 kgf
4	+4°	-4°	0,100 kgf
5	+5°	-5°	0,075 kgf
6	+6°	-6°	0,050 kgf

Ölçüm sonuçları, her iki strain gage bağlantı şekli ve her deneysel yükleme altında, hep sıfıra çok yakın bir değer etrafında dağılmışlardır.

Alınan ölçüm sonuçlarından da görüleceği üzere, dişliler farklı yönlerde döndürüldüğü zaman, strain gage'in bağlı olduğu zincir orta noktasındaki açısal değişim her seferinde sıfır olacağından, bakla üzerinde bir kuvvet değeri ölçülememiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zincirle aktarım sistemlerinde, zincir dişlileri arasındaki eksenel açı değişimlerine bağlı olarak, zincir baklalarında zincir eksenine dik ve zincir eksen yönündeki kuvvetlerin etkileri incelenmiş ve buna bağlı zincir dişli çarklardaki eksenel açı değişimlerinin, zincir sisteminde meydana getirdiği kuvvet değerleri incelenmiştir.

Buna bağlı olarak değişik açılarda ve değişik yüklerde kuvvet değerleri bulunup grafiklerle analiz edilmiştir.

Tek dişlinin açısal olarak hareket ettiği sistemlerde, açısal değişime paralel olarak zincir baklalarındaki kuvvet değeri, hem eksen yönünde hem de eksen yönüne dik ölçümlerde, lineer artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Ayrıca zincir üzerindeki yük artışının da, zincir baklası üzerindeki kuvvet değerini arttırdığı yapılan deney sonuçlarından anlaşılmaktadır.

10 kg deneysel yükü yapılan zincir eksenine dik ölçümlerde, 1 ve 6 derecelik ölçümler arasında %509, 20 kg da %370 ve 50 kg da %480 lik artış, zincir eksen yönünde ise sırasıyla %609, %470, %588 lik artış gözlemlenmiştir.

Her iki dişlinin aynı anda farklı yönlerde hareket ettiği sistemlerde ise, zincir orta noktasında açısal değişim oluşmadığından, ölçülen kuvvet değerleri de sıfıra çok yakın değerler çıkmıştır.

Tez çalışması kapsamında ayrıca teorik çalışma da yapılmıştır. Teorik çalışma sonucu bulunan değerlerin, deneysel sonuçlara yakın ve aynı şekilde lineer olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Eldiwany ve Marshek'in çalışmasına farklı bir bakış açısıyla yaklaşan bu çalışmada, dişli çarklar açısal döndürülmek suretiyle, zincir-dişli sistemlerinde yaşanabilecek montaj hatalarından biri incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmayı genişletmek amacıyla, ileride yapılacak çalışmalar için öneri olarak, farklı zincir tipleriyle aynı deneyler yapılarak, elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

Ariaratnam, S. T., Asokanthan, S. F., “Dynamic stability of chain drives” , ***Journal of Mechanical Desing***, 109: 412-418 (1987).

Akkurt, M., “Makine elemanları”, ***Birsen Yayınevi*** , 15: 357-368 (1996).

Cao, L.X., Liu, J., “Research on the mapping models and designing methods of variable-ratio chain/belt drives” , ***Mechanism and Machine Theory***, 37: 955-970 (2002)

Chew, M., “Inertia effects of a roller-chain on impact intensity” , ***Journal of Mechanisms***, 107: 123-131 (1985).

Conwell, J.C., Johnson, G.E., “Desing, contruction and instrumentation of a machine to measure tension and impact forces in roller chain drives” , ***Mechanism and Machine Theory***, 31: 525-531 (1996)

Eldiwany, B. H., Marshek K. M., “Experimental load distributions for double pitch stell roller chains on steel sprockets” , ***Mechanism and Machine Theory***, 19: 449-457 (1984).

El-Shakery, S. A., “Kinematic analysis of combined roller-chain and planar mechanisms” , ***Mechanism and Machine Theory***, 27: 715-728 (1992).

Fawcett, J. N., Nicol, S. W., “Vibration of a roller chain drive operating at constant speed and load” , ***Proc. Instn. Mech. Engrs.***, 194: 97-101 (1980).

Fawcett, J. N., Nicol, S. W., “A theoretical investigation of the vibration of roller chain drives” , ***American Society of Mechanical Engineers***, 1482-1485 (1979).

Fawcett, J. N., Nicol, S. W., “The influence of lubrication on tooth-roller impacts in chain drives” , ***Proc. Instn. Mech. Engrs.***, 191: 271-275 (1977).

Fawcett, J. N., “Chain and belt drives” , ***Uni. of Newcastle Upon Tyne***, 5-12 (1979).

Freudenstein, F., Chen, C. K., “Variable-ratio chain drives with noncircular sprockets and minimum slack-theory and application” , ***Journal of Mechanical Desing***, 113: 253-262 (1991).

Gediktaş, M., “Zincirler ve zincir mekanizmaları” , ***Anadolu Matbaa*** , 28-36 (1993)

Hollingworth, N. E., Hills D. A., “Theoretical efficiency of a cranked link chain drive” , ***Proc. Instn. Mech. Engrs.***, 200: 375-377 (1986).

- Hollingworth, N. E., Hills D. A., “Forces in a heavy-duty drive chain during articulation” , **Proc. Instn. Mech. Engrs.**, 200: 367-374 (1986).
- Naji, M. R., Marshek, K. M., “Analysis af roller chain sprocket pressure angles” , **Mechanism and Machine Theory**, 19: 197-203 (1984).
- Naji, M. R., Marshek, K. M., “The effects of the pitch difference on the load distribution of a roller chain drive” , **Mechanism and Machine Theory**, 24: 351-362 (1989).
- Nakagome, M., Mizuno, M., “Effects of pres-fitting force of bushing and number of links on fatigue strength of roller chains” , **Bull. Japan Soc. Of Prec. Engg.**, 20: 91-96 (1986).
- Nakagome, M., Mizuno, M., “Relation between fatigue strength and number of links of roller chains” , **Bull. Japan Soc. Of Prec. Engg.**, 20: 239-244 (1986).
- Neale, M.J., “Roller chain drives” , **Tribology Handbook (Second Edition)**, 1-6 (1996)
- Neale, M.J., “Gear and roller chain lubrication” , **Lubrication and Reliability Handbook**, 1-2 (2001).
- Nicol, S. W., Fawcett J. N., “Reduction of noise and vibration in roller chain drives” , **Proc. Instn. Mech. Engrs.**, 191: 363-370 (1977).
- Okday, Ş., “Makina elemanları” , **Matbaa Teknisyenler Basımevi** ,186-188 (1973).
- Peter, R.N., “Belt and chain drives” , **Mechanical Design (Second edition)** , 153-176 (2003).
- Robertazzi, T. G., “Processor equivalence for daisy chain load sharing processors” , **IEE Trans. On Aero. And Elect. Syst.**, 29: 1216-1221 (1993).
- Smith, R., Mobley, R.K., “Chain drives” , **Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers**, 123-127 (2008).
- Troedsson, I., Vedmar, L., “A method to determine thestatic load distribution in a chain drive” , **Journal of Mechanical Design** , 121: 402-408 (1999).
- Uehara, K., Nakajima, T., “On the noise of roller chain drives” , **American Society of Mechanical Engineers**, 906-910 (1979).
- Yılmazlar, “Zincir-zincir dişli kataloğu” (2010).

Yixing, W., Zhifeng, Z. And Guangyi, Z., “A study on jumping-over-teeth phenomenon in roller chain drive” , ***Technical Power Transmission Pub.***, 91-99 (1989).

Zimaş, “Zincir kataloğu”, ***F. Özsan Matbaacılık*** ,101-106 (2000).

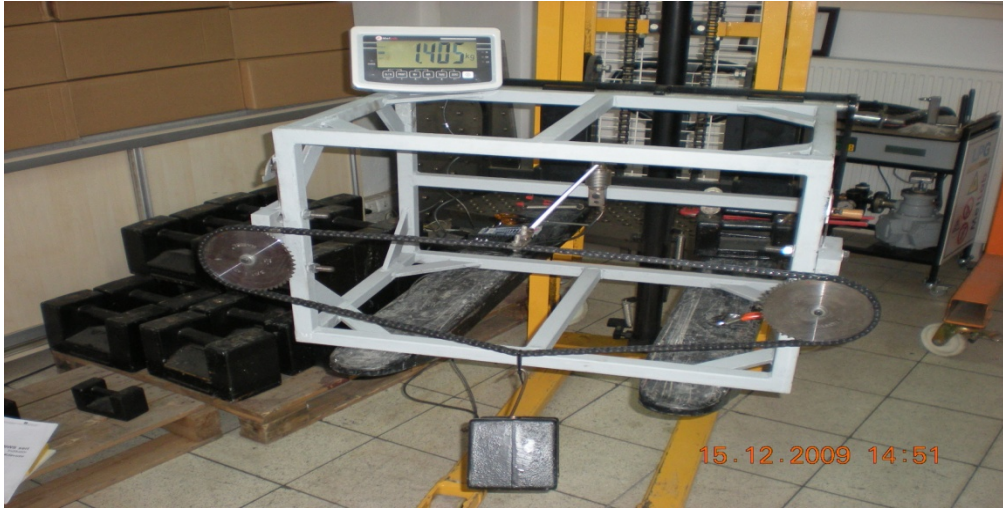
Zheng, H., Wang, Y.Y., Liu, G.R., Lam, K.Y., Quek, K.P., Ito, T., Noguchi, Y., “Efficient modelling and prediction of meshing noise from chain drives” , ***Journal of Sound and Vibration***, 245: 133-150 (2001).

EKLER

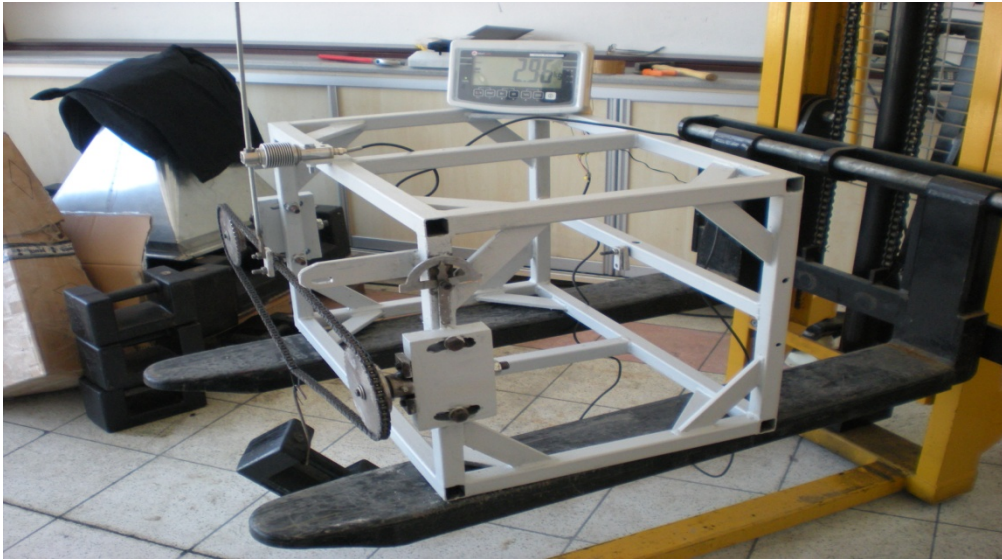
EK-1 Kullanılan Strain Gage'in sertifikası

	Eligible Certificate	
Load Cell	Implement Standard: GB/T7551-1997	
ISO9001: 2000 Certified	License No.: <u>M.C.</u> Metrological Manufacture Zhe No.00000577	
Type Span: <u>HSX-A75kg</u>	Product Serial No.: <u>637268-A</u>	
Precision Grade: <u>C3</u>		
Technical Parameter		
Sensitivity: <u>1.9992</u> MV/V	Input Resistance: <u>400 k</u> Ω	
Zero Output: <u>0.19</u> % F.S	Output Resistance: <u>351.3</u> Ω	
Insulation Resistance: <u>≥ 5000</u> M Ω		
Inspection Result: ELIGIBLE	Quality Department: <u>HUANG QING SONG</u> SIGNATURE	
Inspector: <u>03</u>		
Inspection Date: <u>2009/2/27</u>		
Exc: +Red -Black		
Sig: +Green -White		
Sen: +Blue -Yellow (Optional)		
Shield: Thick Black		
Keli Electric Manufacturing (Ning Bo) Co., Ltd		
Address: NO.199 Changxing Road, District, JiangBei Investment Industrial Park, NingBo, China		
Tel: 8008574165	Fax: 86-574-87562271 P.C.: 315033	
Http://www.kelichina.com	E-mail: kelime@kelichina.com	

EK-2 Ölçüm sonuçlarına ait örnek resimler



EK-2 (Devam).Ölçüm sonuçlarına ait örnek resimler



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAYEL, Erdinç

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 08.01.1980 Ankara

Medeni hali : Bekar

Telefon :

e-mail : erdinckarayel@hotmail.com , erdinckarayel@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Eskişehir Osmangazi Üni. / Makina Müh. Bölümü	2001
Lise	Ankara Dikmen Lisesi	1996

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-...	Ankara Mina Alçı Fabrikası	Mekanik bakımsorumlusu
2007-2009	Rusya OMK Demirçelik Fabrikası	Mekanik montaj şefi
2006-2007	Katar QNCC Çimento Fabrikası	Mekanikmontajmühendisi
2005-2006	Dubai Emirates Uçak Hangarları	Çelik montaj şefi
2004-2005	Ankara Etkin Mühendislik	İmalat müdürü

Yabancı Dil

İngilizce