

75370

**İKİ KADEMELİ HELİSEL DİŞLİ KUTUSUNUN
BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARAMETRİK TASARIMI**

75370

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Ufuk ÖZDEMİR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Haziran 1998

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Haziran 1998

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr.Muzaffer ERTEN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Metin GÜRGÖZE

Doç.Dr.Sait YÜCENUR

mafer
Prof. Dr. Metin GÜRGÖZE
Doç. Dr. Sait YÜCENUR

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinde, iki kademeli helisel dişli kutusunu boyutlandırma esasları anlatılmış ve bu esaslara sadık kalınarak bilgisayar destekli konstrüksiyon ve imalat uygulaması için program hazırlanmıştır. Bu program AutoCAD ortamında çalışan AutoLisp programlama diliyle yazılmış olup boyutlandırma için gereken tüm hesaplamaları yapan ve bu hesaplamalar sonucunda elde edilen dataları kullanarak dişli kutusunun montaj ve imalat resimlerini çizebilen bir programdır. Programın çalışma şekli, boyutlandırma için konstrüktörün seçmesi gereken değerlerin kullanıcıya sorulması (diş sayıları, malzemeler, emniyet değerleri gibi) ve kullanıcının seçtiği değerlerin kullanılarak hesaplamaların yapılması, hesaplamalar sonucunda elde edilen dataların ve temel AutoCAD komutlarının kullanılarak teknik resimlerin çizilmesi şeklindedir. Bunlara ilave olarak boyutlandırma için gerekmeyen ancak herhangi bir parametreye (örneğin toplam çevrim oranına) bağlı olarak dişli kutusunun ağırlığının değişiminin izlenebilmesi amacıyla hesaplamaların sonunda dişli kutusunun ağırlığı da hesaplanmaktadır.

Bu çalışmanın hazırlanmasında, her zaman yakın ilgisini ve desteğini gördüğüm Hava Harp Okulu Havacılık Mühendisliği Bölüm Başkanı Y. Müh. Kd. Alb. Dr. Mustafa İNAL'a ve hocam Yrd. Doç. Dr. Muzaffer ERTEN'e, Hava Harp Okulu Havacılık Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanları'na, bilgisayarını kullanma imkanı bulduğum değerli arkadaşım Müh. Ergün KILINÇ'a, şu anda aramızda olmayan ve benim bu günlere ulaşmamda büyük emeği olan rahmetli annem Münire ÖZDEMİR'e, her türlü konuda desteğini ve yardımını gördüğüm sevgili eşim Gülten ÖZDEMİR'e saygılarımı ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yüksek lisans yapabilmem için gerekli imkanı sağlayan Hava Kuvvetlerine ve bana emeği geçmiş tüm hocalarıma da teşekkür ederim.

8 Haziran 1998

Ufuk ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	ii
SEMBOL LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
TABLO LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xiv
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 İKİ KADEMELİ HELİSEL DİŞLİ KUTUSU PROJELENDİRME ESASLARI.....	3
2.1. Giriş.....	3
2.2. Redüktörün Boyutlandırılması	4
2.2.1. Diş sayılarının tesbit edilmesi	5
2.2.2. Dişli malzemelerinin seçimi.....	7
2.2.3. Modül hesabı.....	9
2.2.4. Kontrol hesabı	15
2.2.5. Dişlilerin temel boyutları	18
2.2.6. Diş kuvvetlerinin ve yatak tepkilerinin hesaplanması.....	20
2.2.7. Millerin boyutlarının hesabı	23
2.2.7.1. Milin boyutlandırılması	23
2.2.7.2. Kontrol hesapları	26
2.2.7.2.1. Çökme hesabı.....	30
2.2.7.2.2. Eğim açısı hesabı	32
2.2.7.2.3. Burulma açısı hesabı	33
2.2.7.2.4. Eğilme titreşimi hesabı.....	34
2.2.7.2.5. Burulma titreşimi hesabı	37
2.2.8. Rulman hesabı	38
2.2.9. Kama hesabı.....	41
2.2.10. Soğutma hesabı.....	43
2.2.11. Gövdeye ait büyüklüklerin tesbit edilmesi	44

BÖLÜM 3 AUTOLİSP PROGRAMLAMA.....	50
3.1. Giriş	50
3.2. Autolisp Dosyalarının Yapısı	51
3.3. Autolisp Fonksiyonları	52
3.3.1. Aritmetik işlem fonksiyonları	52
3.3.2. Olasılık fonksiyonları.....	56
3.3.3. Liste düzenleme fonksiyonları.....	58
3.3.4. Geometrik özellik fonksiyonları.....	60
3.3.5. Veri giriş fonksiyonları.....	61
3.3.6. Görüntü düzenleme fonksiyonları	64
3.3.7. Seçim fonksiyonları.....	66
3.3.8. Diğer fonksiyonlar	67
BÖLÜM 4 DIŞLI KUTUSU BOYUTLANDIRMASININ AUTOLİSP PROGRAMLAMA DİLİ İLE PROGRAMLANMASI.....	70
4.1. Giriş	70
4.2. Dişli Kutusuna Ait Hesaplamaların Yapılması	71
4.3. Dişli Kutusuna Ait Resimlerin Çizdirilmesi	72
4.4. Örnek Boyutlandırma İçin Veri Girişi.....	73
4.4.1. Diş sayılarının ve kademelerin çevrim oranlarının tesbit edilmesi ..	74
4.4.2. Modülün hesaplanması.....	75
4.4.3. Dişlilerin temel boyutlarının ekranda görüntülenmesi	77
4.4.4. Mil hesabı	79
4.4.5. Rulman hesabı	82
4.4.6. Kama hesabı	82
4.4.7. Soğutma kontrol hesabı	83
4.4.8. Ağırlık hesabı	84
4.4.9. Programın akış şeması	85
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR.....	94
EK-A MONTAJ RESMİNİN ÖN GÖRÜNÜŞÜ	96
EK-B MONTAJ RESMİNİN ÜST GÖRÜNÜŞÜ.....	97
EK-C MONTAJ RESMİNİN YAN GÖRÜNÜŞÜ	98
EK-D MONTAJ RESMİNİN PARÇA BAŞLIĞI	99
EK-E GÖVDENİN İMALAT RESMİ	100
EK-F MİLİN İMALAT RESMİ	101
EK-G DIŞLININ İMALAT RESMİ.....	102



SEMBOL LİSTESİ

A	:Alan
a_o	:Eksenler Arası Mesafe
b	:Dişli Genişliği
C	:Dinamik Yük Sayısı
d	:Mil apı
d_b	:Baş Dairesi apı
d_o	:Taksimat Dairesi apı
d_t	:Taban Dairesi apı
E	:Elastiklik Modülü
e	:Eksantrite
F	:Kuvvet
F_a	:Eksenel Kuvvet
$F_{eş}$	:Eşdeğer Yük
F_r	:Radyal Kuvvet
F_t	:Teğetsel Kuvvet
G	:Kayma Modülü
G_o	:Ağırlık
g	:Yerçekimi İvmesi
h	:Kama Yüksekliği
I	:Atalet Momenti
$I_{eş}$	:Eşdeğer Atalet Momenti

I_p	:Polar Atalet Momenti
i	:Çevrim Oranı
i_{Top}	:Toplam Çevrim Oranı
K	:Isı İletim Katsayısı
K_α	:Yuvarlanma Noktası Faktörü
K_b	:Boyut Faktörü
K_β	:Eğim Açısı Faktörü
K_γ	:Çentik Faktörü
K_E	:Malzeme Faktörü
K_{fe}	:Form Faktörü
K_i	:Çevrim Oranı Faktörü
K_o	:Çalışma Faktörü
K_{omak}	:Makina Çalışma Faktörü
K_{omotor}	:Motor Çalışma Faktörü
K_t	:Teorik Çentik Faktörü
K_v	:Hız Faktörü
K_y	:Yüzey Faktörü
k	:Milin Eğilme Rijitliği
k_θ	:Milin Burulma Rijitliği
L	:Milyon Devir Olarak Rulman Ömrü
L_H	:Saat Olarak Rulman Ömrü
l	:Mil Uzunluğu
l_b	:Burulma Boyu
M_b	:Burulma Momenti

$M_{\text{ç}}$	:Çalışma Momenti
M_e	:Eğilme Momenti
m	:Kütle
m_n	:Normal Modül
n	:Devir Sayısı
$n_{\text{ç}}$	:Çıkış Devir Sayısı
n_g	:Giriş Devir Sayısı
P	:Güç
$P_{\text{ç}}$	:Çıkış Gücü
P_g	:Giriş Gücü
P_H	:Yüzey Basıncı
P_{HD}	:Sürekli Yüzey Basıncı Mukavemet Sınırı
P_{Hem}	:Emniyet Yüzey Basıncı
P_k	:Kayıp Güç
p	:Yatak Tipi Katsayısı
r	:Yarıçap
s	:Emniyet Katsayısı
t	:Çalışma Sıcaklığı
t_{em}	:Müsade Edilen Çalışma Sıcaklığı
t_o	:Ortam Sıcaklığı
V	:Hacim
X	:Radyal Faktör
w	:Eğilme Mukavemet Momenti
w_h	:Havanın Hızı

w_p	:Polar Mukavemet Momenti
Y	:Eksenel Faktör
z	:Diş Sayısı
z_e	:Eşdeğer Diş Sayısı
α_o	:Kavrama Açısı
β_o	:Eğim Açısı
δ	:Mil Çökmesi
δ_{em}	:Mil Çökme Emniyeti
$\eta_{DÇ}$	:Dişli Çifti Verimi
$\eta_{RÇ}$	:Rulman Çifti Verimi
η_{Top}	:Toplam Verim
φ	:Mil Eğim Açısı
φ_{em}	:Mil Emniyet Eğim Açısı
γ	:Yoğunluk
ψ_d	:Genişlik Faktörü
ω	:Açısal Hız
ω_b	:Burulma Titreşimi
ω_{bo}	:Kritik Burulma Titreşimi
ω_o	:Kritik Açısal Hız
σ_{AK}	:Akma gerilmesi
σ_B	:Bileşik Gerilme
σ_D^*	:Sürekli Mukavemet Sınırı
σ_e	:Eğilme Gerilmesi

σ_{em}	:Emniyet Gerilmesi
σ_g	:Gerilme Genliği
σ_K	:Kopma Gerilmesi
θ	:Mil Burulma Açısı
θ_{em}	:Mil Burulma Emniyet Açısı
τ	:Burulma Gerilmesi



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Dişlilerin yerleştirilme biçimi	4
Şekil 2.2.a Helisel dişlilerde helis yönlerinin belirlenmesi	21
Şekil 2.2.b Diş kuvvet yönlerinin belirlenmesi	21
Şekil 2.3. Dişli kutusunun şematik gösterimi	23
Şekil 2.4. Yüzey faktörü değerleri	26
Şekil 2.5. Teorik çentik faktörü değerleri	27
Şekil 2.6. Çökmenin hesaplanmasında kullanılacak yataklama durumu	31
Şekil 2.7. Çökmenin hesaplanmasında süperpozisyon ilkesinin uygulanması	32
Şekil 2.8. Kuvvetin tesir noktasından başka noktada meydana getirdiği çökmeler	32
Şekil 2.9. Eğim açısının şematik olarak gösterilmesi	33
Şekil 2.10. Eğilme titreşiminin emniyet sınırları	35
Şekil 2.11. Paralel kama çeşitleri	41
Şekil 2.12. Cıdar kalınlıklarının tesbit edilmesi	45
Şekil 2.13. Taşıma halkası	47
Şekil 2.14. Yağ seviye göstergeleri	48
Şekil 2.15. Yağ boşaltma tapası	48

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Dişli çark malzemeleri ve özellikleri	8
Tablo 2.2. Standart modül değerleri	10
Tablo 2.3. Motor için çalışma faktörü değerleri	10
Tablo 2.4. Elektrik motoru için iş makinası çalışma faktörleri	11
Tablo 2.5. Genişlik faktörü değerleri	12
Tablo 2.6. Hız faktörü değerleri	13
Tablo 2.7. Form faktörü değerleri	14
Tablo 2.8. Eşdeğer elastiklik modülü ve malzeme faktörü	16
Tablo 2.9. Eğim açısı faktörü değerleri	16
Tablo 2.10. Malzemelerin sürekli yüzey basıncı mukavemet sınırı	17
Tablo 2.11. Mil malzemelerinin mekanik özellikleri	29
Tablo 2.12. Boyut faktörü değerleri	29
Tablo 2.13. Malzemelerin mekanik özellikleri	37
Tablo 2.14. Değişik konstrüksiyonlar için çalışma saati olarak ömür	40
Tablo 2.15. Kamaların standart boyutları	42
Tablo 2.16. Taşıma halkalarının standart değerleri	46

ÖZET

Bu çalışmada iki kademeli helisel dişli kutusunun bilgisayar yardımıyla boyutlandırılması ve yine bilgisayar yardımıyla teknik resimlerinin çizdirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla bir çeşit yapay zeka programı olan Lisp programlama dilinin AutoCAD programına uyarlanmış hali olan Autolisp programlama dili kullanılmıştır.

Yapılan çalışma dört bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde, konunun önemi ve amacı ile diğer bölümler arasındaki ilişki verilmiştir. İkinci bölümde iki kademeli helisel dişli kutusunun boyutlandırılma esasları anlatılmıştır. Üçüncü bölümde programlama da kullanılacak olan AutoLisp programlama dilinin temel özellikleri ve fonksiyonları anlatıldıktan sonra, son bölüm olan dördüncü bölümde boyutlandırmayı yapan ve teknik resimleri çizen programın içeriği ve çalışma şekli hakkında bilgi verilmiştir.

İki kademeli helisel dişli kutusunun boyutlandırılmasına motorun gücü,giriş ve çıkış devir sayısı, dişlilerin yerleştirilme biçimi, dişli mekanizmasının çeşiti gibi başlangıçta bilinmesi gerekenlerin bilindiği kabulüyle başlanmıştır.

Boyutlandırma ve çizim için; hesap, ongor, ustgor, yangor, baslik, govde, mil,disli ve kapak olmak üzere dokuz adet program dosyası hazırlanmıştır. Bu dokuz dosyadan sadece hesap boyutlandırma amaçlı olup diğerleri çizim amaçlıdır. Çizimin yapılabilmesi için boyutlandırmanın yapılmış olması gerektiğinden öncelikle boyutlandırma dosyasının çalıştırılması ve sorulan tüm soruların cevaplandırılması gerekir. Çizim dosyaları ancak bundan sonra çalıştırılabilir.

Boyutlandırma yapan hesap isimli dosyanın sonuna, boyutlandırma ile direkt olarak ilgisi olmamasına rağmen özellikle bu konuda yapılabilecek çalışmalara yardımcı olacağına inanıldığı için dişli kutusunun ağırlığını hesaplayan bir alt program da eklenmiştir.

Boyutlandırma ve çizim yapan dosyaların çalıştırılabilmesi için tüm dosyaların AutoCAD ortamına yüklenmesi ve öncelikle boyutlandırmayı yapan hesap isimli dosyanın çalıştırılması yeterlidir. Hesap isimli dosya çalıştırıldıktan ve sorulan tüm sorulara cevap verildikten sonra istenilen herhangi bir çizim dosyası çalıştırılabilir.

SUMMARY

In this study, Computer Aided Design of double reduction helical gear box and its technical drawings are investigated. For this purpose, a kind of artificial intelligence program named Autolisp that is adapted to the subprogram of Lisp called AutoCAD is used.

This study is explained under four major topics. In the first part, the importance and the purpose of the concept besides the relations with other parts are given in this part. In the second part design criteria of double reduction helical gear box are explained. Introducing basic properties and the functions of Autolisp programming language used for programming, in the third part, in the last part information about the content and working conditions of the program used for design and technical drawings is given.

It's started to design of double reduction helical gear box assuming that, in the beginning,

- Value of incoming power
- Total reduction ratio
- Location of gears
- Type of gears

are known. In the light of this assumption all calculations required to design is explained in their order in the part two. Sequence followed at the design is as follows,

- calculation of reduction ratio for each stage
- calculation of torque at the shafts
- selection of gear materials and the other factors used for calculations of module
- calculation of module according to strength
- control of the calculated module according to surface pressure
- calculation of gear dimension
- selection of shaft materials
- calculation of forces acting on the shaft
- calculation of diameters of shafts
- control these diameters according to control calculations
- calculation of bearing
- calculation of wedges
- control these wedges according to control criterion
- calculations for temperature control

Suggested values for similar processes are given by tables when required during the explanations of calculations. All of these are taken into consideration at prepared program.

In the part three, basic characteristics and the functions of Autolisp used in programming are explained. In this explanation, functions are grouped according to their useage and they are described under these group titles. These groups titles are as follows,

- Arithmetic operation functions
- Conditional functions
- List Manipulation functions
- Geometric utilities functions
- User input functions
- Display control functions
- Selection sets functions
- The other functions

And also format of each function is included in this part.

AutoLISP, an implementation of the LISP programming language, is an integral part of the AutoCAD package. AutoLISP lets users and AutoCAD developers write macro programs and functions in a powerful high-level language that is well suited to graphics applications.

AutoLISP supports the following data types;

- Symbols
- Lists
- Strings
- Integers
- Real numbers
- File descriptors
- AutoCAD entity names
- AutoCAD selection sets
- Subrs (built-in functions)
- External subrs

AutoLISP input can take several forms. It can be entered from the keyboard at the AutoCAD prompt line, read from an ASCII file, or read from a string variable. In all case, these conventions must be followed;

- Symbol names can consist of any sequence of printable characters except () . ' " ;
- The following characters terminate a symbol name or numeric constant () ' " ; (space) (end of line)
- Expression can span multiple lines
- Multiple spaces between symbols are equivalent to a single space

- Symbol and functions names (subrs) are not case-sensitive in AutoLISP; they can be entered uppercase or lowercase
- Integer constants can begin with an optional (+) or (-) character. Their range is -2.147.483.648 to 2.147.483.647
- Real constants can begin with an optional positive (+) or negative (-) character and consist of one or more numeric digits, followed by a decimal point, followed by one or more numeric digits (i.e., .5 is not recognized as a real ; 0.5 is correct)
- Real constants can be expressed in scientific notation, which has an optional (E or e) followed by the exponent of the number (i.e., 0.00005 is the same as 5 E -5)
- Literal strings are sequences of characters surrounded by double quotes. Within quoted strings the backslash (\) character allows control characters to be included. These codes are follow,
 - Code \\ which is meaning \ character
 - Code \e which is meaning escape character
 - Code \n which is meaning newline character
 - Code \r which is meaning return character
 - Code \t which is meaning tab character
 - Code \xx which is meaning character whose octal code is xx
- Using comments in program code is very important. Comments are useful to both the programmer and future users who may need to revise a program to suit their needs. A comment in AutoLISP is anything on a line that follows a semicolon (;). Comments begin with a semicolon and continue through the end of the line. Some of the uses for comments are the following; give a title, authorship and creation date, provide instructions on using a routine, make explanatory notes throughout the body of a routine, make notes to yourself during debugging and allow for characters that provide visual aesthetics.

All AutoLISP expressions have to be this form (function name [arguments].....). Each expression begins with a left paranthesis and consist of a function name and optional list of arguments to that function. The expression then ends with a right parenthesis. Every expression returns a value that can be used by a surrounding expression, if there is no surrounding expression, AutoLISP returns the value of AutoCAD.

If an incorrect expression is entered or read from a file, AutoLISP might display the following prompt n>, where n is an integer indicating how many levels of left parentheses remain unclosed.

The AutoLISP files are saved with an extension of .lsp and loaded, using the AutoLISP load function or include them in an acad.lsp file to be loaded automatically each time AutoCAD is started. Loading a .lsp file causes evaluation of its expression. Most commonly a .lsp file uses the defun function to store groups of functions in the computer's memory for later execution.

If a function is defined with a name of the form `c:xyz`, it can be issued at the AutoCAD prompt line in the same manner as a built-in AutoCAD command.

AutoLISP provides various functions for examining the drawing currently loaded, modifying it, interacting with the AutoCAD user, and so on. It introduces the functions, describes how they can be used in conjunction with other function, and provides code examples of their use. For specific details on calling a particular function, refer to the third part.

The most general of the AutoLISP functions that access AutoCAD is `command`. This function sends an AutoCAD command along with other related information directly to the AutoCAD command, prompt.

All symbols, user-defined functions and the standard functions which explains third part this guide describes are stored in computer's memory for the duration of the AutoCAD editing session only. When AutoLISP starts up, it acquires two large areas of memory for itself. The first, called the heap, is the area where all functions and symbols are stored; the more symbol and functions are defined, the more heap space is used. The second area, called the stack, holds function arguments and partial results; the deeper functions, the more stack space is used.

Using the `alloc` and `expand` functions to manually control symbols and string space allocation and so increase the efficiency of applications. By using these expressions at the beginning of `acad.lsp` file, it can be preallocate the symbols and also reverse some string space. This can reduce the number of garbage collections, improving the run-time efficiency of applications.

The `mem` function (`mem`) displays the current state of AutoLISP's memory, and returns nil function. Using the functions displays Nodes, Free Nodes, Segments, Allocate and Collections. Nodes is the total number of nodes (symbols) allocated so far. Free Nodes is the number of nodes currently on the free list placed there by a garbage collection. Segments is the number of node segment allocated. Allocated is the current segment size. Collections is a count of garbage collections.

In the fourth part, the given informations up to now are combined. Procedures of the design using Autolisp program and the technical drawings programs;

- `hesap`
- `ongor`
- `ustgor`
- `yangor`
- `baslik`
- `govde`
- `mil`
- `disli`
- `kapak`

which are prepared are explained. For design and drawings, nine files which are prepared. Hesap file performs design calculations, ongor draws front view of assembly, ustgor draws top view of assembly, yangor draws side view of assembly, baslik draws letterhead of assembly, govde draws manufacturing drawing of the frame, mil draws manufacturing drawing of the shaft, disli draws manufacturing drawing of the gear, kapak draws manufacturing drawing of the cover.

As it can be seen that among nine files, only hesap file is used for design, the others are used for drawings. Since the design has to be done in order to perform drawings, first of all desing file called hesap must be run then the drawing files is required to be executed. Otherwise drawing files will not execute. It can be understood that hesap file that performs the design generates the information for drawing files and this file has to be run beforehand. In order to run the Autolisp files, it is enough to be loaded to AutoCAD enviroment. The end of this part sequence of operation of prepared program which performs design calculation is added.

In addition a file which calculates the weight of the double reduction helical gear box is added to the end of the hesap file which performs the design. The file is not directly related to the design, but it can be used at the future studies. The file which calculates the weight of the double reduction helical gear box calculates total weight of;

- gears
- shafts
- bearings
- covers
- bodies

The file neglects calculations of total weight of smaller units such as gasket and felt.

Main process of the file that performs design is based on designing system by asking questions and evaluating the answers. For the wrong answers these are given by the user willingly or unwillingly (i.e. efficiency is greater than one) program refuses the answer and asks the question again.

Drawing files are the files that can draw by using the informations from the design files. Those files are formed by defining approximately 4000 nodes. Drawing are being done by using main commandAutocad is given by these files. In these files over 4000 nodes are defined that is used by Autocad.

In this study, Computer Aided Design (CAD) is investigated for the combination of Computer Aided Design and Computer Aided Manufacture (CAM). That's why specially the study bases for the Computer Aided Manufacture of double reduction helical gear box are drawn by prepared program files.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bu çalışmada; iki kademeli helisel dişli kutusunun boyutlandırılması ve boyutlandırma sonucunda elde edilen değerlerin kullanılarak montaj ve imalat resimlerinin çizdirilebilmesi amacıyla Autolisp programlama diliyle bir program hazırlanmıştır. Bu amaçla dişli kutusunun boyutlandırılma esasları anlatılmış, Autolisp programlama dilinin temel özellikleri verilmiş ve hazırlanmış olan programın çalışma esasları anlatılmıştır. Ayrıca son bölümde örnek bir uygulama için veri girişi verilmiş ve bu uygulama için çizdirilen montaj ve imalat resimleri çalışmanın sonuna eklenmiştir.

İkinci bölümde iki kademeli dişli kutusunun boyutlandırılma esasları anlatılmıştır. Bu anlatım sırasında belirli bir sıra takip edilmiş, gerekli yerlerde tablolar ve tavsiye edilen değerler verilmiş ve hazırlanan boyutlandırma programında da bu sıraya sadık kalınmıştır. Boyutlandırma programında, bu bölümde yer verilen tabloların ve tavsiye edilen değerlerin ekranda görüntülenmesi sağlanmıştır.

Üçüncü bölümde AutoLisp programlama dili üzerinde durulmuş, bu programlama dilinin temel özellikleri ve fonksiyonları anlatılmıştır. Fonksiyonların anlatılması sırasında, fonksiyonlar işlevlerine göre belirli gruplara ayrılmış ve bu gruplandırmaya sadık kalınarak anlatılmıştır.

Son bölümde ise bu bölüme kadar anlatılanların birleşmesiyle ortaya çıkan AutoLisp programlama ile iki kademeli dişli kutusunun boyutlandırılması, montaj ve imalat resimlerinin çizdirilmesi üzerinde durulmuş, hazırlanan AutoLisp dosyalarının yapısı,

içeriği ve çalıştırılma şekilleri anlatılmıştır. Yine bu bölümde örnek bir uygulama için programın kullanıcıya sorduğu sorular ve bu sorulara verilen cevaplar verilmiştir. Ayrıca boyutlandırma ile direkt olarak ilgisi olmamasına rağmen özellikle teorik çalışmalarda faydası olacağına inanılan iki kademeli helisel dişli kutusunun ağırlığını hesaplayan program boyutlandırma yapan programın sonuna eklenmiştir. Bu bölümün sonunda boyutlandırmayı yapan programın akış diyagramı da eklenmiştir.

Bu çalışma özellikle bilgisayar destekli konstrüksiyon ve imalat ve parametrik tasarım uygulaması için bir örnek teşkil etmektedir. Boyutlandırma ve boyutlandırma sonunda elde edilen değerleri kullanarak grafik modelleme yapan hazırlanmış programlar, kullanıcıya sorulan sorular ve bu sorulara kullanıcının verdiği cevapları kullanarak işlem yapma mantığına göre çalışmaktadırlar. Ayrıca programın sorduğu sorulara kullanıcının verdiği cevaplar, belli bir mantığa göre (örneğin verimin birden büyük olamayacağı gibi) kontrol edilmekte ve mantıksız veya uygun olmayan cevaplarda kullanıcı uyarılmaktadır. Böylelikle kullanıcının farkında olarak veya olmayarak yapacağı hatalı değer girişleri engellenmiştir.

BÖLÜM 2

İKİ KADEMELİ HELİSEL DİŞLİ KUTUSU PROJELENDİRME ESASLARI

2.1. Giriş

Bir makina sistemi genel olarak motor, güç ve hareket iletim elemanları ve iş yapan kısımdan meydana gelmiştir. Bunlardan motor herhangi bir enerjiyi mekanik enerjiye çeviren, iş kısmı ise motordan elde edilen mekanik enerjiyi iş enerjisine çeviren kısımdır. Motorların nominal devirleri ve güçleri sabit olduğundan sağladıkları döndürme momentleri sabittir. Ancak makinanın bir bileşeni olan iş kısmının değişen çalışma şartlarında değişik dönme momentlerine ihtiyacı vardır. Motorun gücü sabit olduğuna göre değişik moment ihtiyaçları ancak motorun devir sayısının değiştirilmesiyle sağlanabilir. Bu amaçla motor ile iş makinası arasında, motorun gücünü ileten ve aynı zamanda dönme hızının değerini ve/veya yönünü değiştiren güç ve hareket iletim elemanı dediğimiz elemanlar kullanılır.

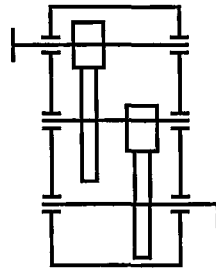
Genellikle makina konstrüksiyonunda mekanik esaslı güç ve hareket iletim elemanı olarak; dişli çark mekanizmaları, kayış kasnak mekanizmaları, sürtünmeli çarklar ve zincir mekanizmaları kullanılır. Bu mekanizmaların konstrüksiyon ve fiyat bakımından birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Konstrüktör bunları dikkate alarak konstrüksiyonda amaca en uygun olan mekanizmayı güç ve hareket iletim elemanı olarak seçer.

Dişli çark mekanizmalarından meydana gelmiş güç ve hareket iletim elemanları en genel olarak redüktör ve vites kutusu olmak üzere iki gruba ayrılır. Bu iki grup

arasındaki temel fark; redüktörlerde tek bir giriş devir sayısına karşılık tek bir çıkış devir sayısının elde edilebilmesi, vites kutularında ise tek bir giriş devir sayısına karşılık birden fazla çıkış devir sayısının elde edilebilmesidir. Diğer bir ifadeyle redüktörlerin çevrim oranı (giriş ve çıkış devir sayıları arasındaki oran) tek bir değerdir, vites kutularında ise tek bir değer olmayıp birden fazla değere sahiptir. Yapılan bu çalışmada güç ve hareket iletim elemanı olarak en yaygın olarak uygulama alanı bulması nedeniyle dişli çark mekanizmaları, bunlardan da redüktör dikkate alınmıştır.

2.2. Redüktörün Boyutlandırılması

Bir redüktörün boyutlandırılabilmesi için bazı değerlerin önceden bilinmesi, bazı değerlerin bilinen bu değerlere göre seçilmesi, bilinen ve seçilen bu değerlere göre hesaplamaların yapılması gerekir. Önceden bilinmesi gerekenler; dişli mekanizmasının çeşidi, dişlilerin yerleştirilme biçimi, motorun gücü (P), giriş devir sayısı veya motorun nominal devir sayısı (n_g), redüktörden istenilen çıkış devir sayısıdır (n_c). Aşağıda adım adım anlatılacak olan hesaplamalarda bunların bilindiği kabul edilmiş ve bu değerlere göre seçimler ve hesaplamalar yapılmıştır. Boyutlandırılması yapılacak olan dişli kutusunun iki kademeli, dişlilerin helisel olduğu ve bu dişlilerin yerleştirilme biçiminin Şekil 2.1’de gösterildiği şekilde olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 2.1. Dişlilerin yerleştirilme biçimi.

Aslında burada ileride anlatılacağı gibi, dişli kutusunun iki kademeli olmasını belirleyen faktör redüktörün toplam çevrim oranıdır. Şöyleki; silindirik dişli çiftlerinde bir kademe için hacimden tasarruf amacıyla tavsiye edilen maksimum çevrim oranı 5-6 civarındadır [2]. Eğer boyutlandırılması yapılacak olan dişli kutusunun toplam çevrim oranı bu değerlerden büyükse redüktör bu çevrim oranına bağlı olarak çok kademeli yapılır.

2.2.1. Diş sayılarının tesbit edilmesi

Diş sayılarının belirlenebilmesi için öncelikle her bir kademenin çevrim oranının bilinmesi gerekir. Bu amaçla redüktörün giriş (n_g) ve çıkış (n_c) devir sayıları bilindiğine göre Denklem (2.1) kullanılarak redüktörün toplam çevrim oranı (i_{TOP}) hesaplanabilir. İki kademeli bir dişli kutusunda toplam çevrim oranı (i_{TOP}) bilindiğine göre birinci kademenin çevrim oranı (i_{12}) Denklem (2.2) kullanılarak tesbit edilir. İkinci kademenin çevrim oranı (i_{34}) da, birinci kademenin çevrim oranı bilindiğine göre Denklem (2.3) kullanılarak hesaplanabilir. Kademelerin çevrim oranının belirlenmesinde birinci kademenin çevrim oranının ikinci kademenin çevrim oranından biraz büyük olması kutu hacminin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Kademelerin çevrim oranının tamsayıdan farklı olması dişlilerin çalışması sırasında aynı noktalarının temas etmemesi bakımından faydalıdır.

$$i_{Top} = \frac{n_g}{n_c} = i_{12}i_{34} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} \quad (2.1)$$

$$i_{12} = (1...1,2)\sqrt{i_{Top}} \quad (2.2)$$

$$i_{34} = \frac{i_{Top}}{i_{12}} \quad (2.3)$$

Her bir kademenin çevrim oranı belirlendikten sonra dişlilerin diş sayılarının tesbit edilmesine geçilebilir. Diş sayılarının belirlenebilmesi için takip edilecek yol; kutu boyutları, alt kesilme, kavrama oranı ve verim gözönüne alınarak birinci dişlinin diş sayısını (z_1) bu isteklerin tümünü bağdaştırmak üzere tavsiye edilen 16...24 diş arasında seçmek ve ikinci dişlinin diş sayısını (z_2) da çevrim oranı bilindiğine göre Denklem (2.4) kullanılarak hesaplamaktır. Diş sayısını tavsiye edilen değerden daha büyük seçmek dişli kutusunun gereğinden daha büyük olmasına neden olurken, tavsiye edilen değerlerden daha küçük seçmek alttan kesilme ihtimali nedeniyle tehlikeli olabilir. Tüm bunlar dikkate alınarak birinci dişlinin diş sayısı ve üçüncü dişlinin diş sayısı (z_3) seçildikten sonra Denklem (2.4) ve (2.5) kullanılarak ikinci dişlinin diş sayısı ve dördüncü dişlinin diş sayısı (z_4) hesaplanabilir.

$$z_2 = i_{12} z_1 \quad (2.4)$$

$$z_4 = i_{Top} \frac{z_1 z_3}{z_2} \quad (2.5)$$

Diş sayılarının hesaplanmasında ikinci ve dördüncü dişlinin diş sayılarının tamsayı çıkmama ihtimali yüksektir. Diş sayısının tamsayı olması gerektiği için hesaplama sonucunda bulunan sayının en yakın tamsayıya çevrilmesi gerekir. Bu durum her bir kademenin dolayısıyla dişli kutusunun toplam çevrim oranının değişmesine neden olur ve böylece başlangıçta bizden istenilen çevrim oranından farklı bir değer elde edilmiş olur. Yapılan bu hata (2.6) bağıntısıyla hesaplanabilir ve kabul edilebilecek maksimum hata miktarı %2'dir.

$$Hata = \frac{i_{Top} - i_{Topgerçek}}{i_{Top}} = \frac{n_{\zeta} - n_{\zeta gerçək}}{n_{\zeta}} \quad (2.6)$$

Seçilen ve hesaplanan diş sayılarına göre birinci kademenin gerçek çevrim oranı (i_{12ger}) ve ikinci kademenin gerçek çevrim oranı (i_{34ger}) Denklem (2.4) ve Denklem (2.5) kullanılarak hesaplanabilir. Kademelerin çevrim oranları değiştiği için giriş

devir sayısı (n_g) sabit kalmak şartıyla ikinci milin devir sayısı (n_2) ve çıkış milinin devir sayısı ($n_{çger}$) da değişecektir. İkinci ve çıkış mili yada diğer ismiyle üçüncü milin devir sayıları da Denklem (2.7) ve (2.8) kullanılarak hesaplanabilir.

$$n_2 = n_3 = n_g \frac{Z_1}{Z_2} \quad (2.7)$$

$$n_ç = n_4 = n_3 \frac{Z_3}{Z_4} \quad (2.8)$$

Bu kısımdan sonraki hesaplamalarda “gerçek” şeklinde belirtilen ve gerçek anlamına gelen indis belirtilmeyecek ve gerek çevrim oranı gerek devir sayısı olsun hesaplamalarda daima gerçek değerler kullanılacaktır.

2.2.2. Dişli malzemelerinin seçimi

Genel olarak dişli malzemelerinin seçiminde üç farklı uygulama yapılabilir. Bunlar; dört dişlinin de farklı malzemeden seçilmesi, birinci ve üçüncü dişlilerin aynı ve ikinci ve dördüncü dişlilerin aynı malzemeden seçilmesi, dört dişlinin de aynı malzemeden seçilmesidir. Dört dişlinin farklı malzemeden seçilmesi özellikle stok çeşidinin artması bakımından arzu edilen bir durum değildir. Pratikte en çok tercih edilen dört dişlinin de aynı malzemeden seçilmesi ve eş çalışan dişlilerde dişlilerin farklı sertliğe getirilmesidir. Eş çalışan dişlilerde birinci dişli ikinci dişliye göre daha sert olmak şartıyla aralarında en az 50 HB kadar fark olmalıdır. Bunun temel nedeni en uygun sürtünme halinin birisi yumuşak diğeri sert iki malzeme çifti arasında olmasıdır.

Dişli malzemeleri Tablo 2.1’de verilen malzemeler arasından seçilebilir. Dişlilerdeki yüzey basıncının yüksek olması nedeniyle aşınma mukavemetini sağlamak için temas yüzeylerinin sert olması gerekir. Tüm diş sertleştirilirse, gevreklik nedeniyle diş

Tablo 2.1. Dişli çark malzemeleri ve özellikleri [2].

Grup	Malzeme	Kopma Gerilmesi (daN/mm ²)	Çekirdek Sertliği HB	Yanak Sertliği HB
Genel İmalat Çelikleri	St 50	50.....60	150	150
	St 60	60.....70	180	180
	St 70	70.....85	210	210
İslah Çelikleri	C 22	50.....60	140	140
	C 45	65.....80	185	185
	C 60	75.....90	210	210
	34Cr4	75.....90	260	260
	37MnSi5	70.....80	230	230
	42CrMo4	95.....110	300	300
	34CrMo6	100.....130	310	310
Sementasyon Çelikleri	C 15	50.....65	190	636
	16MnCr5	80.....110	270	650
	20MnCr5	100.....130	360	650
	15CrNi6	90.....120	310	650
	18CrNi8	120.....145	400	650
Endüksiyon veya Alevle Sertleştirilmiş İslah Çelikleri	Ck 45	65.....80	190	560
	34CrMo4	-	270	590
	42CrMo4	95.....110	280	610
	34CrNiMo6	100.....130	250	590
Nitrürleme (Banyo)	Ck 45	65.....80	190	-
	42CrMo4	95.....110	275	-
Gaznitrürleme	31CrMoV9	-	320	700
Dökme Çelikler	GS 52	52	150	150
	GS 60	60	175	175
Dökme Demir	GG 20	20	170	170
	GG 25	25	200	200
	GG 35	35	230	230
Sfero Döküm	GGG 42	42	180	180
	GGG 60	60	250	250
	GGG 100	100	350	350
Temper Döküm	GTS 35	35.....40	140	140
	GTS 65	65.....70	235	235

yorulma mukavemeti bakımından uygunsuz hale gelecektir. Bu nedenle sadece dış kısmı sertleştirmek amacıyla ve hıza da bağlı olarak genellikle indüksiyon, sementasyon veya nitrürasyon yöntemlerinden biri seçilir. Seçilen dişli malzemelerinin bu yöntemlere uygun olması gerekir. Alevle sertleştirme sadece çok düşük hızlarda seçilebilir. Daha ince ve sert bir yüzeyin elde edilebildiği nitrürasyon yöntemi sementasyona göre daha pahalı olduğundan çok yüksek hızlarda seçilir.

Buraya kadar bahsedilen faktörler dikkate alınarak dişli malzemesi Tablo 2.1'den seçilebilir.

2.2.3. Modül hesabı

Bir dişlinin çalışması sırasında bir dişe etkiyen kuvvet ve bu kuvvetin bileşenleri dikkate alınırsa dişin eğilme, kesme ve basma zorlanmalarına maruz kaldığı görülür. Dişin bu zorlanmalar altında kırılmaması için gerekli olan eşitlikler yazılırsa bu ifadelerden pratik hesap için kullanılabilecek Denklem (2.9) elde edilir [4]. Modüller aynı olacağından kullanılacak olan Denklem (2.9) bir dişli çiftinde en fazla zorlanan dişli olan küçük dişli yani pinyona ait olan değerler için kullanılır. Denklem (2.9) kullanılarak hesaplanan modül değerinin standart modül değerine dönüştürülmesi için Tablo 2.2'den bu değere en yakın büyük değer standart modül olarak seçilir. Seçilen standart modül normal kesite ait standart modüldür (m_n) ve ileride anlatılacak olan kontrol hesabının da uygun çıkması halinde ilgili kademenin modülü olarak alınır. Boyutlandırmasını yaptığımız dişli kutusu iki kademeli olduğu için bu boyutlandırma hesabının yani modülü tayin etme hesabının her iki kademe için de yapılması gerekir. Birinci ve ikinci dişli çarkın (pinyon ve çark) modülleri eşit olmak zorunda olduğundan, daha büyük zorlanmalara maruz olan pinyonun modülü hesaplanır, gerekirse ikinci dişli için mukavemet kontrolü yapılır.

$$m_{n12} \geq \sqrt[3]{\frac{2 M_{b\phi 1}}{Z_1^2 \phi_d \sigma_{em1}}} K_{fe1} K_v \cos^2 \beta_0 \quad (2.9)$$

Aşağıda Denklem (2.9)'da yer alan notasyonlar, bu notasyonların temsil ettiği büyüklükler, bu büyüklüklerin seçim yada hesaplama kriterleri pragraflar halinde açıklanmıştır.

$M_{b\phi 1}$, çalışma momenti olup hangi kademenin modülü hesaplanıyorsa o kademeye ait pinyonun bağlı bulunduğu mildeki çalışma momentidir. Çalışma momenti, burulma momentinin (M_b) çalışma faktörüyle (K_o) çarpılmasıyla elde edilen momenttir.

Çalışma faktörü (2.10) bağıntısıyla hesaplanabilir ve bu bağıntıda yer alan motor çalışma faktörü (K_{omot}) Tablo 2.3'den, makina çalışma faktörü (K_{omak}) Tablo 2.4'den seçilebilir.

Tablo 2.2. Standart modül değerleri [2].

STANDART MODÜL DEĞERLERİ (m_n) (parantez içindeki değerleri zorunlu olmadıkça kullanmayınız)				
1	(2.75)	5	(10)	(18)
1.25	3	(5.5)	(11)	20
1.5	(3.25)	6	12	(22)
(1.75)	(3.5)	(6.5)	(13)	25
2	(3.75)	(7)	(14)	(28)
(2.25)	4	8	(15)	(32)
2.5	(4.5)	(9)	(16)	40

Tablo 2.3. Motor için çalışma faktörü (K_{omot}) değerleri [2].

İŞ MAKİNASI	MOTORUN CİNSİ		
	Elektrik veya Türbin	Çok Silindirli İçten Yanmalı	Tek Silindirli İçten Yanmalı
Düzgün	1.00	1.25	1.50
Orta Darbeli	1.25	1.50	1.75
Ağır Darbeli	1.75	2.00	2.25

İki kademeli dişli kutusunda birinci mildeki çalışma momenti ($M_{bç1}$) Denklem (2.11), ikinci mildeki çalışma momenti ($M_{bç2}$) Denklem (2.12) ve üçüncü mildeki çalışma momenti ($M_{bç3}$) ise Denklem (2.13) kullanılarak hesaplanabilir. Çalışma momentlerinin hesaplanmasında dikkate alınan bir diğer faktör dişlilerin ve yatakların verimleridir. Gerek dişli çiftleri arasında gücün iletilmesi sırasında gerekse millerin yatakların içinde dönmesi sırasında meydana gelen sürtünmeler nedeniyle az da olsa güç kaybı meydana geleceğinden bu elemanların verimlerinin dikkate alınması gerekir. Boyutlandırılması yapılan dişli kutusunda yataklama rulmanlı yataklarla yapılacağından rulman çifti verimi ($\eta_{RÇ}$) olarak 0.996 alınması uygundur. Dişli çarklarda yüzey sertleştirme yapıldığına göre sertleştirme öncesi raspalama veya sonrası taşlama yapılacağı kabul edilerek dişli çifti verimi ($\eta_{DÇ}$) içinde 0.96...0.99 arasında değer seçilebilir.

$$K_0 = K_{omot} K_{omak} \quad (2.10)$$

$$M_{bc1} = K_o \eta_{RC} \frac{P}{\frac{2\pi n_g}{60}} \quad (2.11)$$

$$M_{bc2} = M_{bc1} \eta_{RC} \eta_{Dç} i_{12} \quad (2.12)$$

$$M_{bc3} = M_{bc2} \eta_{RC} \eta_{Dç} i_{34} \quad (2.13)$$

Tablo 2.4. Elektrik motoru için iş makinalarının çalışma faktörü (K_{omak}) [2].

İŞ MAKİNASI		ÇALIŞMA SAATİ	
MAKİNA	ÇEŞİTLERİ	10 SAAT	24 SAAT
Karıştırıcılar	Sıvı	1.00	1.25
	Sıvı ve katı	1.25	1.50
	Değişik Yoğunluktaki Sıvılar	1.25	1.50
Körükler	Santrifüj	1.00	1.25
	Kanatlı	1.00	1.25
Kompresörler	Santrifüj	1.00	1.25
	Tek Silindirli	1.75	1.75
	Çok Silindirli	1.25	1.50
Konveyörler	Düzgün Yükleme	1.00	1.25
	Ağır ve Düzgün Olmayan Yükleme	1.25	1.50
	Çok Ağır Yükleme	1.75	1.75
Kırıcılar	Taş	1.75	1.75
	Şeker	-	1.50
Elavatörler	Düzgün Yükleme	1.00	1.25
	Ağır Yükleme	1.25	1.50
Fan	Santrifüj	1.00	1.25
Takım Tezgahları	Yardımcı Mekanizma	1.00	1.25
	Ana Mekanizma	1.25	1.50
Pompalar	Santrifüj	1.00	1.25
	Tek Etkili, 3 veya Daha Fazla Silindirli	1.25	1.50
	Çift Etkili, 2 veya Daha Fazla Silindirli	1.25	1.50

Denklem (2.9)'daki z_1 modülün hesaplandığı kademeye ait pinyonun diş sayısıdır. Denklem (2.9) da diş sayısı yerine, birinci kademenin modülünün hesaplanmasında birinci dişlinin diş sayısı, ikinci kademenin modülünün hesaplanmasında ise üçüncü dişlinin diş sayısı yazılır.

φ_d ile ifade edilen değer pinyona ait genişlik faktörü olarak adlandırılır ve Denklem (2.14) ile bu faktöre etki eden büyüklükler gösterilmiştir. Genişlik faktörünün başlangıçta kullanıcı tarafından seçilmesi gerekir. Bu faktörün küçük seçilmesi dişli genişliğinin küçülmesine, dolayısıyla dişlinin yük taşıma kabiliyetinin azalmasına neden olur. Genişlik faktörünün büyük seçilmesiyle birlikte dişlinin yük taşıma kabiliyeti artar. Ancak dişli genişliğinin büyük olması halinde; gerek millerin deformasyonu, gerekse işleme hataları nedeniyle yükün dengesiz dağılması ve böylelikle köşe hasarlarının meydana gelme olasılığı artar. Genişlik faktörü değeri olarak 0.8...1.2 arasında bir değer seçilmesinin tavsiye edilmesiyle birlikte, özellikle vites kutuları gibi hacmin son derece sınırlı olduğu uygulamalarda 0.3 değerine kadar inilebilir [17]. Tablo 2.5’de değişik uygulama durumları için tavsiye edilen genişlik faktörü değerleri verilmiştir.

Tablo 2.5. Genişlik faktörü (ψ_d) değerleri [2].

YATAKLAMA DURUMU	ψ_d
Her İki taraftan Yataklanmış Normal Kalitede Dişli Çark	≤ 0.5
Rijit ve Doğru olarak Yataklanmış, İyi İşlenmiş Dişli Çark	≤ 1.0
Türbinlerde Kullanılan Yüksek Kaliteli Dişli Çark	≤ 2.0
İyi Yataklanmamış veya Kalitesi Düşük Dişli Çark	≤ 0.4

σ_{eml} ile pinyona ait emniyet gerilmesi ifade edilmektedir. Emniyet gerilmesinin hesaplanabilmesi için malzemeye etki eden zorlanma şeklinin bilinmesi gerekir. Eğer dişli çark hep aynı yönde dönüyorsa genel değişken zorlanma hali vardır ve emniyet gerilmesi Denklem (2.15) ile hesaplanabilir. Dişli çark sık sık yön değiştirerek çalışıyorsa tam değişken zorlanma hali söz konusu demektir ve bu durumda emniyet gerilmesi Denklem (2.16) ile hesaplanabilir.

$$\psi_d = \frac{b_1}{d_{01}} \quad (2.14)$$

$$\sigma_{em} = \frac{1.40.5\sigma_K}{K_\phi S} \quad (2.15)$$

$$\sigma_{em} = \frac{0.5\sigma_K}{K_\phi S} \quad (2.16)$$

Denklem (2.15) ve (2.16) daki emniyet katsayısı için (S) 1.5...2 arasında bir değer seçilebilir. Bu değer büyük seçilmesi konstrüksiyonun emniyetini arttırmakla birlikte boyutların büyümesine dolayısıyla maliyetin artmasına neden olur. Emniyet katsayısının küçük seçilmesi de boyutların ve maliyetin azalmasını sağlamakla birlikte konstrüksiyonun emniyetini azaltır. Denklem (2.15) ve (2.16) daki çentik faktörünün (K_ϕ) değerinin ise malzemeye ve diş dibi kavsine bağlı olmakla beraber 1.4...1.6 arasında seçilmesi uygundur. Denklem (2.15) ve (2.16) daki malzemenin kopma mukavemeti (σ_K) seçilen malzemeye bağlı olarak Tablo 2.1'den okunabilir.

Tablo 2.6. Hız faktörü (K_v) değerleri [2].

Kalite	Yüzey Sertliği HB	Çevre Hızı (m/s)				
		<3	3-8	8-12	12-18	18-25
6	≤350	-	1	1.1	1.2	1.4
	>350	-	1	1	1.1	1.2
7	≤350	1	1	1.2	1.3	1.5
	>350	1	1	1.1	1.2	1.3
8	≤350	1.1	1.3	1.4	-	-
	>350	1.1	1.2	1.3	-	-
9	≤350	1.2	1.4	-	-	-
	>350	1.2	1.3	-	-	-

K_v hız faktörü olup değeri dişlinin yüzey sertliğine, kalitesine ve çevre hızına göre Tablo 2.6 da verilmiştir. Hız faktörünün bu tablodan seçilebilmesi için dişlinin çevre hızının bilinmesine gerek vardır. Dişlinin çevre hızının hesaplanabilmesi için dişli çapına dolayısıyla modüle ihtiyaç vardır. Hız faktörünü zaten modülü hesaplayabilmek için kullanacağımıza göre bu durumda Tablo 2.6'dan dişlinin yüzey sertliğine ve kalitesine göre uygun bir hız faktörünün (K_{vtah}) tahmin edilmesi gerekir.

Modül hesaplandıktan sonra çevre hızı hesaplanmalı ve buna göre gerçek hız faktörü (K_{vger}) Tablo 2.6'dan seçilmelidir. Eğer tahmin edilen hız faktörü gerçek hız faktöründen büyük yada eşitse yapılan tahminde herhangi bir problem yok demektir. Ancak tahmin edilen hız faktörü gerçek hız faktöründen küçükse, modül hesabındaki tahmin edilen hız faktörünün yeniden tahmin edilerek veya yeni değerin tahmin değeri olarak alınmasıyla modülün yeniden hesaplanması gerekir.

K_{fe} , form faktörü olup değeri Tablo 2.7 de eşdeğer diş sayısına bağlı olarak verilmiştir. Burada ifade edilen eşdeğer diş sayısı pinyonun eşdeğer diş sayısı olup Denklem (2.17)'ye göre hesaplanır.

$$z_e = \frac{z}{\cos^3 \beta_0} \quad (2.17)$$

Tablo 2.7. Form faktörü (K_{fe}) değerleri [2].

Eşdeğer Diş Sayısı	12	14	15	16	17	18	19
K_{fe}	3.7	3.33	3.23	3.15	3.08	3.00	2.98
Eşdeğer Diş Sayısı	20	21	22	23	24	25	26
K_{fe}	2.95	2.90	2.86	2.82	2.78	2.73	2.70
Eşdeğer Diş Sayısı	27	28	29	30	35	40	45
K_{fe}	2.67	2.64	2.62	2.60	2.51	2.45	2.41
Eşdeğer Diş Sayısı	50	65	70	80	90	100	∞
K_{fe}	2.37	2.29	2.28	2.25	2.23	2.21	2.20

Denklem (2.9)'daki helis eğim açısının (β_0) $8^\circ \dots 20^\circ$ arasında seçilmesi tavsiye edilir. Eğim açısının küçük seçilmesiyle helisel dişli düz dişliye yaklaşır ve helisel dişlinin yük taşıma bakımından aynı genişlikteki düz dişliden fazla bir avantajı kalmaz. Eğim açısının büyük seçilmesinde de yük taşıma kabiliyetinin artmasıyla birlikte eksenel kuvvetin artması ve artan bu eksenel kuvveti karşılayabilme problemi ortaya çıkar. Bu nedenledir ki; eğim açısının tavsiye edilen değerler arasında seçilmesinde fayda vardır.

Buraya kadar paragraflar halinde özetlenen tüm değişkenlerin uygun değerleri seçilerek veya hesaplanarak Denklem (2.9) da yerine yazılarak ilgili kademe için modül hesabı yapılır. Denklem (2.9) ile hesaplanan değerin standart modüle dönüştürülmesi için Tablo 2.2'den hesaplanan bu değere en yakın büyük değer standart modül olarak seçilir. Boyutlandırılması yapılan dişli kutusu iki kademeli olduğu için, buraya kadar anlatılanlar dikkate alınarak birinci kademenin normal modülü (m_{n12}) ve benzer şekilde ikinci kademenin normal modülü (m_{n34}) hesaplanır.

2.2.4. Kontrol hesabı

Her bir kademe için modüller hesaplandıktan sonra bu modüllerin yüzey basıncı hesabına göre kontrol edilmesi gerekir. Bu kontrol Denklem (2.18)'e göre yapılabilir. Yüzey basıncına göre kontrol hesabı her bir dişli için ayrı ayrı yapılır. Herhangi bir dişli yüzey basıncı kontrol hesabına göre emniyetsiz çıkarsa, mümkünse yüzey sertliği veya modül artırılır. Bunun için emniyet yüzey basıncını (P_{Hem}) sağlayan minimum modül hesaplanmalı ve bu hesaplanan modüle göre Tablo 2.2'den en yakın büyük standart modül seçilmelidir. Böyle bir durumda bu dişlinin ait olduğu kademenin modülü seçilen bu yeni modül değeridir ve diğer dişlinin seçilen bu yeni modüle göre kontrol edilmesi gerekir.

$$P_H = K_E K_\alpha K_\beta K_i \sqrt{\frac{2 M_{bc}}{b d_0^2}} K_v \leq P_{Hem} \quad (2.18)$$

Denklem (2.18)'de yer alan notasyonlar, bu notasyonların ifade ettiği büyüklükler, bu büyüklüklerin seçim veya hesaplama kriterleri aşağıda paragraflar halinde açıklanmıştır.

P_H , dişlilerin yüzeyinde meydana gelen Hertz basıncıdır.

K_E malzeme elastiklik faktörü olup eş çalışan dişlilerin malzemesine bağlıdır. Elastiklik faktörünün alabileceği değerler pratik uygulamalar için malzeme çiftlerine göre Tablo 2.8’de verilmiş olup hassas hesaplamalar için Denklem (2.18a) kullanılarak da hesaplanabilir.

$$K_E = 0.59 \sqrt{\frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2}} \quad (2.18a)$$

Tablo 2.8. Eşdeğer elastiklik modülü ve malzeme faktörü (K_E) [2].

PİNYON		ÇARK		K_E (daN/mm ²) ^(1/2)
Malzeme	Elastiklik Modülü *10 ⁴ (daN/mm ²)	Malzeme	Elastiklik Modülü *10 ⁴ (daN/mm ²)	
Çelik	2.1	Çelik	2.10	85.7
		GS 60	2.05	85.2
		GS 52	2.05	85.2
		GGG 50	1.76	81.9
		GGG 42	1.75	81.7
		GG 25	1.28	74.6
		GG 20	1.20	73.1
GS 60	2.05	GS 52	2.05	84.7
		GGG 50	1.76	81.4
		GG 20	1.20	72.8
GGG 50	1.76	GGG 42	1.75	78.4
		GG 20	1.20	70.7
GG 20	1.20	GG 20	1.20	64.8
		GG 25	1.28	65.8

K_α yuvarlanma noktası faktörü olup kavrama açısı (α_0) ve helis açısına bağlıdır. Standart kavrama açısı 20° için yuvarlanma noktası faktörü 1.76 olur.

K_β eğim açısı faktörü olup eğim açısına bağlıdır. Eğim açısı faktörü eğim açısına bağlı olarak Tablo 2.9’da verilmiştir.

Tablo 2.9. Eğim açısı faktörü (K_β) değerleri [2].

β_0°	0	10	12	14	16	18	20	22	24	26	30	32	35
K_β	1	0.99	0.985	0.98	0.97	0.964	0.954	0.94	0.933	0.922	0.905	0.894	0.855

K_i çevrim oranı faktörü olarak ifade edilir ve değeri çevrim oranına bağlıdır. Çevrim oranı faktörü Denklem (2.19) ile hesaplanabilir.

$$K_i = \sqrt{\frac{i_{12} + 1}{i_{12}}} \quad (2.19)$$

Denklem (2.14) da b dişli genişliğini ifade etmektedir. Genişlik faktörü seçildiğine ve modül bilinip Denklem (2.20)'ye göre taksimat dairesi çapı (d_0) hesaplanabileceğine göre dişli genişliği bulunabilir. Dişli genişliklerinin hesaplanmasında pinyonun genişliği genişlik faktörü ile hesaplandıktan sonra gerek çizim gerekse imalat aşamasında kolaylık sağlaması bakımından çıkan sonucun yuvarlatılmasında fayda vardır. Pinyonun genişliği bu şekilde hesaplandıktan sonra çarkın genişliği, pinyonun genişliğinden 5 mm eksiltmek suretiyle bulunan değer olarak alınır. Bu amaçla Denklem (2.20a) kullanılabilir. Bunun sebebi dişlilerin montajından sonra meydana gelebilecek eksenel kaymalar sonucunda dahi tüm dişli genişliği boyunca temasın sağlanabilmesidir. Bu nedenle yüzey basıncına göre kontrol hesabında, gerek pinyonun gerekse çarkın kontrolünde dişli genişliği olarak daha küçük olan çarkın genişliğini (b_2) dikkate almak gerekir.

$$d_0 = \frac{zm_n}{\cos \beta_0} \quad (2.20)$$

$$b_2 = b_1 - 5 \text{ mm} \quad (2.20a)$$

Tablo 2.10. Malzemelerin sürekli yüzey basıncı mukavemet sınırı (P_{HD}) [2].

MALZEME	P_{HD}
Sementasyon Çelikleri	0.25xHB
Sertleştirilmiş Islah Çelikleri	0.20xHB
Sertleştirilmemiş Islah Çelikleri	0.30xHB (HB≤250) 0.25xHB (HB>250)
Genel İmalat Çelikleri	0.22x HB
Dökme Demir	0.20xHB

P_{Hem} yüzey emniyet basıncı olup Denklem (2.21)'e göre hesaplanabilir. Denklem (2.21)'de yer alan sürekli yüzey basıncı mukavemet sınırı (P_{HD}) malzemenin cinsine ve yüzey sertliğine bağlı olup Tablo 2.10'da verilmiştir.

$$P_{Hem} = \frac{P_{HD}}{s} \quad (2.21)$$

2.2.5. Dişlilerin temel boyutları

Dişlilerin temel boyutlarından kastedilenler dişlilerin taksimat dairesi çapları (d_0), taban daireleri çapları (d_t), baş dairesi çapları (d_b), temel dairesi çapları (d_g), dişli genişlikleri (b) ve dişlilerin eksenleri arasındaki mesafedir (a_0). Dişlilerin taksimat dairesi çapı hesabında birinci dişli için Denklem (2.22), ikinci dişli için Denklem (2.23), üçüncü dişli için Denklem (2.24) ve dördüncü dişli için Denklem (2.25) kullanılabilir. Baş dairesi çapı hesabında ise birinci dişli için Denklem (2.26), ikinci dişli için Denklem (2.27), üçüncü dişli için Denklem (2.28) ve dördüncü dişli için Denklem (2.29) kullanılabilir. Taban dairesi çapı hesabında da birinci dişli için Denklem (2.30), ikinci dişli için Denklem (2.31), üçüncü dişli için Denklem (2.32) ve dördüncü dişli için Denklem (2.33) kullanılabilir. Temel dairesi çapı hesabında da birinci dişli için Denklem (2.30a), ikinci dişli için Denklem (2.31a), üçüncü dişli için Denklem (2.32a) ve dördüncü dişli için Denklem (2.33a) kullanılabilir. Dişli genişlikleri de Denklem (2.14) ve Denklem (2.20a) kullanılarak bulunabilir. Dişlilerin eksenleri arasındaki mesafeyi hesaplayabilmek amacıyla birinci kademe için Denklem (2.34), ikinci kademe için Denklem (2.35) kullanılır.

$$d_{01} = \frac{z_1 m_{n12}}{\cos \beta_{012}} \quad (2.22)$$

$$d_{02} = \frac{z_2 m_{n12}}{\cos \beta_{012}} \quad (2.23)$$

$$d_{03} = \frac{z_3 m_{n34}}{\cos \beta_{034}} \quad (2.24)$$

$$d_{04} = \frac{z_4 m_{n34}}{\cos \beta_{034}} \quad (2.25)$$

$$d_{b1} = d_{01} + 2m_{n12} \quad (2.26)$$

$$d_{b2} = d_{02} + 2m_{n12} \quad (2.27)$$

$$d_{b3} = d_{03} + 2m_{n34} \quad (2.28)$$

$$d_{b4} = d_{04} + 2m_{n34} \quad (2.29)$$

$$d_{t1} = d_{01} - 2.5m_{n12} \quad (2.30)$$

$$d_{t2} = d_{02} - 2.5m_{n12} \quad (2.31)$$

$$d_{t3} = d_{03} - 2.5m_{n12} \quad (2.32)$$

$$d_{t4} = d_{04} - 2.5m_{n12} \quad (2.33)$$

$$d_{g1} = d_{01} \cos \alpha_{so12} \quad , \quad \tan \alpha_{so12} = \tan \alpha_{no} / \cos \beta_{o12} \quad (2.30a)$$

$$d_{g2} = d_{02} \cos \alpha_{so12} \quad , \quad \tan \alpha_{so12} = \tan \alpha_{no} / \cos \beta_{o12} \quad (2.31a)$$

$$d_{g3} = d_{03} \cos \alpha_{so34} \quad , \quad \tan \alpha_{so34} = \tan \alpha_{no} / \cos \beta_{o34} \quad (2.32a)$$

$$d_{g4} = d_{04} \cos \alpha_{so34} \quad , \quad \tan \alpha_{so34} = \tan \alpha_{no} / \cos \beta_{o34} \quad (2.33a)$$

$$a_{012} = \frac{d_{01} + d_{02}}{2} \quad (2.34)$$

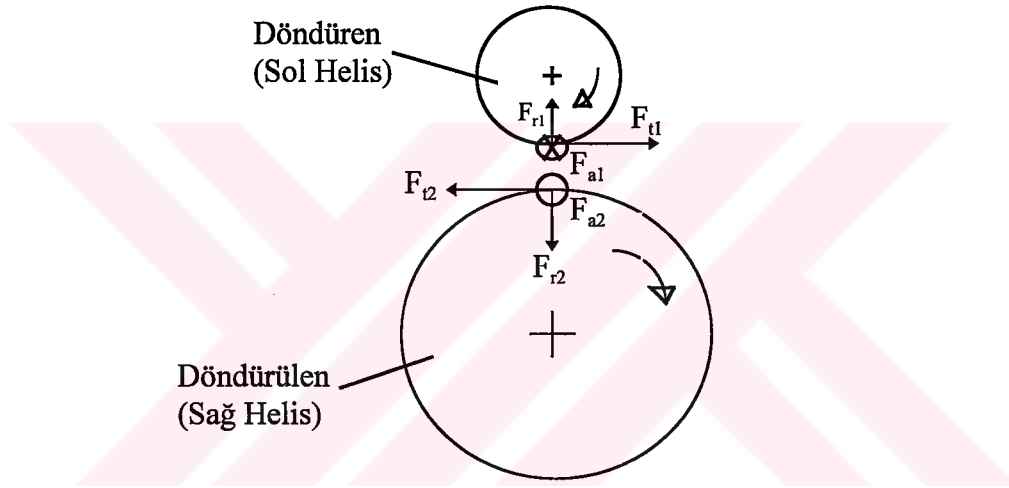
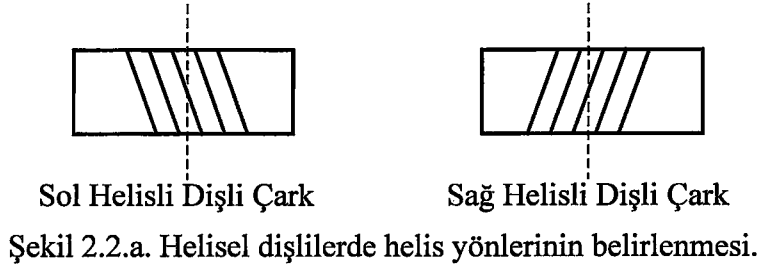
$$a_{034} = \frac{d_{03} + d_{04}}{2} \quad (2.35)$$

2.2.6. Diş kuvvetlerinin ve yatak tepkilerinin hesaplanması

Helisel dişlilerin çalışması sırasında dişlere etkiyen kuvvetin (F_n); radyal kuvvet (F_r), teğetsel kuvvet (F_t) ve eksenel kuvvet (F_a) olmak üzere üç bileşeni vardır. Kuvvetlerin yönleri dişlilerin dönme yönü, döndüren-döndürülen olma ve helis yönlerine göre belirlenir. Radyal kuvvet çark merkezine doğru olan, teğetsel kuvvet taksimat dairesine teğet ve yönü döndüren dişli için dönme yönüne ters, döndürülen dişli için itilme yönünde olan, eksenel kuvvet ise mil eksenine paralel doğrultuda olan kuvvettir. Eksenel kuvvetin doğrultusu sabit olmakla birlikte yönünü dişli çarkın; döndüren-döndürülen olma, dönme yönü ve helis yönü belirler. Şöyleki; döndüren dişli sağ helisli ve sağdan bakılınca saat ibreleri yönünde dönüyorsa veya sol helisli olup sağdan bakılınca saat ibrelerinin dönme yönünün tersinde dönüyorsa eksenel kuvvet soldan sağa doğrudur. Eğer döndüren dişli sol helisli ve sağdan bakılınca saat ibreleri yönünde dönüyorsa veya sağ helisli olup sağdan bakılınca saat ibrelerine ters yönde dönüyorsa eksenel kuvvet sağdan sola doğru etki ediyor demektir. Yukarıda belirtilen tüm haller için döndürülen dişlideki eksenel kuvvetin yönü döndüren çarkın eksenel kuvvetinin tersi yönünde olacaktır. Helisel dişlilerin sağ veya sol helisli olma durumu Şekil 2.2a'da, diş kuvvet yönlerinin belirlenmesi Şekil 2.2b'de gösterilmiştir.

Helisel dişlilerde meydana gelen eksenel kuvveti sadece bir yatak taşır. İleride anlatılacak olan yatak seçiminde bu hususun dikkate alınması gerekir. Bir mil üzerinde iki adet helisel dişli kullanılacaksa helis yönlerinin aynı yönde seçilmesi her iki dişlide meydana gelecek eksenel kuvvetin yönlerinin farklı olmasına ve dolayısıyla mile etki eden eksenel kuvvetin bu iki eksenel kuvvet farkı kadar

olmasını sağlar. Bu nedenle bir mil üzerinde iki tane helisel dişli bulunduğunda helis yönlerinin aynı yönde olmasına dikkat edilir. Aynı mil üzerinde olduklarından dönme yönleri ve helis yönleri aynı olunca, eksenel kuvvetlerin zıt olması birinin döndüren diğerinin döndürülen olmasından dolayıdır.



Diş kuvvetlerinin hesaplanabilmesi için çalışma momenti bilindiğine göre buradan yola çıkılır ve önce teğetsel kuvvet, taksimat dairesi çapı ve çalışma momenti kullanılarak Denklem (2.36) ile hesaplanır. Etki-tepki prensibi nedeniyle bir dişli çiftinde birinci dişliye etki eden teğetsel kuvvet (F_{t1}) ikinci dişliye etki eden teğetsel kuvvete (F_{t2}), birinci dişliye etki eden radyal kuvvet (F_{r1}) ikinci dişliye etki eden radyal kuvvete (F_{r2}) ve birinci dişliye etki eden eksenel kuvvet (F_{a1}) ikinci dişliye etki eden eksenel kuvvete (F_{a2}) eşittir ve yönleri birbirlerine zıttır. Bir dişli çiftinde teğetsel kuvvet hesaplandıktan sonra teğetsel kuvvete bağlı olarak radyal ve eksenel kuvvetler hesaplanabilir. Dişliye etki eden teğetsel kuvvet Denklem (2.36)

kullanılarak hesaplandıktan sonra radyal kuvvet Denklem (2.37) kullanılarak ve eksenel kuvvet Denklem (2.38) kullanılarak hesaplanabilir.

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2M_{b\phi 1}}{d_{01}} \quad (2.36)$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t1} \tan \alpha_{n0} \quad (2.37)$$

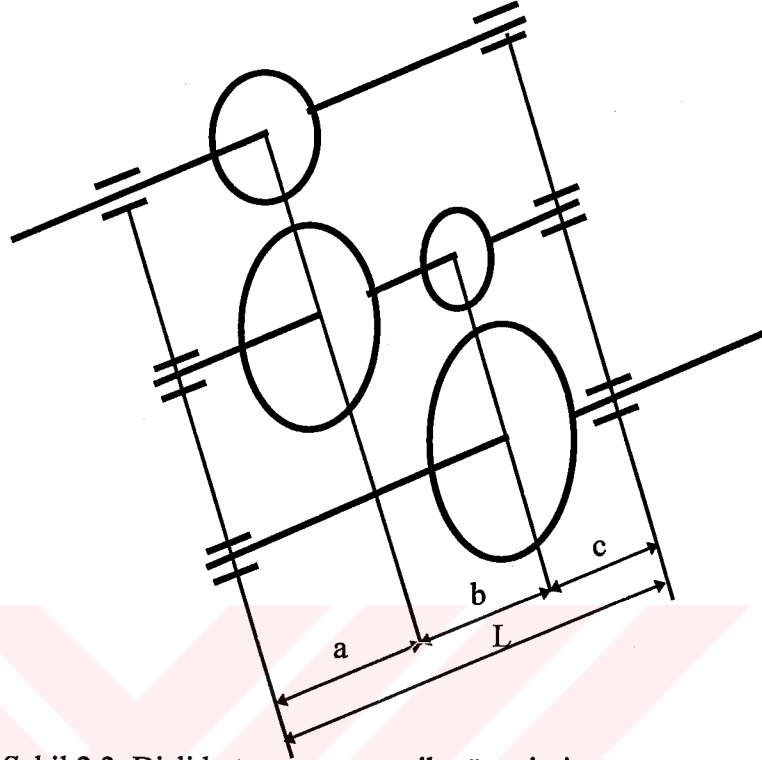
$$F_{a1} = F_{a2} = F_{t1} \tan \beta_0 \quad (2.38)$$

Diş kuvvetleri hesaplandıktan sonra mil ve rulman hesaplarının yapılabilmesi için bu kuvvetlerin meydana getirdiği yatak tepkilerinin hesaplanması gerekir. Yatak tepkilerinin hesaplanabilmesi için mil uzunluklarının bilinmesi gerekir. Bu amaçla Şekil 2.3’de gösterilen dişli kutusunun şematik resmi üzerindeki a,b,c,L uzunluklarının tesbit edilmesi gerekir.

Şekil 2.3’de dişli kutusunun şematik gösterimindeki a ve c uzunlukları rulmanlı yatak genişliğinin yarısı, dişli çark ile rulmanlı yatak arasındaki mesafe ile dişli çark genişliğinin yarısının toplamını, c uzunluğu ise iki dişli çark arasındaki mesafe ile dişli çarkların genişliklerinin yarısının toplamını ifade etmektedir. Rulmanlı yatağın genişliği henüz bilinmediğinden başlangıçta rulmanlı yatak genişliği olarak 20 mm alınması tavsiye edilir. Dişli çarkla rulmanlı yatak arasındaki mesafe ve iki dişli arasında bırakılması gereken mesafe ise 10...15 mm civarında seçilebilir. Mesafenin gereğinden büyük seçilmesi millerdeki eğilme momentini, dolayısıyla mukavemetini, çökme miktarını ve eğilme titreşimini olumsuz yönde etkiler, ayrıca dişli kutusunun hacmini artırır. Dişli genişlikleri (b_1 ve b_3) daha önceden hesaplandığına göre yukarıda verilen yaklaşık değerler kullanılarak mil uzunlukları ve böylelikle diş kuvvetlerinin etkiye noktasının yataklara olan mesafeleri hesaplanabilir.

Diş kuvvetlerinin etkiye noktası dişli genişliğinin orta noktası olarak alınır. Mil uzunlukları bilindiğine göre bu kuvvetlerin etkiye noktasının yataklara olan mesafesi

de biliniyor demektir. Böylece statik denge denklemleri kullanılarak ve belli noktalara göre momentler alınarak herbir yatağa etkiyen yatak kuvvetleri bulunur.



Şekil 2.3. Dişli kutusunun şematik gösterimi.

2.2.7. Millerin boyutlandırılmasının hesaplanması

Millerin boyutlandırılmasından kasdedilen; dişli kutusundaki her bir milin teker teker ele alınarak, en fazla zorlanmaya maruz kalan kesitine göre mukavemet bağıntılarını kullanarak çapının hesaplanması ve hesaplanan bu çapın belli kriterlere göre kontrol edilmesidir. Bunlar aşağıda Milin Boyutlandırılması ve Kontrol Hesabı olmak üzere iki başlık altında anlatılmıştır.

2.2.7.1. Milin boyutlandırılması

Miller genel olarak eğilme gerilmesi (σ_e) ve burulma gerilmesinden (τ) meydana gelen bileşik gerilme (σ_B) ile zorlanırlar. Eğilme gerilmesi ve burulma gerilmesi

zamana bağılı olarak statik veya değişken olabilirler. Uygulamada en çok rastlanılan durum eğilme gerilmesinin tam değişken, burulma gerilmesinin ise statik olması halidir. Burulma gerilmesinin değişken olabilmesi için milin sık sık durup aynı yönde çalışmaya devam etmesi, sık sık hızının değişmesi yada sık sık yön değiştirerek çalışmaya devam etmesi gerekir. Eğer bir mil sık sık durup aynı yönde yeniden çalışmaya devam ediyorsa veya sık sık hızını değiştirerek çalışıyorsa burulma gerilmesi genel değişken, sık sık yön değiştirerek aynı hızda çalışıyorsa burulma gerilmesi tam değişkendir. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi dişli kutusunun çalışma prensibi bakımından pratikte en çok karşılaşılan durum, eğilme gerilmesinin tam değişken burulma gerilmesinin ise statik olduğu haldir. Aşağıda mil boyutlandırılması ile ilgili tüm hesaplamalarda bu durum göz önüne alınarak eğilme gerilmesinin tam değişken ($\sigma_0=0$, $\sigma_g=\sigma_{maks}$), burulma gerilmesinin ise statik olduğu kabul edilmiştir.

Bileşik gerilme Maksimum Biçim Değiştirme Enerjisi Hipotezi ve Soderberg bağıntısı kullanılarak Denklem (2.39) ile hesaplanabilir. Bileşik gerilmeyi meydana getiren eğilme gerilmesi Denklem (2.40) kullanılarak, burulma gerilmesi ise Denklem (2.41) kullanılarak hesaplanabilir. Milin bu zorlanmalar etkisi altında emniyetle çalışabilmesi için bileşik gerilmenin milin emniyet gerilmesinden (σ_{em}) küçük yada eşit olması gerekir. Milin emniyet gerilmesi seçilen mil malzemesine ve konstrüktörün seçtiği emniyet katsayısına göre değişmekte olup Denklem (2.42) kullanılarak hesaplanabilir. Bütün bunlar dikkate alınarak Denklem (2.40), Denklem (2.41) ve Denklem (2.42), Denklem (2.39)'de yerine yazılırsa Denklem (2.43) elde edilir.

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau^2} \quad (2.39)$$

$$\sigma_e = \frac{\sigma_{AK}}{\sigma_D} \sigma_g \quad (2.40)$$

$$\tau = \frac{M_b}{w_p} \quad (2.41)$$

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{AK}}{S} \quad (2.42)$$

$$\sigma_B = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{AK}}{\sigma_D^*} \sigma_g\right)^2 + 3\left(\frac{M_b}{w_p}\right)^2} \leq \sigma_{em} = \frac{\sigma_{AK}}{S} \quad (2.43)$$

Denklem (2.43)'deki gerilme genliğinin (σ_g) tam değişken zorlanma hali için maksimum eğilme zorlanmasına (σ_{emax}) eşit olduğu ve Denklem (2.44) kullanılarak hesaplanabileceği düşünülürse Denklem (2.43) Denklem (2.45)'e dönüştürülebilir. Bu dönüşüm sırasında milin kesitinin dairesel, eğilme mukavemet momentinin (w), burulma mukavemet momentinin (w_p) yarısı olduğu ve eğilme mukavemet momentinin Denklem (2.46) kullanılarak hesaplanılabileceği düşünülmüştür.

$$\sigma_g = \frac{M_{e\max}}{w} \quad (2.44)$$

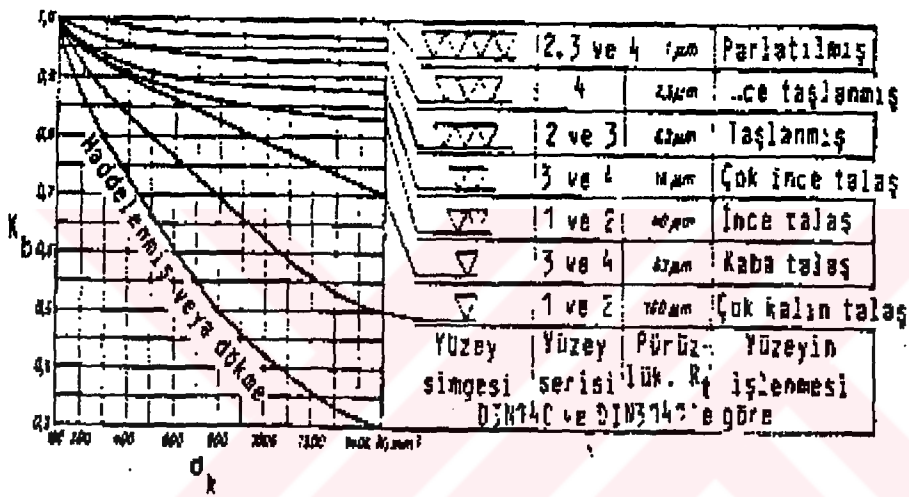
$$w = \frac{\pi d^3}{32} \geq \frac{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{AK}}{\sigma_D^*} M_{e\max}\right)^2 + 0.75 M_b^2}}{\frac{\sigma_{AK}}{S}} \quad (2.45)$$

$$w = \frac{\pi d^3}{32} \quad (2.46)$$

Denklem (2.45) kullanılarak hesaplanan mil çapı (d), maksimum zorlanmanın olduğu noktadaki maksimum mil çapıdır. Denklem (2.45)'deki akma gerilmesi (σ_{AK}) seçilen mil malzemesine bağlı olup Tablo 2.11'den alınabilir. Denklem (2.45)'de yer alan milin sürekli mukavemet sınırı (σ_D^*) Denklem (2.47) kullanılarak hesaplanır.

$$\sigma_D^* = \frac{K_b K_y}{K_\phi} \sigma_{el} \quad \sigma_{el} \cong 0.5 \sigma_K \quad (2.47)$$

$$K_\phi = 1 + 0.6(K_t - 1) \quad (2.48)$$

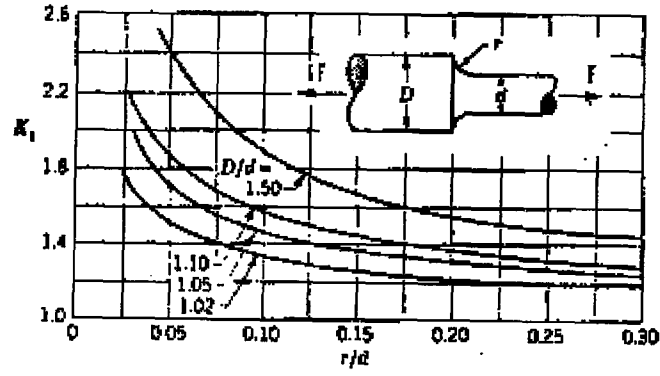


Şekil 2.4. Yüzey faktörü (K_y) değerleri [1].

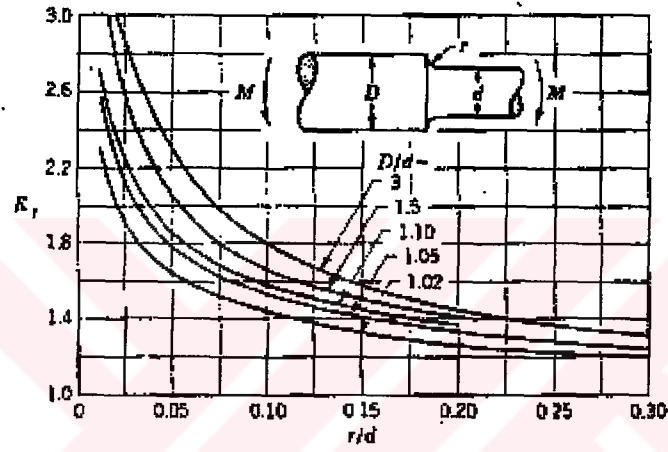
Denklem (2.45)'deki maksimum eğilme momenti (M_{emax}), yatak tepkileri daha önceden hesaplandığına göre bu yatak tepkileri ve mil uzunlukları dikkate alınarak hesaplanan maksimum eğilme momentidir. Denklem (2.44)'de kullanılan emniyet katsayısı (s) değerinin 1.5 ile 2.5 arasında seçilmesi tavsiye edilir.

2.2.7.2. Kontrol hesapları

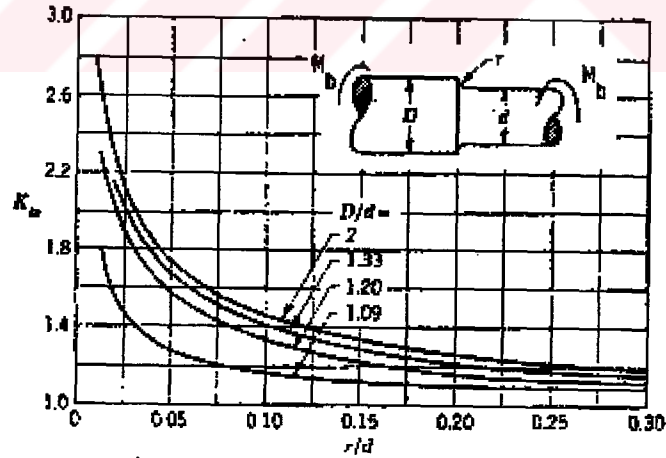
Eğilme ve burulma zorlanmasına göre milin çapı (d) belirlendikten sonra bu çapın şekil değiştirme ve titreşim bakımından kontrol edilmesi gerekir. Kontrol hesaplamaları diyebileceğimiz bu hesaplamalar;



1. Çekmeye çalışan kademeli mil.

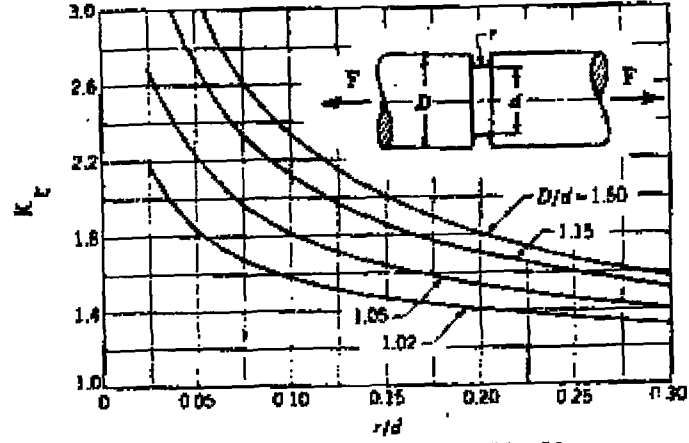


2. Eğilmeye çalışan kademeli mil.

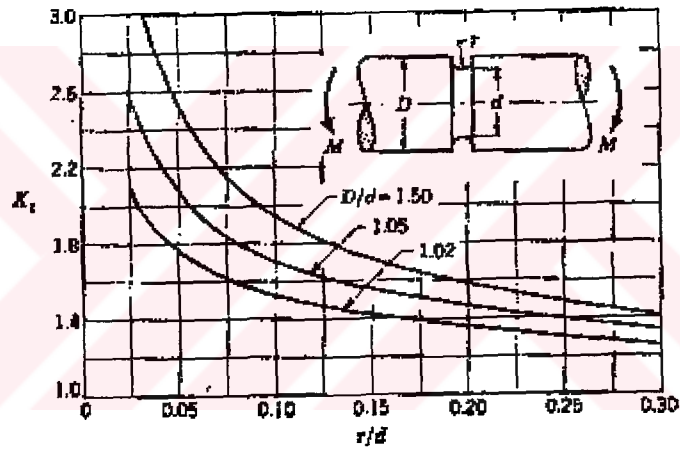


3. Burulmaya çalışan kademeli mil.

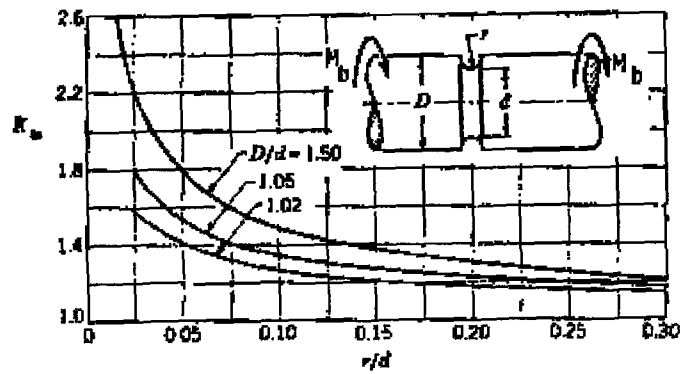
Şekil 2.5. Teorik çentik faktörü (K_t) değerleri [1].



4. Çekmeye çalışan çentikli mil.



5. Eğilmeye çalışan çentikli mil



6. Burulmaya çalışan çentikli mil.

Şekil 2.5. Teorik çentik faktörü (K_t) değerleri (Devam).

Tablo 2.11. Mil malzemelerinin mekanik özellikleri [1].

Malzeme	σ_K (daN/mm ²)	σ_{AK} (daN/mm ²)	Malzeme	σ_K (daN/mm ²)	σ_{AK} (daN/mm ²)
Genel İmalat Çelikleri			Sementasyon Çelikleri		
St 33	32...49	18	C10,Ck10	49...65	30
St 34	33...41	20	C15,Ck15	59...80	36
St 37	36...44	23	20MoC ₂ 4	78...110	60
St 42	41...49	25	16MnC ₂ 5	78...110	60
St 46	43...53	28	25MnC ₂ 4	98...130	70
St 50	49...59	29	15C ₂ Ni6	88...120	64
St 52	51...61	35	18C ₂ Ni8	118...142	78
St 60	59...71	33	17C ₂ NiMo	108...135	78
St 70	69...85	36	8620-SAE	69...108	59
İslah Çelikleri					
C22, Ck22	49...69	29...35	41Cr4	78...118	56...78
C35, Ck35	54...76	32...42	25CrMo4	69...108	46...68
C45, Ck45	62...84	37...48	42CrMo4	88...127	63...88
C60, Ck60	74...98	45...57	50CrMo4	88...127	68...88
40Mn4	69...108	44...63	30CrNiMo8	108...142	88...103

Tablo 2.12. Boyut faktörü (K_b) değerleri [1].

Çap (d) mm	10	20	30	40	50	60	70	80	100	120
K_b	1.00	0.94	0.88	0.85	0.81	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72
Dairesel Olmayan Kesitler İçin;										
1.Eğilme Halinde,										
a-Kesit kare ise bir kenarı d olarak alınır.										
b-Kesit dikdörtgen ise eğilme düzleminde bulunan kenarı d olarak alınır.										
2.Burulma Halinde,										
Kare ve dikdörtgen için kesitin köşegeni d olarak alınır.										

- Çökme Hesabı
- Eğim Açısı Hesabı
- Burulma Açısı Hesabı
- Eğilme Titreşimi Hesabı
- Burulma Titreşimi Hesabı

şeklinde sıralanabilir. Kontrol hesaplamaları sırasında boyutlandırma ile bulunan mil çapı uygun çıkmazsa, diğer bir ifadeyle boyutlandırmaya göre bulunan mil çapı

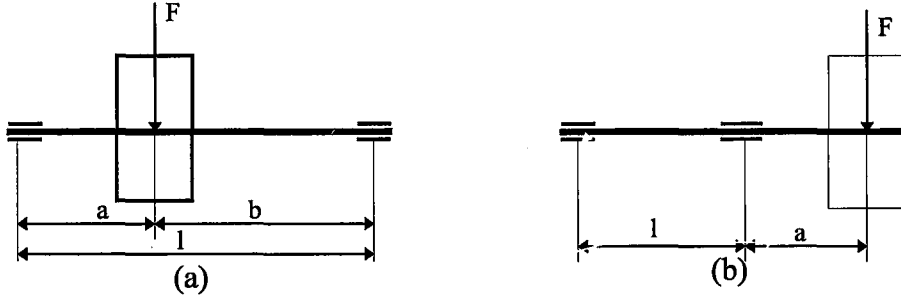
yetersiz kalırsa, kontrol hesabındaki emniyet değerini sağlayan minimum mil çapı hesaplanır ve bu hesaplanan yeni çap milin çapı olarak alınır. Milin çapının değiştirildiği kontrol hesabından sonraki hesaplamalarda kontrol bu yeni çapa göre yapılır.

2.2.7.2.1. Çökme hesabı

Mil eksenine dik doğrultuda mile etki eden bir kuvvet milin çökmesine neden olur. Kuvvet etkisiyle meydana gelen bu çökme (δ), belli bir çökme emniyet değerinden (δ_{em}) daha büyük olursa çalışma sırasında bir takım problemler ortaya çıkar. Bu nedenle kuvvetler etkisi altında milde meydana gelen çökmenin hesaplanması ve emniyet çökme değeriyle karşılaştırma yapılması gerekir. Eğer çökme, emniyet çökme değerinden büyük çıkarsa, emniyet çökme değerini sağlayan minimum mil çapı hesaplanır ve bundan sonra yapılacak olan kontrol hesaplarında bu yeni mil çapı kullanılır. Çökmenin, emniyet çökme değerinden küçük yada eşit çıkması halinde ise mil çökme bakımından emniyetli demektir ve mil çapının değiştirilmesi gerek yoktur.

Bir milde kuvvetler etkisi altında meydana gelen çökme, kuvvetin etkidiği noktanın yataklara göre konumuna bağlı olarak değişik şekilde hesaplanır. Çökmenin hesaplanmasında Şekil 2.6.a'daki konum için Denklem (2.49), Şekil 2.6.b'deki konum için de Denklem (2.50) kullanılır. Denklem (2.49) ve Denklem (2.50) kullanılarak hesaplanan çökmeler kuvvetin tesir noktasında meydana getirdiği çökmelerdir. Mil üzerinde bir kuvvetin tesir noktasından başka bir noktada meydana getirdiği çökmeyi hesaplayabilmek için Denklem (2.54), Denklem (2.55) ve Şekil 2.8 kullanılmalıdır. Dairesel kesitli malzemeler için atalet momenti (I) Denklem (2.51) kullanılarak hesaplanabilir.

Emniyet çökme değeri olarak, genel makina konstrüksiyonunda Denklem (2.52), takım tezgahları gibi hassas yerlerde ise Denklem (2.53)'nin kullanılması tavsiye edilir. Dikkat edilirse bu denklemlerde emniyet çökme değeri mil uzunluğuna (l) bağlı olarak verilmektedir.



Şekil 2.6. Çökmenin hesaplanmasında karşılaşılabilecek yataklama durumları.

$$\delta = \frac{Fa^2b^2}{3EI} \quad (2.49)$$

$$\delta = \frac{Fa^2(a+l)}{3EI} \quad (2.50)$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (2.51)$$

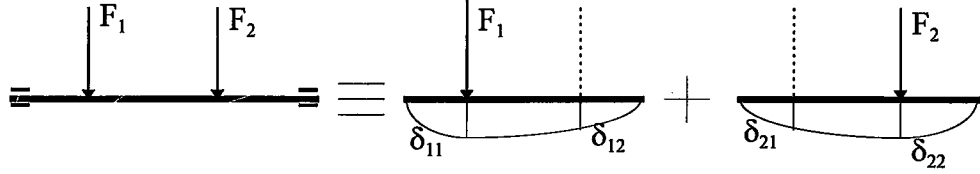
$$\delta_{em} = 0.0005 \text{ l} \quad (2.52)$$

$$\delta_{em} = 0.0002 \text{ l} \quad (2.53)$$

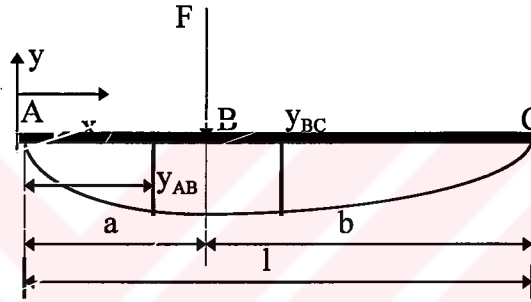
Bir mil üzerine birbirine dik doğrultuda iki farklı kuvvet aynı noktada etki ediyorsa bu kuvvetlerin meydana getireceği çökmeler de birbirlerine dik olacaktır. Böyle bir durumda milde meydana gelen toplam çökmeyi bulabilmek için çökmeler birbirleriyle vektörel olarak toplanır.

Bir mil üzerinde iki kuvvet farklı noktalardan etki ediyorsa mildeki toplam çökmeyi hesaplayabilmek için süperpozisyon prensibinden yararlanılır. Bunun için Şekil 2.7’de görüldüğü gibi kuvvetler teker teker ele alınır ve her bir kuvvetin meydana getirdiği çökme hesaplandıktan sonra mil üzerinde herhangi bir kesitteki çökmeyi bulabilmek için o noktaya etki eden tüm çökmeler vektörel olarak toplanır. Bir kuvvetin tesir noktasından farklı bir noktada meydana getirdiği çökmeyi bulabilmek

için Denklem (2.54) ve Denklem (2.55) kullanılabilir. Bu denklemlerde kullanılan notasyonların ifade ettikleri anlamlar Şekil 2.8’de gösterilmiştir. Denklem (2.49) ve Denklem (2.50) kullanılarak hesaplanan çökmeler kuvvetin tesir noktasında meydana getirdiği çökmelerdir.



Şekil 2.7. Çökme hesaplamasında süperpozisyon uygulanması.



Şekil 2.8. Kuvvetin tesir noktasından başka noktalarda meydana getirdiği çökmeler.

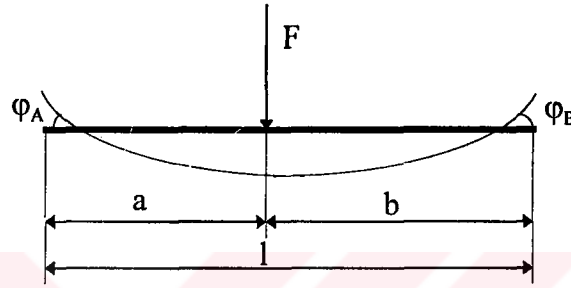
$$y_{AB} = \frac{FbX}{6EI} (l^2 - b^2 - X^2) \quad (2.54)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa(l-X)}{6EI} (X^2 + a^2 - 2lX) \quad (2.55)$$

2.2.7.2.2. Eğim açısı hesabı

Çökme nedeniyle yataklarda milin eksenine ile yatak eksenine arasında meydana gelen açıya eğim açısı denir (ϕ). Eğim açısı özellikle rulmanlı yatakların kullanıldığı konstrüksiyonlar için önem kazanır. Çünkü rulmanlı yataklar oldukça rijit elemanlardır ve kasma olmaması için eğim açısının mümkün olduğu kadar küçük

olması gerekir. Bu nedenle eğim açısının mümkün olduğunca küçük olmasına çalışılır. Emniyetli çalışma hali için müsaade edilebilecek ortalama maksimum eğim açısı 0.001 radyan olarak tavsiye edilir ve bu değere de emniyet eğim açısı (φ_{em}) denir. Buna göre emniyetli bir çalışma hali için eğim açısının emniyet eğim açısından küçük yada eşit olması gerekir. Şekil 2.9 da verilmiş olan yataklama durumu için A yatağında meydana gelen çökme Denklem (2.56), B yatağında meydana gelen çökme de Denklem (2.57) kullanılarak hesaplanabilir.



Şekil 2.9. Eğim açısının şematik olarak gösterilmesi.

$$\tan \varphi_A = \frac{F a b}{6EI} \left(1 + \frac{b}{l} \right) \quad (2.56)$$

$$\tan \varphi_B = \frac{F a b}{6EI} \left(1 + \frac{a}{l} \right) \quad (2.57)$$

2.2.7.2.3. Burulma Açısı Hesabı

Burulma açısı (θ) Denklem (2.58) kullanılarak hesaplanır. Denklem (2.58)'de kullanılan burulma momenti, çalışma faktörü katılmamış momenttir. Emniyetli bir çalışma için burulma açısının burulma emniyet açısından (θ_{em}) küçük yada eşit olması gerekir. Burulma emniyet açısı milin uzunluğuna bağlı olarak verilir ve 0.25...0.5 °/m arasında seçilmesi tavsiye edilir.

$$\theta = \frac{M_b l_b}{GI_p} \leq \theta_{em} \quad (2.58)$$

Denklem (2.58)'de malzemenin kayma modülü (G) değeri çelik için 8000 daN/mm² alınabilir. Burulma boyu (l_b), mil üzerinde burulma zorlanmasının etkili olduğu uzunluktur. Boyutlandırılması yapılan dişli kutusu iki kademeli olduğuna göre; birinci mildeki burulma boyu (l_{b1}), birinci dişlinin genişliğinin yarısı ve tahmini olarak seçilmiş olan 150 mm'lik uzunluğun toplamı şeklinde hesaplanır. 150 mm'lik uzunluk, kapak için ve milin uç kısmına bağlanacak olan kaplin veya kavramanın bağlanabilmesi için bırakılması gereken tahmini mesafedir. İkinci mildeki burulma boyu (l_{b2}), ikinci dişlinin genişliğinin ortası ile üçüncü dişlinin genişliğinin ortası arasında kalan mesafedir. Üçüncü mildeki burulma boyu (l_{b3}) ise birinci milin burulma boyunun hesaplanması yaklaşımıyla, dördüncü dişlinin genişliğinin yarısı ve tahmini 150 mm'lik uzunluğun toplamı şeklinde hesaplanabilir. Polar atalet momenti (I_p) dairesel kesitli mil için Denklem (2.59) kullanılarak hesaplanır.

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} \quad (2.59)$$

Burulma emniyet açısının değerinin hesaplanabilmesi için tavsiye edilen değerlerle burulma uzunluğunun çarpılması gerekir. Dolayısıyla her bir mil için farklı burulma emniyet açısı değeri hesaplanacaktır. Hesaplanan burulma emniyet açısının boyutu ° (derece) cinsinden olduğu için, Denklem (2.58) ile hesaplanan burulma açısının burulma emniyet açısı ile mukayese edilebilmesi için burulma açısının boyutunda ° (derece) boyutuna getirilmesi yada emniyet burulma açısının boyutunun radyana çevrilmesi gerekir.

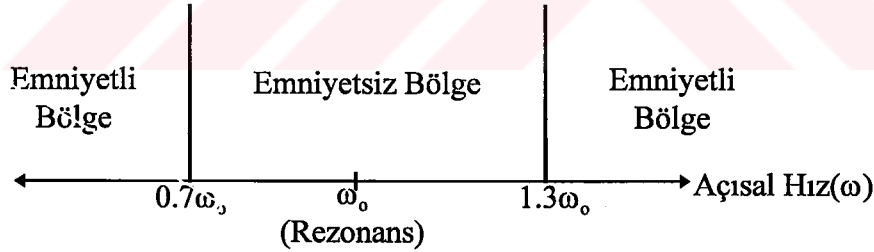
2.2.7.2.4. Eğilme titreşim hesabı

Mil üzerine yerleştirilmiş dönel elemanların ağırlık merkezleri imalat ve montaj hataları nedeniyle mil ekseni ile çakışmaz ve bir e eksantritesi meydana gelir. Mil

üzerindeki kütlesi (m) olan silindirik elemanın döndürülmesiyle birlikte dengelenmemiş bu kütle nedeniyle merkezkaç kuvvet meydana gelecek ve bu kuvvet etkisi altında mil eğilecektir. Bu şekilde meydana gelen mil çökmesinin teorik olarak sonsuz olmasını sağlayan açısal hız (ω_0) Denklem (2.60) kullanılarak hesaplanabilir. Bu açısal hıza özgül veya kritik açısal hız denir.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.60)$$

Açısal hızın (ω) kritik açısal hıza eşit olması halinde rezonans denilen durum meydana gelir ve çökme sonsuz olacağından teorik olarak mil kırılır. Pratikte ise millerin yataklarında ve dönel elemanların hava ile sürtünmesi nedeniyle sönümleme meydana gelir ve sonsuz çökme olmaz, ancak maksimum değerine ulaşır. Bu nedenle emniyetli bir çalışma hali için açısal hızın belli bir oran kadar kritik açısal hızdan büyük yada küçük olmasına çalışılır. Tavsiye edilen değerler $\omega \leq 0.7\omega_0$ ve $\omega \geq 1.3\omega_0$ olup [1] bu durum Şekil 2.10'da grafik halde gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Eğilme titreşiminin emniyet sınırları.

Eğilme titreşim hesabında hesaplamaları basitleştirmek amacıyla milin kütlesi ihmal edilir, ancak bir rijitliğe (k) sahip olduğu kabul edilir. Mil üzerindeki dönel kütlenin ağırlığı (G_0) Denklem (2.61) kullanılarak hesaplanacağına göre Denklem (2.60), Denklem (2.62) haline dönüşür.

$$G_0 = k\delta_0 = mg \quad (2.61)$$

$$\omega_o = \sqrt{\frac{G_o}{\delta_o}} = \sqrt{\frac{mg}{\delta_o}} = \sqrt{\frac{g}{\delta_o}} \quad (2.62)$$

Kritik açısal hızı hesaplayabilmek için Denklem (2.62) kullanılabilir. Bunu için öncelikle mil üzerindeki kütlenin ağırlığı ve bu ağırlığın meydana getirdiği çökme hesaplanmalıdır. Bizim uygulamamızda çap kontrolü yapılan mil üzerinde dişli çark bulunduğuna göre, silindir şeklindeki bu elemanın hacmi Denklem (2.63) kullanılarak hesaplanmalı; seçilen malzemenin yoğunluğu (γ) ve Denklem (2.64) kullanılarak ağırlık bulunmalıdır. Dişli çarkın yoğunluğu seçilen dişli malzemesine bağlı olarak Tablo 2.13'den alınabilir. Denklem (2.62)'de yerçekimi ivmesi (g) için 9.81 m/s^2 alınabilir.

$$V = \frac{\pi d_o^2}{4} b \quad (2.63)$$

$$G_o = V\gamma \quad (2.64)$$

Denklem (2.64) kullanılarak hesaplanan ağırlık, milin yataklanma durumuna göre Denklem (2.49) yada Denklem (2.50)'da yerine yazılarak çökme hesaplanır. Bulunan tüm bu değerler Denklem (2.62)'de yerine yazılırsa kritik açısal hız hesaplanmış olur. Her mil üzerindeki dişli çarkın boyutları ve malzemeleri farklı olabileceğinden bu işlemin her bir mil için yapılması gerekir.

Bir mil üzerinde birden fazla sayıda silindirik eleman varsa kritik açısal hız, milin kendi ağırlığı ihmal edilerek veya katılarak Dunkerley formülü olarak bilinen Denklem (2.65a) kullanılarak hesaplanır.

Denklem (2.65a)'daki $G_{o1}, G_{o2}, \dots, G_{on}$ mil üzerindeki elemanların ağırlıklarını ve $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ bu ağırlıkların etki noktalarında meydana getirdikleri toplam çökmeleri ifade etmektedir. Buradaki toplam çökmeler, sadece kütlelerin kendi etkileri dışında diğer kütlelerinde o noktada meydana getirdikleri çökmeler dahil elde edilen

çökmeler toplamıdır. Yani δ_1 'in içinde yalnız G_{o1} 'in değil, $G_{o1}, G_{o2}, \dots, G_{on}$ kütlelerinin çökme etkileri de vardır. Bu etkiler katılmak istenmezse dahi daha basit olarak Denklem (2.65b) kullanılarak da hesaplanabilir. Bu durumda diğer kütlelerin etkisi göz önüne alınmaz, sadece her kütle kendi yerinde etkilidir.

$$\omega_o = \sqrt{\frac{g(G_{o1}\delta_1 + G_{o2}\delta_2 + \dots + G_{on}\delta_n)}{G_{o1}\delta_1^2 + G_{o2}\delta_2^2 + \dots + G_{on}\delta_n^2}} \quad (2.65a)$$

$$\frac{1}{\omega_o^2} = \frac{1}{\omega_{o1}^2} + \frac{1}{\omega_{o2}^2} + \dots + \frac{1}{\omega_{on}^2} \quad (2.65b)$$

Tablo 2.13. Malzemelerin mekanik özellikleri [2].

Malzeme	E (daN/mm ²)	G (daN/mm ²)	γ (daN/dm ³)
Berilyum Bronzu	1.3 10 ⁴	0.5 10 ⁴	8.2
Karbonlu Çelik	2.1 10 ⁴	0.8 10 ⁴	7.8
Inconel	2.2 10 ⁴	0.8 10 ⁴	8.5
Magnezyum	0.4 10 ⁴	0.2 10 ⁴	1.8
Molibden	3.4 10 ⁴	1.2 10 ⁴	10.2
Monel Metal	1.8 10 ⁴	0.7 10 ⁴	8.8
Nikel-Gümüş Alaşımı	1.3 10 ⁴	0.5 10 ⁴	8.7
Nikel Alaşımlı Çelik	2.1 10 ⁴	0.8 10 ⁴	7.7
Fosfor Bronzu	1.1 10 ⁴	0.4 10 ⁴	8.2
Paslanmaz Çelik	1.9 10 ⁴	0.7 10 ⁴	7.7
Titanyum	1.05 10 ⁴	-	4.5

2.2.7.2.5. Burulma titreşimi hesabı

Kritik burulma titreşimi Denklem (2.66) kullanılarak hesaplanabilir. Denklem (2.66)'in hesaplanmasında kullanılan milin burulma rijitliği (k_θ) Denklem (2.67), mil üzerindeki silindirik elemanın kütleli atalet momenti (I_m) ise Denklem (2.68) kullanılarak bulunabilir.

$$\omega_{ob} = \sqrt{\frac{k_{\theta}}{I_m}} \quad (2.66)$$

$$k_{\theta} = \frac{M_b}{\theta} \quad (2.67)$$

$$I_m = \frac{mr^2}{2} = \frac{G_o r^2}{2g} = \frac{G_o D^2}{8g} = \frac{G_o d_o^2}{8g} \quad (2.68)$$

Denklem (2.68)'deki m mil üzerindeki silindirik elemanın kütesini, r ise aynı elemanın yarıçapını ifade etmektedir.

Milin emniyetle çalışabilmesi için açısal hızın belli bir oran kadar kritik burulma titreşiminden büyük yada küçük olması gerekir. Tavsiye edilen değerler $\omega \leq 0.7\omega_{ob}$ ve $\omega \geq 1.3\omega_{ob}$ şeklindedir [1].

Bir mil üzerinde iki adet silindirik eleman bulunduğu durumda Denklem (2.66)'de kütsesel atalet momenti yerine eşdeğer kütsesel atalet momenti ($I_{eş}$) yazılır ve Denklem (2.69) kullanılarak hesaplanır.

$$I_{es} = \frac{I_{m1} I_{m2}}{I_{m1} + I_{m2}} \quad (2.69)$$

2.2.8. Rulman hesabı

Rulmanlı yataklar standart elemanlar olup belli firmalar tarafından imal edilerek piyasaya sürülürler. Üretici firmalar imal ettikleri rulmanların tiplerini, boyutlarını, yük taşıma kapasitelerini ve diğer özelliklerini açıklayan rulman katalogları yayınlarlar. Konstrüktör, bu kataloglardan çalışma şartlarına en uygun olan rulmanı seçerek konstrüksiyonunda kullanır.

Rulmanlı yatakların seçiminde eşdeğer yük (F_{es}), rulmanın ömrü (L), dinamik yük sayısı (C) ve mil çapı (d) olmak üzere dört temel faktör etkilidir [9].

Eşdeğer yük bir rulmanlı yatağın maruz kaldığı kuvvetlerin büyüklüğünü ifade eden faktördür ve Denklem (2.70a) veya Denklem (2.70b) kullanılarak hesaplanır. Denklem (2.70a)'da yer alan radyal faktör (X) ve eksenel faktör (Y), rulman tipine bağlı olarak eksenel kuvvetin radyal kuvvete oranına göre veya eksenel kuvvetin statik yük sayısına (C_0) oranına bağlı olarak üretici firma tarafından rulman kataloglarında verilir. Sadece radyal yüke maruz kalan yataklarda radyal faktör bire eşit olurken eksenel faktör sıfıra eşittir. Aynı şekilde sadece eksenel yüke maruz kalan yataklarda eksenel faktör bire eşit olurken radyal faktör sıfıra eşittir.

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \Rightarrow X = 1, Y = 0, F_{es} = F_r \quad (2.70a)$$

$$\frac{F_a}{F_r} > e \Rightarrow F_{es} = XF_r + YF_a \quad (2.70b)$$

Rulmanlı yataklarda ömür milyon devir cinsinden toplam devir sayısı (L) veya çalışma saati (L_H) olarak iki farklı şekilde ifade edilir. Milyon devir olarak ömür ile çalışma saati olarak ömür arasındaki ilişki Denklem (2.71) ile ifade edilir. Gerek milyon devir olarak gerekse çalışma saati olarak ömür konstrüktör tarafından seçilen bir değer olup fikir vermesi açısından Tablo 2.14'de değişik makina konstrüksiyonları için çalışma saati olarak ömür verilmiştir.

$$L = \frac{60nL_H}{10^6} \quad (2.71)$$

Dinamik yük sayısı rulmanlı yatağın bir milyon devirlik ömre ulaştığı yük olarak ifade edilir. Rulman kataloglarında her bir rulman tipi için dinamik yük sayısı tablolar halinde verilmektedir.

Tablo 2.14. Değişik kullanım yerleri için çalışma saati olarak ömür (L_H) [10].

ÇALIŞMA DURUMU	L_H
Küçük Vantilatörler	2.000-4.000
Küçük Elektrik Motorları	8.000-10.000
Orta Elektrik Motorları	10.000-15.000
Büyük Elektrik Motorları	20.000-30.000
Hafif Kuvvet Motorları	1000-4000
Ziraat Makinaları	4.000-8.000
Ağaç İşleme Makinaları	4.000-8.000
Küçük Kaldırma Makinaları	4000-8000
Kaldırma Makinaları	8.000-12.000
Üniversal Mekanizmalar	8000-12000
Takım Tezgahları	12.000-25.000
Raylı Taşıtlar	25.000-40.000
Kompresörler, Pompalar	50.000-100.000
Kağıt Makinaları	50.000-100.000

Rulmanlı yataklarda dinamik yük sayısı, ömür ve eşdeğer yük arasında Denklem (2.72) ilişkisi vardır. Denklem (2.72)'de üs olarak yazılan p katsayısı bilyalı yataklar için 3, makaralı yataklar için ise 10/3 olarak alınır. Yatağın herhangi bir rulman kataloğundan seçilebilmesi için öncelikle yatağa etki eden eksenel kuvvet (F_a) ve radyal kuvvet (F_r) bulunur ve duruma göre Denklem (2.70a) veya Denklem (2.70b) kullanılarak eşdeğer yük hesaplanır. Daha sonra rulmanlı yatağın ömrü genellikle çalışma saati olarak konstrüktör tarafından seçilir ve çalışma koşullarına göre yatak tipi belirlenir. Tüm bunlar dikkate alınıp Denklem (2.72) kullanılarak dinamik yük sayısı hesaplanır. Rulmanlı yatak hesaplanan bu dinamik yük sayısına ve mil çapına göre herhangi bir rulman kataloğundan seçilir. Seçilen rulmanlı yatağın dinamik yük sayısı hesaplanan dinamik yük sayısından büyük yada eşit olmalıdır. Buraya kadar anlatılanlar dikkate alınarak rulman için dinamik yük sayısı hesaplanır ve herhangi bir rulman kataloğundan rulman seçilir.

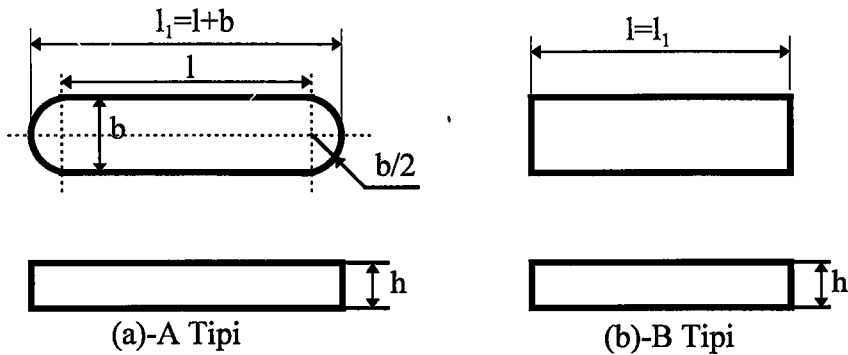
$$L = \left(\frac{C}{F_{es}} \right)^p \quad (2.72)$$

2.2.9. Kama hesabı

Dişli kutusu konstrüksiyonunda mil ile yekpare yapılmayan dişlilerin mile bağlanabilmesi için paralel kama (uygu kaması, feder) kullanılır. Eğer, dişliye kama kanalı açıldıktan sonra kama kanalı ile diş dibi arasında iki modulden daha az bir et kalınlığı kalırsa diş ile mil yekpare yapılmalıdır.

Paralel kama burulma momentini yan yüzeyleri ile ilettiği için ezilmeye ve kesilmeye zorlanır. Bu nedenle dişli konstrüksiyonunda kullanılan kamaların yüzey basıncı ve kesme zorlanmalarına göre boyutlandırma ve kontrolünün yapılması gerekir.

Kama ölçüleri standart olup mil çapına bağlı olarak genişlik-yükseklik ($b \times h$) ve uzunluk (l) değerleri Tablo 2.15’de verilmiştir. Konstrüktör bu tablodan mil çapına bağlı olarak kamayı seçtikten sonra kamanın uzunluğunu hesaplar. Paralel kama, Şekil 2.11.a’da görülen A Tipi ve Şekil 2.11.b’de görülen B Tipi olmak üzere iki farklı şekle sahiptir. A tipi paralel kamada yük taşıyan uzunluk l uzunluğu olmasına rağmen kamanın gerçek uzunluğu (l_1), l uzunluğu ile kama genişliğinin (b) toplamına eşittir. B tipi kamada ise böyle bir durum söz konusu değildir, kamanın uzunluğu yük taşıyan uzunluğa eşittir. Hesaplamalar sonucunda elde edilecek olan kama uzunluğu (l) yük taşıyan uzunluk olduğu için bu hususun kontrol hesaplamalarında dikkate alınması gerekir.



Şekil 2.11. Paralel kama çeşitleri.

Kamanın yüzey basıncına göre hesabı Denklem (2.73) kullanılarak yapılabilir. Burada kamanın hem mile hem dişliye aynı miktarda ($h/2$) girdiği kabul edilmiştir.

Emniyet yüzey basıncı (p_{em}) dişli, mil ve kama malzemelerinden akma mukavemeti bakımından en zayıf olan malzemenin akma gerilmesinin emniyet katsayısına bölünmesiyle elde edilen değer olarak alınır. Seçilen malzemeye göre akma gerilmeleri Tablo 2.11’de verilmiştir.

Tablo 2.15. Kamaların standart boyutları [1].

Mil Çapı (d) > d ≤	GenişlikxYükseklik (b x h)	t ₁	t ₂
10....12	4x4	2.5	1.8
12....17	5x5	3.0	2.3
17....22	6x6	3.5	2.8
22....30	8x7	4.0	3.3
30....38	10x8	5.0	3.3
38....44	12x8	5.0	3.3
44....50	14x9	5.5	3.8
50....58	16x10	6.0	4.3
58....65	18x11	7.0	4.4
65....75	20x12	7.5	4.9
75....85	22x14	9.0	5.4
85....95	25x14	9.0	5.4
95....110	28x16	10	6.4
110....130	32x18	11	7.4
130....150	36x20	12	8.4
150....170	40x22	13	9.4
170....200	45x25	15	10.4

Standart Kama Uzunlukları (mm)
8-10-12-14-16-18-20-22-25-28-32-36-40-45-50-56-63-70-80-90-100-110-125-140-160-180-200-220-250-280-315-355-400

$$p = \frac{4 M_b}{hld} \leq p_{em} = \frac{\sigma_{AK \min}}{S} \quad (2.73)$$

Kamanın kesilmeye göre kontrolü Denklem (2.74) kullanılarak yapılabilir. Kesme emniyet gerilmesi (τ_{em}) Denklem (2.75) kullanılarak hesaplanır.

$$\tau = \frac{2 M_b}{bld} \leq \tau_{em} \quad (2.74)$$

$$\tau_{em} = 0.5 \frac{\sigma_{AK}}{S} \quad (2.75)$$

Genellikle kesme mukavemeti ezilme mukavemetine göre oldukça yüksektir. Bu nedenle çoğu zaman yüzey basıncına göre kama uzunluğu belirlenir. Ancak her iki hesaba göre de kama uzunluklarının hesaplanması ve maksimum uzunluğun kama uzunluğu olarak alınması daha uygundur. A tipi kama seçilmiş ise hesaplamalar sonunda bulunan uzunluğa b eklenip buna en yakın büyük standart kama uzunluğu Tablo 2.15'den seçilir.

Kontrol hesaplamaları sonucunda bulunan kama uzunluğunun (l_1) göbek genişliğinden daha büyük olması halinde farklı çözümlere gidilebilir. En basit ve yaygınca başvurulmuş çözüm bir yerine iki adet kama kullanmaktır. Bir diğer çözüm göbek genişliğinin artırılmasıdır. Fazla sayıda kama gerekmesi halinde bir başka çözüm de kamalı mil kullanmaktır.

2.2.10. Soğutma hesabı

Dişli çark sistemlerinde sürtünme sonucu meydana gelen güç kaybı ısıya dönüşerek bir sıcaklık artışı meydana getirir. Bu ısı konveksiyon (taşınım), iletkenlik ve radyasyon (ışınım) gibi doğal ısı iletimiyle veya yapay soğutma ile dışarı atılmalıdır.

Doğal soğutma dikkate alınarak ısı denge denklemleri yazılıp gerekli düzenlemeler yapılırsa Denklem (2.76) elde edilir. Denklem (2.76)'de P_g giriş gücünü, P_{ϕ} çıkış gücünü, P_k ısıya dönüşen güç kaybını, K_s toplam ısı iletim katsayısını, η_{top} toplam verimi, A hava ile temas eden dişli kutusunun dış yüzey alanını, t çalışma sıcaklığını ve t_0 çevre sıcaklığını ifade etmektedir.

$$P_k = P_g - P_{\phi} = P_g - \eta_{top} P_g = (1 - \eta_{top}) P_g = K_s A (t - t_0) \quad (2.76)$$

Doğal soğutmanın yeterli olabilmesi için çalışma sıcaklığının müsaade edilen çalışma sıcaklığından (t_{em}) küçük yada eşit olması gerekir. Müsaade edilen çalışma sıcaklığının 60 °C...70 °C arasında alınması tavsiye edilir [4]. Eğer çalışma sıcaklığı müsaade edilen çalışma sıcaklığından büyük çıkarsa yani doğal soğutma yeterli olmazsa yapay (cebri) soğutmaya ihtiyaç vardır. Bunun için ya bir fan veya kapalı yağ devresi kullanılabilir.

Hesaplamaları kolaylaştırmak amacıyla Denklem (2.76), Denklem (2.77) şeklinde yazılabilir. Denklem (2.77)'deki ısı iletim katsayısı, soğutmanın konveksiyon yoluyla yapıldığı, iletkenlik ve radyasyonun ihmal edilebilir düzeyde olduğu kabulüyle Denklem (2.78) kullanılarak hesaplanabilir. Denklem (2.78)'de havanın hızı (w_h), dişli kutusu etrafındaki havanın m/s cinsinden ortalama hızıdır. Böylece ısı iletim katsayısının birimi W/m²°C boyutunda çıkmaktadır.

$$t = \frac{(1 - \eta_{top}) P_g}{KA} + t_o \leq t_{em} \quad (2.77)$$

$$K = 8 + 12\sqrt{w_h} \quad (2.78)$$

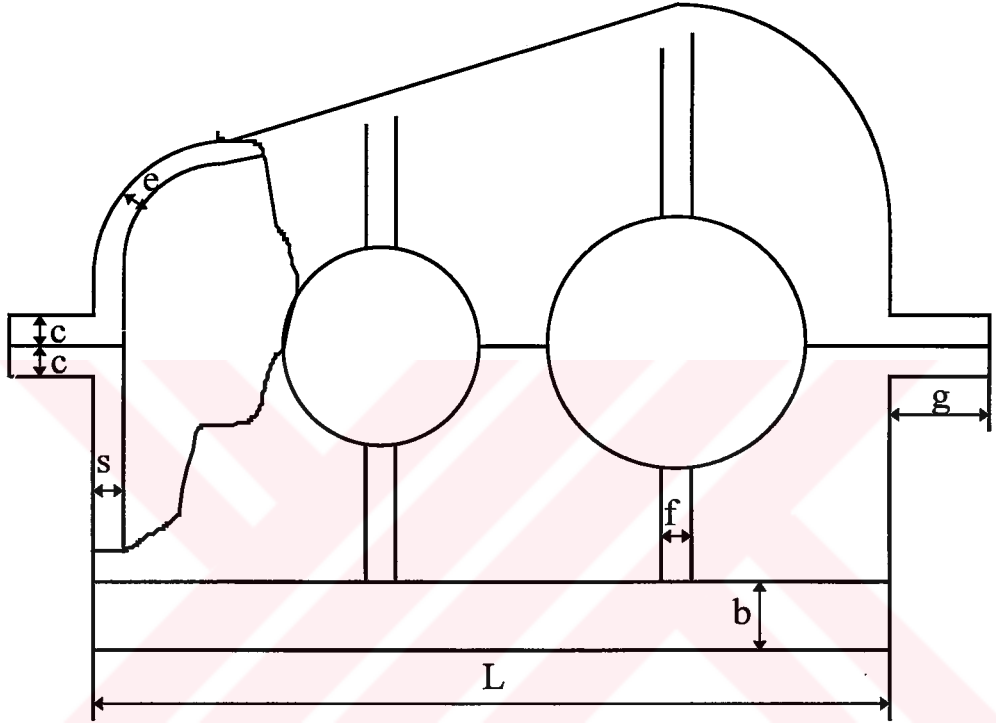
Hava ile temasdaki dişli kutusunun yüzey alanı hesaplanırken dişli kutusunun tabanı hava ile temas etmediğinden hesaba katılmamalıdır. Dişli kutusu konstrüksiyonunda mukavemeti arttırmak amacıyla kullanılan kaburgalar ise alan hesabına katılmalıdır. Çeşitli çıkıntılar ve kaburgaların toplam yüzey alanı, dişli kutusunun toplam yüzey alanının yaklaşık %25'ini oluşturduğu düşünülürse ısı transferinde etkili olan toplam alan dişli kutusunun toplam yüzey alanının 1.25 katı olarak hesaba katılmalıdır.

2.2.11. Gövdeye ait büyüklüklerin tesbit edilmesi

Dişli kutusu civatalarla birbirlerine bağlanan alt ve üst gövde olmak üzere iki parçadan meydana gelir. Gövdeler seri imalatta dökme demir, seri olmayan imalatta

yani az sayıda imalatın yapılacağı durumlarda kaynak konstrüksiyonu ile çelikten imal edilir. Bu ayrımı belirleyen temel faktör ekonomiktir.

Dökme demirden imal edilen gövdenin cidar kalınlıkları tecrübelerle dayanılarak belirlenir. Şekil 2.12’de dökme demirden imal edilecek gövde için tavsiye edilen cidar kalınlıkları dişli kutusunun toplam uzunluğuna (L) bağlı olarak verilmiştir [2].



Alt gövde et kalınlığı	$s=0.0012L+5 \text{ mm}$ ($s \geq 8...10 \text{ mm}$ olmalıdır)
Taban flanş kalınlığı	$b=(2...2.5)s$
Alt ve üst gövde flanş kalınlığı	$c=(1.5...2)s$
Üst gövde et kalınlığı	$e=(0.8...1)s$
Kaburga kalınlığı	$f=0.8 s$
Flanş genişliği	$g=(3...3.5)s$

Şekil 2.12 .Cidar kalınlıklarının tesbit edilmesi.

Gövde üzerinde bu bölüme kadar anlatılan temel makina elemanlarının (dişliler, miller, yataklar, kamalar gibi) yanısıra değişik görevleri yerine getirmek amacıyla kullanılan yardımcı makina elemanları da vardır. Bunlar; dişli kutusu içinde oluşan yağ buharının boşaltılması için kullanılan havalandırma tertibatı, dişli kutusunun bir yerden başka bir yere taşınabilmesi için kullanılan taşıma halkaları veya kulakları,

dişli kutusu içinde bulunan yağ seviyesinin kontrol edilebilmesi için kullanılan yağ seviye göstergesi, kirlenen yağın boşaltılabilmesi için kullanılan yağ boşaltma tapası, dişli kutusu içine temiz yağ doldurabilmek ve bazen gözetleme için kullanılan üst kapaktır. Bu elemanlardan bazıları standart olmakla birlikte konstrüktör standart elemanların dışında amaca uygun olarak daha basit çözümler de bulabilir.

Havalandırma tertibatı en basit olarak bir civataya yağ buharının çıkabileceği kadar bir delik açıp dişli kutusunun uygun bir yerine bu civatayı vidalamak suretiyle elde edilen tertibattır. Havalandırma civatasının vidalanma yeri olarak yağ doldurma kapağının üzeri tavsiye edilir. Civata üzerine açılacak olan deliğin çapı yağ buharının çıkmasını sağlayacak kadar büyük, toz girişini engelleyecek kadar küçük olmalıdır. Civata olarak gövdenin et kalınlığının (s) 0.8...1 katı arasında nominal çapa sahip bir civata seçmek yeterlidir.

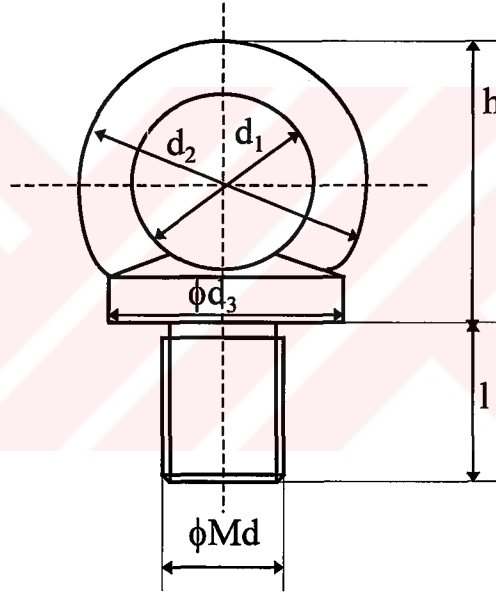
Taşıma halkaları veya kulakları dişli kutusunun bulunduğu yerden bir başka yere taşınabilmesi amacıyla kullanılacak olan elemanlardır (Şekil 2.13). Taşıma kulakları dişli kutusunun dökümü sırasında alt gövdeyle yekpare olarak dökülürler. Taşıma halkaları ise halka şeklinde olan ve dökümden sonra gövdeye vidalanan elemanlardır. Taşıma halkaları standart elemanlar olup taşınacak ağırlığa yani dişli kutusunun ağırlığına göre seçilirler ve dişli kutusunun birer köşesine vidalanmak üzere iki adet kullanılırlar. Tablo 2.16'da bu taşıma halkalarının yüke bağlı olarak standart değerleri verilmiştir [8].

Tablo 2.16. Taşıma halkalarının standart değerleri (DIN 580) [8].

d	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42
l	13	17	20.5	27	30	36	45	54	63
d ₁	20	25	30	35	40	50	65	75	85
d ₂	36	45	54	63	72	90	108	126	144
d ₃	20	25	30	35	40	50	60	70	80
h	36	45	53	62	71	90	109	128	147
F (daN)	140	230	330	690	1180	1770	3530	5000	6870

Yağ seviye göstergesi yağ buharlaşması söz konusu olduğu için dişli kutusunda kalan yağ miktarının dişlilerin yağlanması için yeterli olup olmadığını kontrol etmek

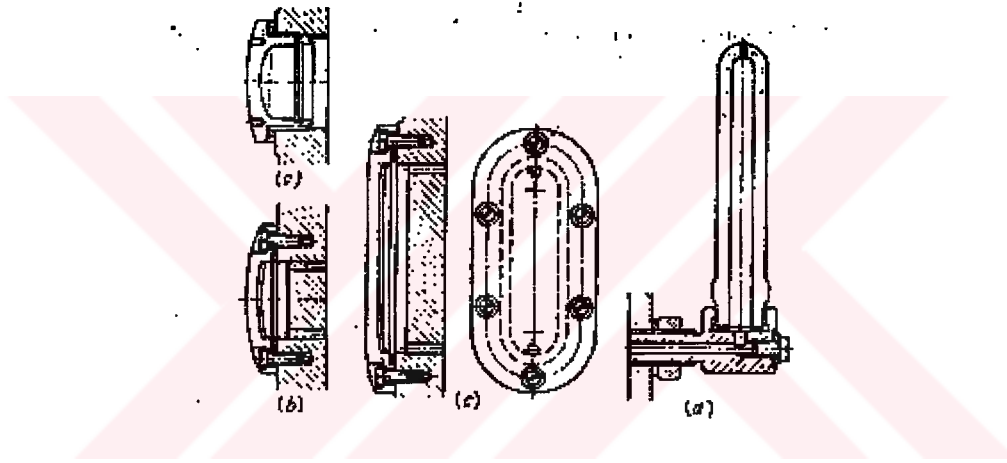
amacıyla kullanılan tertibattır. Bu amaçla kullanılabilecek değişik konstrüksiyon örnekleri Şekil 2.14’de gösterilmiştir. Yağ gösterge tertibatları genellikle dişli kutusunun yan yüzeyine monte edilirler. Boyutlandırılması yapılan dişli kutusunda yağlama dalma ve sıçratma yağlama yöntemiyle yapılacağından normal bir yağlama durumu için en büyük dişlinin 1...3 dişinin yağ içine gömülmesi gerekir. Yağ miktarının fazla olması sürtünmeyi ve güç kaybını artırır, ayrıca çalkalanmaya ve yağın özelliklerinin bozulmasına neden olduğundan istenmez. Bu nedenle yağ miktarının tavsiye edilen seviyelerde olmasında yarar vardır. Yağ gösterge tertibatının bu seviye aralığını gösterecek şekilde monte edilmesi ve maksimum-minimum yağ seviyelerini göstermesi gerekir.



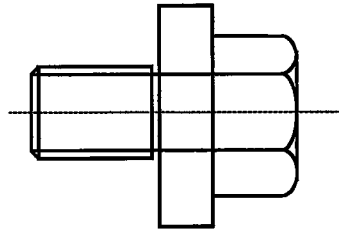
Şekil 2.13. Taşıma halkası.

Yağ boşaltma tapası, belli bir kullanım zamanından sonra değiştirilmesi gereken kirli ya da özelliklerini kaybetmiş yağın boşaltılması için kullanılan özel bir cıvatadır. Bu tapa dişli kutusu içinde bulunan tüm yağın boşalmasını sağlayacak konumda dişli kutusuna vidalanmalıdır. Şekil 2.15’de örnek bir yağ boşaltma tapasının şekli verilmiştir. Yağ boşaltma tapası nominal çapının, cıdar kalınlığının (s) 1...1.5 katı arasında seçilmesi tavsiye edilir.

Yağ doldurma veya gözetleme kapağı, buharlaşma nedeniyle eksilen yağı tamamlamak yada boşaltılan kirli yağ yerine yeni yağ doldurmak amacıyla kullanılan ve dişli kutusunun üst kısmına yerleştirilen kapaktır. Bu plaka dört civata ile gövdeye sabitlenir. Civatalar standart civata olup genellikle cidar kalınlığının 0.8 katına yakın çaplarda standart civata tablolarından seçilir. Plakanın büyüklüğü gövde üzerine yağ doldurmak için açılan boşluğun büyüklüğüne bağlıdır. Gövde üzerindeki bu boşluğun gerektiğinde bir insan eli sığacak kadar büyük yapılması tavsiye edilir. Böylelikle küçük arızalarda gövdeler birbirlerinden ayrılmadan bu boşluktan el sokulmak suretiyle tamir yapılabilir.



Şekil 2.14. Yağ seviye göstergeleri [2].



Şekil 2.15. Yağ boşaltma tapası [3].

Gövdeleri birbirlerine bağlamak için kullanılan civatalar, konstrüktörün isteğine ve yer durumuna bağlı olarak civata yada saplama şeklinde olabilir. Kullanılacak olan

civata yada saplamalar standart elemanlar olup nominal çaplarının dişli kutusu cıdar kalınlığının 1.2...1.6 katı arasında seçilmesi tavsiye edilir.



BÖLÜM 3

AUTOLISP PROGRAMLAMA

3.1. Giriş

Lisp yapay zeka uygulamalarında kullanılan bir programlama dili olup List Processing'in (Liste işleme) kısaltılmış halidir. Autolisp de Lisp programlama dilinin AutoCAD ile uyumlu hale getirilmiş şeklidir.

Autolisp program dosyası, ileride anlatılacak olan birtakım standart fonksiyonların yada programı hazırlayan kişinin tanımlamış olduğu fonksiyonların kullanılması suretiyle hazırlanan dosyadır. Bu dosyaların ASCII kodu oluşturabilen bir kelime işlemcide yazılması ve uzantılarının .Lsp şeklinde olması bir zorunluluktur [6].

Autolisp dosyalarının çalıştırılması sırasında bellek ile ilgili karşılaşılabilecek sorunları engellemek için başlangıçta bazı düzenlemelerin yapılması faydalıdır. Autolisp dosyaları çalıştırıldığında bellekte, tüm fonksiyonların ve değişkenlerin depolandığı HEAP bölgesi ve fonksiyona tabi tutulan değişkenlerin ara sonuçlarının depolandığı STACK bölgesi olmak üzere iki bölge işgal edilir. Default değeri olarak bellekte bu iş için ayrılan yer toplam 10 kB (5 kB + 5 kB)'dır. Özellikle büyük Autolisp dosyalarının çalıştırılması sırasında bu bellek miktarları yeterli olamayacağından arttırılması gerekir. Bu amaçla DOS-SET komutu kullanılarak LISPHEAP ve LISPSTACK değişkenlerine istenilen bellek miktarları yazılabilir. Ancak yazılan bellek miktarlarının toplamı 45 kB'ı geçemez. Bellek ayarı yapabilmek için;

```
c :>SET LISPHEAP=30000  
c :>SET LISPSTACK=10000  
c :>SET ACADFREERAM=20
```

değerlerinin başlangıçta verilmesi tavsiye edilir [5].

Herhangi bir Autolisp programının çalıştırılması sırasında yeterli bellek olmazsa bu insufficient node space şeklinde bir mesajla kullanıcıya bildirilir ve mesaj görüntüledikten sonra aktif fonksiyon çalışmasını keser. Eğer Autolisp çalıştırıldığında yeterli bellek yoksa kullanıcı insufficient memory-Autolisp disabled şeklinde mesajla uyarılır. Bu andan itibaren daha çok bellek elde edilinceye yada AutoCAD yeniden çalıştırılincaya kadar Autolisp'in çalıştırılması mümkün değildir.

3.2. AutoLisp Dosyalarının Yapısı

Tüm Autolisp dosyaları defun fonksiyonu ile başlar. Bu fonksiyon Lisp programlamanın en temel fonksiyonu olup programlamanın başladığını ifade eder ve programın başında ve tanımlanacak olan her alt programın ilk satırında yazılması zorunludur.

Autolisp program dosyasını oluşturan tüm fonksiyonlar sol parantez ile başlar ve sağ parantez ile biter. Bu kurala uymak şartıyla gerektiği kadar parantez açılıp kapatılabilir. Tek şart, açılan parantez sayısı kadar kapatılan parantez olması zorunluluğudur. Diğer bir ifadeyle açılmış olan her parantez mutlaka kapatılmış olmalıdır.

Programlamada kullanılabilecek değişkenler, ileride anlatılacak olan setq fonksiyonu kullanılarak değer atanan karakter yada karakter topluluklarıdır. Değişken isimleri ilk karakteri harf olmak ve arada boşluk bırakmamak şartıyla istenilen uzunlukta olabilir. Program büyük, küçük harf ayırımı yapmaz. Değişken isimlerinin, atandığı

değeri tanımlayan ifade şeklinde olması programın yazımı sırasında kolaylık sağlayacağından tavsiye edilir.

Autolisp programlamada kullanılabilecek veri tipleri tamsayılar, reel sayılar, yazı dizileri, listeler, AutoCAD değişkenleri, AutoCAD objeleri veya AutoCAD ortamından seçilmiş objeler olabilir. Reel sayıların veri olarak girilmesi sırasında birden küçük değerlerde noktanın soluna 0 yazılması programın çalışması sırasında meydana gelebilecek karışıklıkların önlenmesi bakımından faydalıdır. Yazı dizileri program tarafından kullanıcıya sorulan sorular ve bu sorulara kullanıcının evet, hayır, tamam veya benzeri şekilde verdiği cevaplar olup tırnak içinde (".....") yazılması gereken veri girişleridir. Listeler özellikle çizim aşamasında bir noktanın koordinatını tanımlamak için (X, Y, Z) şeklinde ifade edilen veri tipleridir.

Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış herhangi bir Autolisp program dosyasının çalıştırılabilmesi için öncelikle AutoCAD ortamına yüklenmesi gerekir. Bu işlem AutoCAD ortamında Command satırına (load"dosya adı") yazılması ve enter tuşuna basılması şeklinde yapılabileceği gibi AutoCAD R12 ve sonraki versiyonlarında Pull Down menüde yer alan File-Application seçeneği kullanılarak da yapılabilir. Autolisp programı yüklendikten sonra programın yazılması sırasında defun fonksiyonundan sonra yazılan c: xxx ifadesi Command satırına xxx şeklinde yazılıp enter tuşuna basılırsa program çalıştırılmış olur.

3.3. Autolisp Fonksiyonları

3.3.1. Aritmetik işlem fonksiyonları

Bu gruba giren fonksiyonlar temel matematiksel işlemleri yapabilmek amacıyla kullanılabilecek olan fonksiyonlardır. Aşağıda bu fonksiyonların yazılış formatları ve sağladıkları kolaylıklar maddeler halinde özetlenmiştir. Her bir maddede önce parantez içinde fonksiyonun yazılış formatı gösterilmiş, daha sonra bu fonksiyonun işlevi hakkında bilgi verilmiştir. Parantez içinde yazılan ifadelerde büyük harfler (A,

B,, Z) değişkenleri, küçük harfler ve bunlardan meydana gelmiş kelime de fonksiyonu ifade etmektedir. Gerek fonksiyonun adından sonra, gerekse herbir değişken arasında en az bir karakterlik boşluk bırakılması zorunludur.

1.(+ A B.....N) : Bu şekilde tanımlanan bir fonksiyon A'dan N'e kadar olan değişkenlerin toplanabilmesi amacıyla kullanılır. Fonksiyonun yazımı sırasında +'dan sonra ve her değişken arasında boşluk bırakmak ve +'dan sonra en az iki değişkenin olması zorunludur.

2.(- A B.....N) : Bu şekilde tanımlanan bir fonksiyon çıkarma işlemi yapılmasını sağlar. İkinci değişken birinci değişkenden çıkarılır. İki den fazla değişken olduğunda, ikinci değişkenden itibaren değişkenler birbirleriyle toplanır ve birinci değişkenden çıkarılır. Fonksiyonun yazımı sırasında -'den sonra ve her değişken arasında boşluk bırakmak ve -'den sonra en az iki değişkenin olması zorunludur.

3.(* A B.....N) : Bu şekilde tanımlanan bir fonksiyon A'dan N'e kadar olan değişkenlerin çarpılabilmesi amacıyla kullanılır. Fonksiyonun yazımı sırasında *'dan sonra ve her değişken arasında boşluk bırakmak ve *'dan sonra en az iki değişkenin olması zorunludur.

4.(/ A B.....N) : Bu şekilde tanımlanan bir fonksiyon bölme işlemi yapılmasını sağlar. Birinci değişken ikinci değişkene bölünür. İki den fazla değişken olduğunda, ikinci değişkenden itibaren değişkenler birbirleriyle çarpılır ve birinci değişken elde edilen sonuca bölünür. Fonksiyonun yazımı sırasında /'den sonra ve her değişken arasında boşluk bırakmak ve /'den sonra en az iki değişkenin olması zorunludur.

5.(= A B.....N) : Bu fonksiyon A'dan N'e kadar olan değişkenlerin eşitliğini kontrol eder. Eşitliğin sağlanması halinde fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir. Bir değişken dahi eşitliği bozsa sonuç Nil'dir.

6.(/= A B) : Bu fonksiyon A ile B değişkenlerinin eşitsizliğini kontrol eder. A ile B değişkenleri birbirine eşit değilse fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir. Bu fonksiyon bir seferde sadece iki değişkeni değerlendirmeye tabi tutabilir.

7.(< A B.....N) : Bu fonksiyon sırasıyla sağdan sola doğru, soldaki değişkenin sağdaki değişkenden küçük olmasını kontrol eder. Bu şartın sağlanması halinde fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir. Eşitlik halinde de fonksiyonun sonucu Nil'dir.

8.(> A B.....N) : Bu fonksiyon sırasıyla soldan sağa doğru, soldaki değişkenin sağdaki değişkenden büyük olmasını kontrol eder. Bu şartın sağlanması halinde fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir. Eşitlik halinde de fonksiyonun sonucu Nil'dir.

9.(<= A B.....N) : Bu fonksiyon sırasıyla sağdan sola doğru, soldaki değişkenin sağdaki değişkenden küçük veya eşit olmasını kontrol eder. Bu şartın sağlanması halinde fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir.

10.(>= A B.....N) : Bu fonksiyon sırasıyla soldan sağa doğru, soldaki değişkenin sağdaki değişkenden büyük veya eşit olmasını kontrol eder. Bu şartın sağlanması halinde fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir.

11.(abs A) : Bu fonksiyon A değişkeninin mutlak değerini verir. A değişkeni tamsayı veya reel sayı olabilir.

12.(atan A) : Bu fonksiyon A değişkeninin radyan cinsinden arctanjantını verir. A değişkeni negatif olursa fonksiyonun sonucu da negatif radyan olur.

13.(atof A) : Bu fonksiyon A dizgisinin reel sayıya çevrilmesini sağlar ve sonuç olarak bu reel sayıyı verir.

14.(atoi A) : Bu fonksiyon A dizgisinin tamsayıya çevrilmesini sağlar ve sonuç olarak bu tamsayıyı verir.

15.(cos A) : Bu fonksiyon A değişkeninin radyan cinsinden kosinüsünü verir.

16.(exp A) : Bu fonksiyon e^A ifadesinin sonucunu verir. Burada A herhangi bir değişkendir. Fonksiyonun sonucu reel sayıdır.

17.(expt A B) : Bu fonksiyon A^B (A üzeri B) ifadesinin sonucunu verir. Burada A ve B herhangi iki değişkendir. A ve B değişkenleri tamsayı ise sonuç tamsayıdır. A ve B değişkenlerinin biri yada ikisi de reel sayı ise sonuç reel sayıdır.

18.(fix A) : Bu fonksiyon A değişkenini tamsayıya çevirmek için kullanılır. A değişkeni tamsayı ise fonksiyonun sonucu yine bu değişkendir. A değişkeni reel sayı ise noktadan sonraki kısmı atılarak tamsayıya çevrilir.

19.(float A) : Bu fonksiyon A değişkenini reel sayıya çevirmek için kullanılır. A değişkeni tamsayı veya reel sayı olabilir.

20.(gcd A B) : Bu fonksiyon sonuç olarak A ve B değişkenlerinin en büyük ortak bölenini verir.

21.(itoa A) : Bu fonksiyon A tamsayısının dizgiye çevrilmesini sağlar ve sonuç olarak bu dizgiyi verir.

22.(log A) : Bu fonksiyon A değişkeninin adi logaritmasını verir. Fonksiyonun sonucu reel sayıdır.

23.(max A BN) : Bu fonksiyon A'dan N'e kadar olan değişkenleri değerlendirerek sonuç olarak bu değişkenlerin en büyüğünü verir.

24.(min A BN) : Bu fonksiyon A'dan N'e kadar olan değişkenleri değerlendirerek sonuç olarak bu değişkenlerin en küçüğünü verir.

25.(pi) : Bu aslında bir lisp fonksiyonu değildir. Sabit π değerinin kullanılması gerektiği yerlerde pi şeklinde yazılarak kullanılabilir.

26.(sin A) : Bu fonksiyon A değişkeninin radyan cinsinden sinüsünü verir.

27.(sqrt A) : Bu fonksiyon karekök alma fonksiyonudur. Fonksiyon sonuç olarak A değişkeninin karekökünü reel sayı olarak verir.

28.(zerop A) : Bu fonksiyonun sonucu sayı şeklinde olmayıp T (true) yada Nil şeklindedir. Şöyleki; A değişkeninin değeri 0 (sıfır) ise fonksiyonun sonucu true aksi halde Nil'dir.

3.3.2. Olasılık fonksiyonları

Bu gruba giren fonksiyonlar, kullanıcı tarafından tanımlanan koşulların değerlendirmesini yaparak buna göre sonuç veren fonksiyonlardır. Aşağıda bu fonksiyonların yazılış formatları ve sağladıkları kolaylıklar maddeler halinde özetlenmiştir. Her bir maddede önce parantez içinde fonksiyonun yazılış formatı gösterilmiş, daha sonra bu fonksiyonun işlevi hakkında bilgi verilmiştir. Parantez içinde yazılan ifadelerde büyük harfler (A, B,, Z) değişkenleri, küçük harfler ve bunlardan meydana gelmiş kelime de fonksiyonu ifade etmektedir. Gerek fonksiyonun adından sonra, gerekse herbir değişken arasında en az bir karakterlik boşluk bırakılması zorunludur.

1.(and <KOŞUL1> <KOŞUL2><KOŞULN>) : Bu fonksiyon koşulların tümünün gerçekleşmesi halinde T (true) aksi halde Nil sonucunu verir. Koşullardan biri dahi gerçekleşmezse sonuç Nil'dir. Burada ifade edilen koşullar diğer autolisp fonksiyonları kullanılarak oluşturulmuş şartlardır (örneğin (> A B) gibi).

2.(cond (<KOŞUL> <FONKSİYON>) : Bu fonksiyonun yazımında, istenildiği kadar koşul ve bu koşulların gerçekleşmesi halinde uygulanması istenilen autolisp fonksiyonları yazılır. Fonksiyon çalıştığında yazılmış olan koşullar sırasıyla kontrol edilir. Sağlanmayan koşullara ait fonksiyonların sonucu Nil olur. İlk sağlanan koşula ait fonksiyonun sonucu bu fonksiyonun sonucu olur ve bundan sonraki koşul ve bu koşullara ait fonksiyonlar değerlendirmeye alınmazlar.

3.(eq A B) : Bu fonksiyon test edilen iki liste şeklinde değişkenin tamamıyla aynı olup olmadığını kontrol eder. Eğer iki liste birbirleriyle özdeşse fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir.

4.(equal A B) : Bu fonksiyon test edilen iki liste şeklinde değişkenin eşit olup olmadığını kontrol eder. Eğer iki liste birbirleriyle eşitse fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir.

5.(if <KOŞUL> <Doğruysa yap için fonksiyon> <Yanlışsa yap için fonksiyon>) : Bu fonksiyon kullanıcının tanımladığı koşulu değerlendirmeye alır ve bu koşulun doğru olup olmamasına göre farklı işlem yapar. Şöyleki; koşul doğruysa koşuldan sonra yazılan ilk fonksiyon geçerli olur ve if fonksiyonunun sonucu bu fonksiyonun sonucu olur. Eğer koşul yanlış ise koşuldan sonraki ikinci fonksiyon değerlendirmeye alınır ve if fonksiyonunun sonucu bu fonksiyonun sonucu olur. If fonksiyonunun yazımında <Yanlışsa yap için fonksiyon> kısmının yazılışı isteğe bağlıdır, istenilmezse yazılmaz. Bu durumda koşul yanlış olduğunda program akışı diğer satıra geçer.

6.(or <KOŞUL1> <KOŞUL2><KOŞULN>) : Bu fonksiyon koşullardan birinin dahi gerçekleşmesi halinde T (true), koşulların hiçbirisinin gerçekleşmemesi halinde Nil sonucunu verir. Koşullardan biri dahi gerçekleşmezse sonuç Nil'dir. Burada ifade edilen koşullar diğer autolisp fonksiyonları kullanılarak oluşturulmuş şartlardır (örneğin (> A B) gibi).

7.(while <KOŞUL> <FONKSİYON> <FONKSİYON>.....) : Fonksiyon çalıştırıldığında önce koşul kontrol edilir ve koşul sağlandığında fonksiyonlar değerlendirilir. While fonksiyonu içinde yazılmış olan tüm fonksiyonların değerlendirilmesinden sonra koşul tekrar kontrol edilir ve koşulun sağlanması halinde fonksiyonlar yeniden değerlendirmeye tabi tutulurlar. Bu döngü koşul sağlanamayana kadar devam eder ve koşul sağlanmadığında döngüden çıkılır. Bu fonksiyonun sonucu olarak en son değerlendirilen fonksiyonun sonucu elde edilir.

3.3.3. Liste düzenleme fonksiyonları

Bu gruba giren fonksiyonlar, kullanıcı tarafından liste olarak tanımlanmış olan değişkenlerle ilgili değerlendirmelerin ve düzenlemelerin yapılarak buna göre sonuç elde edilmesini sağlayan fonksiyonlardır. Aşağıda bu fonksiyonların yazılış formatları ve sağladıkları kolaylıklar maddeler halinde özetlenmiştir. Her bir maddede önce parantez içinde fonksiyonun yazılış formatı gösterilmiş, daha sonra bu fonksiyonun işlevi hakkında bilgi verilmiştir. Parantez içinde yazılan ifadelerde büyük harfler (A, B,, Z) değişkenleri, küçük harfler ve bunlardan meydana gelmiş kelime de fonksiyonu ifade etmektedir. Gerek fonksiyonun adından sonra, gerekse her bir değişken arasında en az bir karakterlik boşluk bırakılması zorunludur.

1.(append <LİSTE1> <LİSTE2>.....<LİSTE-N>) : Bu fonksiyon liste1, liste2, ...listeN şeklinde tanımlanmış olan listeleri birleştirerek tek bir listeymiş gibi işlem yapabilmek için kullanılır.

2.(car LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilmiş olan listenin ilk elemanını sonuç olarak verir.Eğer liste boş ise fonksiyonun sonucu Nil'dir.

3.(cadr LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilmiş olan listenin ikinci elemanını sonuç olarak verir.Eğer liste boş ise fonksiyonun sonucu Nil'dir.

4.(cdr LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilmiş olan listenin ilk elemanı dışında kalan tüm elemanları sonuç olarak verir.Eğer liste boş ise fonksiyonun sonucu Nil'dir.

5.(caddr LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilmiş olan listenin üçüncü elemanını sonuç olarak verir.Eğer liste boş ise fonksiyonun sonucu Nil'dir.

6.(cddr LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilmiş olan listenin ikinci elemanı dışında kalan tüm elemanları sonuç olarak verir.Eğer liste boş ise fonksiyonun sonucu Nil'dir.

7.(cons YENİ ELEMEN LİSTE) : Bu fonksiyon yeni eleman olarak tanımlanmış değişkeni belirtilen listeye ekleyerek yeni bir liste elde etmek için kullanılır. Yeni eleman listenin en başına eklenir.

8.(foreach İSİM LİSTE FONKSİYON) : Bu fonksiyon belirtilen listedeki her elemana belirtilen ismi atar ve listenin her elemanına belirtilen fonksiyonu uygular. Fonksiyon içinde listeden sonra birden fazla fonksiyon tanımlanabilir. Bu durumda foreach fonksiyonu en son kullanılan fonksiyonun sonucunu verir.

9.(length LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilen Liste'deki elemanların sayısını belirten tamsayıyı sonuç olarak verir.

10.(list A B....N) : Bu fonksiyon değişkenlerden oluşan bir liste elde etmek için kullanılır. Daha çok iki yada üç boyutlu nokta koordinatlarının tanımlanması ve setq fonksiyonu ile bir değişkene atanması için kullanılan bir fonksiyondur.

11.(listp A) : Belirtilen A değişkeni liste ise, bu fonksiyonun sonucu T (true) aksi halde Nil'dir. Böylelikle bu fonksiyonla bir değişkenin liste olup olmadığı kontrol edilebilir.

12.(mapcar FONKSİYON LİSTE1 LİSTE2LİSTE-N) : Bu fonksiyon belirtilmiş olan fonksiyonun liste1'den listeN'e kadar uygulanmasını sağlar ve sonuç olarak da yeni listeyi verir.

13.(member A LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilen liste içinde A değişkenini arar ve bulunduğu ilk A değişkeni ve sonrasını sonuç olarak verir. Belirtilen liste içinde A değişkeni bulunamazsa fonksiyonun sonucu Nil'dir.

14.(nth N LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilen liste içindeki N'inci elemanı sonuç olarak verir. Listelerin ilk elemanı 0'ıncı eleman olarak kabul edilir. N sayısı listedeki eleman sayısından büyükse fonksiyonun sonucu Nil'dir.

15.(revers LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilen listenin elemanlarını tersten sıralayarak yeni bir liste oluşturur ve sonuç olarak da bu yeni listeyi verir.

16.(subst A B LİSTE) : Bu fonksiyon belirtilen liste içinde B değişkenini bulur ve bulunduğu her B değişkeni yerine A değişkenini koyar, sonuç olarak da oluşturulan bu yeni listeyi verir.

3.3.4. Geometrik özellik fonksiyonları

Bu gruba giren fonksiyonlar, tanımlanmış olan nokta şeklindeki değişkenlerin geometrik özellikleriyle ilgili düzenlemeler ve değerlendirmeler yapabilmek amacıyla kullanılan fonksiyonlardır. Aşağıda bu fonksiyonların yazılış formatları ve sağladıkları kolaylıklar maddeler halinde özetlenmiştir. Her bir maddede önce parantez içinde fonksiyonun yazılış formatı gösterilmiş, daha sonra bu fonksiyonun işlevi hakkında bilgi verilmiştir. Parantez içinde yazılan ifadelerde büyük harfler (A, B,, Z) değişkenleri, küçük harfler ve bunlardan meydana gelmiş kelime de fonksiyonu ifade etmektedir. Gerek fonksiyonun adından sonra, gerekse herbir değişken arasında en az bir karakterlik boşluk bırakılması zorunludur.

1.(angle NOKTA1 NOKTA2) : Bu fonksiyon tanımlanmış olan nokta1 ve nokta2 değişken noktaları arasındaki açıyı radyan cinsinden sonuç olarak verir.

2.(distance NOKTA1 NOKTA2) : Bu fonksiyon iki boyutlu olarak tanımlanmış olan nokta1 ve nokta2 değişken noktaları arasındaki mesafeyi sonuç olarak verir.

3.(inters NOKTA1 NOKTA2 NOKTA3 NOKTA4) : Bu fonksiyon iki doğrunun kesişip kesişmediklerini kontrol etmek amacıyla kullanılır. Fonksiyonun yazılış formatında nokta1 ve nokta2 birinci doğrunun başlangıç ve bitiş noktalarını, nokta3 ve nokta4 de ikinci doğrunun başlangıç ve bitiş noktalarını ifade etmektedir. Bu şekilde tanımlanmış olan doğrular kesişiyorsa fonksiyonun sonucu bu kesişme noktasının koordinatlarıdır. Doğrular kesişmiyorsa fonksiyonun sonucu Nil'dir.

4.(osnap NOKTA MOD) : Bu fonksiyon AutoCAD obje kitleme modlarının autolisp içinde kullanılabilmesini sağlar. Fonksiyonun yazım formatında yazılması zorunlu olan Nokta iki boyutlu nokta koordinatını veren listedir. Mod ise tırnak içinde yazılması zorunlu olan osnap modlarından biri veya virgül (,) ile birbirlerinden ayrılmış birkaçıdır. Fonksiyon sonuç olarak osnap modunun uygulanması sonucunda elde edilen noktanın koordinatını verir.

5.(polar NOKTA AÇI UZAKLIK) : Bu fonksiyon belirtilen noktadan belirtilen açı ve uzaklık kadar mesafedeki noktanın koordinatlarını sonuç olarak verir. Açı değeri radyan cinsinden olmak zorundadır.

3.3.5. Veri giriş fonksiyonları

Bu gruba giren fonksiyonlar, diğer fonksiyonların çalışabilmesi için ihtiyaç duyulan değişken değerlerinin kullanıcı tarafından programa verilebilmesi için kullanılan fonksiyonlardır. Aşağıda bu fonksiyonların yazılış formatları ve sağladıkları kolaylıklar maddeler halinde özetlenmiştir. Her bir maddede önce parantez içinde fonksiyonun yazılış formatı gösterilmiş, daha sonra bu fonksiyonun işlevi hakkında bilgi verilmiştir. Parantez içinde yazılan ifadelerde büyük harfler (A, B,, Z) değişkenleri, küçük harfler ve bunlardan meydana gelmiş kelime de fonksiyonu ifade

etmektedir. Gerek fonksiyonun adından sonra, gerekse herbir değişken arasında en az bir karakterlik boşluk bırakılması zorunludur.

1.(getreal MESAJ) : Bu fonksiyon kullanıcının bir reel sayı girmesini bekler. Bu fonksiyonun yazım formatındaki Mesaj'ın kullanılması isteğe bağlı olup genellikle kullanıcının hangi değeri gireceğini belirten mesajtır (örneğin "Milin uzunluğunu yazınız:" gibi). Ancak kullanıldığında bu ifadenin bir dizgi olduğunu belirtmek için Mesaj ifadesi mutlaka tırnak içinde yazılmalıdır.

2.(getString T MESAJ) : Bu fonksiyon kullanıcıdan bir dizgi girmesini bekler. Fonksiyonun sonucu yine bu dizgidir. T'nin yazılması opsiyonel olup kullanıcının girdiği dizgi de boşluk karakterinin bulunmasını sağlar. T kullanılsın veya kullanılsın yazılan dizgi maksimum 256 karakter olabilir. Mesaj'ın kullanılması isteğe bağlı olup genellikle kullanıcının hangi dizgiyi gireceğini belirten mesajtır (örneğin "Adınızı ve Soyadınızı Giriniz:" gibi). Ancak kullanıldığında bu ifadenin bir dizgi olduğunu belirtmek için Mesaj ifadesi mutlaka tırnak içinde yazılmalıdır.

3.(getpoint MESAJ) : Bu fonksiyon kullanıcıdan nokta girişi yapmasını bekler. Nokta girişi klavyeden koordinat yazarak olabileceği gibi mouse ile ekran üzerinde işaretlemek şeklinde de olabilir. Mesaj'ın kullanılması isteğe bağlı olup genellikle kullanıcının hangi noktayı gireceğini belirten mesajtır (örneğin "Çemberin Merkezini İşaretleyiniz:" gibi). Ancak kullanıldığında bu ifadenin bir dizgi olduğunu belirtmek için Mesaj ifadesi mutlaka tırnak içinde yazılmalıdır.

4.(getcorner NOKTA1 MESAJ) : Bu fonksiyon kullanıcının bir nokta girmesini bekler. Fonksiyonun yazım formatındaki Nokta1 birinci nokta yeni girilen nokta ise ikinci nokta olarak kabul edilir. Böylece iki köşe noktası bilinen bir pencere tanımlanmış olur. Mesaj'ın kullanılması isteğe bağlı olup genellikle kullanıcının hangi noktayı gireceğini belirten mesajtır (örneğin "İkinci Noktayı İşaretleyiniz:" gibi). Ancak kullanıldığında bu ifadenin bir dizgi olduğunu belirtmek için Mesaj ifadesi mutlaka tırnak içinde yazılmalıdır.

5.(getdist NOKTA1 MESAJ) : Bu fonksiyon kullanıcının belirleyeceği iki nokta arasındaki mesafeyi reel sayı olarak verir. Eğer fonksiyonun yazım formatında Nokta1 belirtilmiş ise kullanıcı sadece bir nokta işaretler ve bu ikinci nokta olarak kabul edilir, fonksiyon tarafından iki nokta arasındaki mesafe reel sayı olarak hesaplanır. Nokta1'in belirtilmesi isteğe bağlı olup belirtilmediği durumlarda kullanıcının iki nokta girmesi gerekir. Mesaj'ın kullanılması da isteğe bağlı olup genellikle kullanıcının hangi noktayı gireceğini belirten mesajtır (örneğin "İkinci Noktayı İşaretleyiniz:" gibi). Ancak kullanıldığında bu ifadenin bir dizgi olduğunu belirtmek için Mesaj ifadesi mutlaka tırnak içinde yazılmalıdır.

6.(getangle NOKTA MESAJ) : Bu fonksiyon kullanıcının açılış girişi yapmasını bekler. Açılış girişi klavyeden yapılabileceği gibi mouse ile ekranda iki nokta işaretlemek suretiyle de yapılabilir. Kullanılması isteğe bağlı olan Nokta verilmiş ise sadece ikinci nokta işaretlenerek açılış tanımlanabilir. Eğer fonksiyonun yazım formatında Nokta belirtilmemiş ise iki noktayı da kullanıcının girmesi gerekir. Mesaj'ın kullanılması da isteğe bağlı olup genellikle kullanıcının hangi noktayı gireceğini belirten mesajtır (örneğin "İkinci Noktayı İşaretleyiniz:" gibi). Ancak kullanıldığında bu ifadenin bir dizgi olduğunu belirtmek için Mesaj ifadesi mutlaka tırnak içinde yazılmalıdır.

7.(getkword MESAJ) : Bu fonksiyon kullanıcının Initget fonksiyonunu kullanarak belirlediği anahtar karakter veya karakterlerin girilmesini bekler. Bunların dışında herhangi bir şey girildiğinde kabul edilmez ve yeni değer girilmesi istenir. Mesaj'ın kullanılması da isteğe bağlı olup genellikle kullanıcının hangi dizgiyi gireceğini belirten mesajtır (örneğin "Kabul Ediyormusunuz (E/H):" gibi). Ancak kullanıldığında bu ifadenin bir dizgi olduğunu belirtmek için Mesaj ifadesi mutlaka tırnak içinde yazılmalıdır.

8.(getint MESAJ) : Bu fonksiyon kullanıcının bir tamsayı girmesini bekler ve sonuç olarak da bu tamsayıyı verir. Mesaj'ın kullanılması da isteğe bağlı olup genellikle kullanıcının hangi değeri gireceğini belirten mesajdır (örneğin "Dış Sayısını Giriniz:"

gibi). Ancak kullanıldığında bu ifadenin bir dizgi olduğunu belirtmek için Mesaj ifadesi mutlaka tırnak içinde yazılmalıdır.

9.(initget Değer “Anahtar Kelime”) : Bu fonksiyon diğer veri giriş fonksiyonlarında önce kullanılan ve boş girdi, sıfır girişi ve negatif giriş gibi değişik veri giriş kısıtlaması getiren bir fonksiyondur. Fonksiyonun yazım formatındaki Değer bu kısıtlamayı ifade eden sayıdır. Bu sayılardan; 1 boş girdiye izin vermez, 2 sıfır girilmesine engel olur, 4 negatif değerlerin girilmesine engel olur, 8 her durumda limitlerin kontrol edilmesini önler ve 16 iki boyut yerine üç boyutlu nokta verir. Amaca uygun olan Değer’ler birbirinin toplamı şeklinde yazılabileceği gibi + 1 2 4 8 16 şeklinde de yazılabilir. Anahtar Kelime ise Evet, Hayır, E ve H gibi kullanıcının belirleyeceği ve programın sadece bu girdileri kabul etmesini istediği karakter veya karakter topluluklarıdır. Anahtar kelimelerin kullanılması halinde; kullanıcı programın sorduğu sorulara bu anahtar kelimelerin dışında bir cevap verdiğinde program bunu kabul etmeyecek ve kullanıcıyı uyaracaktır. Aynı şekilde Değer kullanılarak bir kısıtlama yapıldığında bu kısıtlamaya aykırı bir veri girişi yapıldığında bu değer kabul edilmeyecek ve kullanıcı bir mesajla uyarılacak, yeni ve uygun bir değer girilmesi istenecektir.

3.3.6. Görüntü düzenleme fonksiyonları

Bu gruba giren fonksiyonlar, programın çalışmasında direk olarak etkili olmayıp ekran görüntüsünün düzenlenmesiyle ilgili olan fonksiyonlardır. Aşağıda bu fonksiyonların yazılış formatları ve sağladıkları kolaylıklar maddeler halinde özetlenmiştir. Her bir maddede önce parantez içinde fonksiyonun yazılış formatı gösterilmiş, daha sonra bu fonksiyonun işlevi hakkında bilgi verilmiştir. Parantez içinde yazılan ifadelerde büyük harfler (A, B,, Z) değişkenleri, küçük harfler ve bunlardan meydana gelmiş kelime de fonksiyonu ifade etmektedir. Gerek fonksiyonun adından sonra, gerekse her bir değişken arasında en az bir karakterlik boşluk bırakılması zorunludur.

1.(graphscr) : Bu fonksiyon yazı ekranından grafik ekrana geçişi sağlar ve Nil sonucunu verir.

2.(menucmd DİZGİ) : Bu fonksiyon Autolisp programının AutoCAD ortamında çalışırken AutoCAD menülerine ulaşabilmeyi sağlar. Autolisp programı çalıştırıldığında (menucmd DİZGİ) satırına gelindiğinde Dizgi olarak belirtilmiş olan menu sayfası ekrana gelir. Bu Dizginin yazılış formatı “bölüm=altmenu” şeklindedir. Burada Bölüm kısmına Screen Menu için S, Düğme Menu için B, Tablet Menu için T, Altmenü kısmına da menu bölümündeki alt menünün ismi yazılır. Örneğin Osnap menüsünü görüntüleyebilmek için (menucmd “S=Osnap”) yazılmalıdır.

3.(prin1 A DOSYA) : Bu fonksiyon A değişkenini ekrana yazar ve sonuç olarak da bu değişkeni verir. Fonksiyonun yazım formatında görünen Dosya opsiyonel olarak yazılabilir, yazılması zorunlu değildir. Dosya belirtildiğinde, bu dosya önceden open fonksiyonu kullanılarak yazma modunda açılmışsa değişken bu dosyaya yazılır.

4.(princ A DOSYA) : Bu fonksiyon A değişkenini ekrana yazar ve sonuç olarak da bu değişkeni verir. Fonksiyonun yazım formatında görünen Dosya opsiyonel olarak yazılabilir, yazılması zorunlu değildir. Dosya belirtildiğinde, bu dosya önceden open fonksiyonu kullanılarak yazma modunda açılmışsa değişken bu dosyaya yazılır. Bu fonksiyonun Prin1 fonksiyonundan farkı; bu fonksiyonla birlikte kontrol karakterleri diyebileceğimiz yeni bir satırdan başlamak için \n, enter tuşunun işlevini gerçekleştirmek için \r, escape tuşunun işlevini gerçekleştirmek için \e, tab tuşunun işlevini gerçekleştirmek için \t sembollerin kullanılabilmesidir.

5.(prompt MESAJ) : Bu fonksiyon Mesaj kısmında yazılan iletinin ekranda görünmesini sağlar ve Nil sonucunu verir. Ekranda görüntülenmesi istenilen Mesaj tırnak işaretleri (“...”) arasında yazılmalıdır.

6.(redraw) : Bu fonksiyon bir AutoCAD komutu olan Redraw ile aynı işlemi yaparak çizimin yeniden yaratılmasını sağlar.

7.(terpri) : Bu fonksiyon ekranda boş bir satır bırakmak maksadıyla kullanılır. Fonksiyon dosyalar için etkili değildir, sadece ekrana boş bir satır yazdırır.

8.(textscr) : Bu fonksiyon grafik ekranından yazı ekrana geçişi sağlar ve Nil sonucunu verir.

3.3.7. Seçim fonksiyonları

AutoCAD ortamında hemen hemen bütün Edit komutları işlem yapmaya başlamadan önce işlemin uygulanacağı objenin seçilmesini ister. İşte bu gruba giren fonksiyonlar, autolisp programı içinden çizim dosyasındaki istenilen objenin seçilebilmesi amacıyla kullanılan fonksiyonlardır. Aşağıda bu fonksiyonların yazılış formatları ve sağladıkları kolaylıklar maddeler halinde özetlenmiştir. Her bir maddede önce parantez içinde fonksiyonun yazılış formatı gösterilmiş, daha sonra bu fonksiyonun işlevi hakkında bilgi verilmiştir. Parantez içinde yazılan ifadelerde büyük harfler (A, B,, Z) değişkenleri, küçük harfler ve bunlardan meydana gelmiş kelime de fonksiyonu ifade etmektedir. Gerek fonksiyonun adından sonra, gerekse herbir değişken arasında en az bir karakterlik boşluk bırakılması zorunludur.

1.(ssget MOD NOKTA1 NOKTA2) : Bu fonksiyon bir seçim grubu elde edilebilmesi amacıyla kullanılır. Mod, Nokta1 ve Nokta2'nin yazılması isteğe bağlıdır. Bunlardan hiçbiri yazılmazsa program kullanıcının obje seçmesini bekler. Fonksiyonun yazım formatında belirtilen Mod; tanımlanacak pencere içinde kalan objelerin seçimini sağlayan Window (w), tanımlanacak pencere içinde kalan ve bu pencerenin sınırlarıyla çakışan objelerin seçimini sağlayan Crossing (c), çizim ortamına en son katılan objeyi seçen Last (l), bir önceki obje seçiminde seçilen objeleri yeniden seçen Previous (p) yöntemlerini ifade etmektedir. Bunlardan uygun olanını programa tanıtmak için Mod yerine yöntemin baş harfini tırnak içinde yazmak yeterlidir ("w" gibi). Yine belirtilmesi isteğe bağlı olan Nokta1 ve Nokta2 ile seçim sırasında tanımlanacak olan pencerenin köşelerinin koordinatları verilebilir.

Eğer bu koordinatlar Nokta1 ve Nokta2 şeklinde verilmez ise bu noktaları kullanıcının belirlemesi beklenir.

2.(ssadd İSİM SET) : Bu fonksiyon verilmeleri isteğe bağlı olan İsim ve Set verilmediği takdirde ssget fonksiyonu gibi çalışır, ancak seçim setinde hiçbir eleman olmayacaktır. Fonksiyon İsim olarak bir obje ismi verilerek çalıştırıldığında sadece bu isimdeki objelerden oluşan yeni bir seçim seti meydana getirir. Bu fonksiyonun yazım formatına Set’de eklendiğinde verilen isimdeki objelerden oluşmuş seçim setini verilmiş olan Set’e ilave eder.

3.(ssdel İSİM SET) : Bu fonksiyon belirtilen Set’deki İsim olarak belirtilmiş isimdeki objeleri siler ve yeni bir seçim seti oluşturur, sonuç olarak da bu yeni seçim setinin ismini verir. Eğer belirtilen İsim’deki objeler belirtilen seçim Set’inde yoksa fonksiyonun sonucu Nil’dir.

4.(sslenght SET) : Bu fonksiyon belirtilen Set içindeki objelerin sayısını verir.

5.(ssname SET N) : Bu fonksiyon belirtilen Set içindeki N’inci objenin ismini sonuç olarak verir. Buradaki N değişkeni tamsayı olmalıdır. Eğer N negatif yada seçim seti içindeki obje sayısından büyükse fonksiyonun sonucu Nil’dir. Seçim setindeki ilk elemanın sıra numarası 0 (sıfır)’dır.

6.(ssmemb İSİM SET) : Bu fonksiyon belirtilen İsim’deki ojenin belirtilen seçim Set’i içinde olup olmadığını araştırır. Eğer belirtilen İsim’deki obje bu seçim Set’i içindeyse fonksiyonun sonucu bu objenin İsmi olur, aksi halde fonksiyon Nil sonucunu verir.

3.3.8. Diğer fonksiyonlar

Bu gruba giren fonksiyonlar, yukarıdaki sınıflandırma içinde değerlendirilemeyecek ve her birisinin kullanım amacı ve gerçekleştirdiği işlev farklı olan fonksiyonlardır.

Aşağıda bu fonksiyonların yazılış formatları ve sağladıkları kolaylıklar maddeler halinde özetlenmiştir. Her bir maddede önce parantez içinde fonksiyonun yazılış formatı gösterilmiş, daha sonra bu fonksiyonun işlevi hakkında bilgi verilmiştir. Parantez içinde yazılan ifadelerde büyük harfler (A, B,, Z) değişkenleri, küçük harfler ve bunlardan meydana gelmiş kelime de fonksiyonu ifade etmektedir. Gerek fonksiyonun adından sonra, gerekse her bir değişken arasında en az bir karakterlik boşluk bırakılması zorunludur.

1.(close DOSYA) : Bu fonksiyon belirtilen dosyanın kapatılması için kullanılır. Fonksiyon işlevini bitirdiğinde Nil sonucunu verir.

2.(getvar DEĞİŞKEN) : Bu fonksiyon autolisp içinden AutoCAD sistem değişkenlerine ulaşarak bu değişkenlerin değerlerinin görülebilmesi amacıyla kullanılır.

3.(load DOSYA) : Bu fonksiyon uzantısı .lsp olan lisp dosyalarının AutoCAD ortamına yüklenmesi amacıyla kullanılır. Böylelikle hazırlanmış olan bir lisp programı AutoCAD ortamında çalıştırılabilir.

4.(open DOSYA MOD) : Bu fonksiyon belirtilen dosyanın istenilen Mod'da açılmasını sağlar. Mod'u belirten harfin küçük harf olarak ve tırnak içinde yazılması (örneğin "w" gibi) zorunludur. Modu belirten harfler; dosyanın sadece okuma amaçlı olarak açılması ve üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmaması için r (read), dosyanın yazma amaçlı olarak açılması için w (write), önceden oluşturulmuş bir dosyaya ekleme yapmak için a (append) şeklindedir. W modu tercih edildiğinde belirtilen dosya yoksa önce dosya oluşturulur ve sonra yazma amaçlı olarak açılır. Eğer belirtilen isimde dosya varsa ve w modunda açılırsa bu durumda dosyadaki mevcut eski bilgiler silinecektir. Böyle bir durumda dosyadaki eski bilgilerin silinmesi istenmiyorsa dosyanın a (append) modunda açılarak ekleme yapılması gerekir.

5.(progn FONKSİYON1 FONKSİYON2FONKSİYON-N) : Bu fonksiyon işleme alınan fonksiyonları sırasıyla işleme tabi tutar ve sonuç olarak da en son işleme tabi tutulan fonksiyonun sonucunu verir.

6.(set İSİM A) : Bu fonksiyon A değişkenini verilen İsim'e atar.

7.(setq İSİM1 A İSİM2 B ...İSİM-N N) : Bu fonksiyon aynı anda istenildiği kadar değişkeni belirtilen farklı isimlere atar. Fonksiyon sonuç olarak en son değer atanan değişkeni verir.

8.(setvar SİSTEMDEĞİŞKENİ DEĞER) : Bu fonksiyon autolisp içinden AutoCAD sistem değişkenlerine ulaşarak bu değişkenlerin değerlerinin değiştirilebilmesi amacıyla kullanılır.

9.(strlen DİZGİ) : Bu fonksiyon belirtilen Dizgi'yi oluşturan karakterlerin sayısını veren bir tamsayı sonuç olarak verir.

10.(type A) : Bu fonksiyon belirtilmiş olan A değişkeninin tipini verir.

11.(ver) : Bu fonksiyon kullanılmakta olan autolisp programının sürüm numarasını sonuç olarak verir.

BÖLÜM 4

DİŞLİ KUTUSU BOYUTLANDIRMASININ AUTOLİSP PROGRAMLAMA DİLİ İLE PROGRAMLANMASI

4.1. Giriş

İki kademeli helisel dişli kutusunun boyutlandırılma esasları Bölüm 2’de detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bölüm 3’de ise bir programlama yöntemi olan Autolisp programlamanın esasları ve bu programlamada kullanılan fonksiyonlar anlatılmıştır. Üçüncü bölümde de Bölüm 2 ve Bölüm 3’ün bir araya getirilmesi yani Autolisp programlama ile iki kademeli helisel dişli kutusunun boyutlandırılmasının ve çiziminin esasları belirtilecektir.

İki kademeli helisel dişli kutusunun Autolisp programlama ile boyutlandırılabilmesi için öncelikle dişli kutusunu meydana getiren temel makina elemanlarının boyutları hesaplatılmalıdır. Programın çalışması sırasında bu temel boyutların hesaplanabilmesi için birtakım sorular sordurulmuş ve kullanıcının bu sorulara verdiği cevaplar uygunluğu da kontrol edilip kullanılarak temel makina elemanlarının boyutları hesaplatılmıştır. Standart olan makina elemanlarının seçilebilmesi için tablolar oluşturulmuş ve bu tablolardan standart elemanların seçilebilmesi sağlanmıştır. Bütün bunlar Hesap.lsp isimli dosyada toplanmıştır. Ayrıca Hesap.lsp isimli dosyaya boyutlandırma ile direk ilgisi olmamasına rağmen dişli kutusunun ağırlığının herhangi bir parametreye (örneğin toplam çevrim oranı) bağlı olarak değişiminin görülebilmesi amacıyla dişli kutusunun ağırlığını hesaplayan kısım eklenmiştir. Dişli kutusunun ağırlığının hesaplanması sırasında ağırlığa fazla bir

etkisi olmayan sızdırmazlık elemanları, contalar ve kapakları gövdeye bağlayan civatalar gibi elemanların ağırlıkları ihmal edilmiş ve dişli kutusu içinde yağın olmadığı kabul edilmiştir.

Dişli kutusunu meydana getiren temel makina elemanlarının boyutları belirlendikten sonra tüm bu boyutlar değişkenlere atanmış ve bu değişkenler kullanılarak nokta koordinatları elde edilmiştir. Bu amaçla tüm çizimlerin yapılabilmesi (montaj resimleri, imalat resimleri, montaj resmi parça başlığı gibi) için yaklaşık olarak 4000 nokta parametrik olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan nokta koordinatları ve AutoCAD komutları kullanılarak dişli kutusunun imalatı için gerekli olan tüm resimler çizdirilmiştir. Bu çizim dosyaları Ongor.Lsp, Ustgor.Lsp, Yangor.lsp, Mil.Lsp, Kapak:lsp, Govde.Lsp, Disli.Lsp ve Baslik.Lsp olmak üzere sekiz farklı dosyadan meydana gelmektedir. Bunlardan Ongor.Lsp montaj resminin önden görünüşünün çizdirilmesi, Ustgor.Lsp montaj resminin üstten görünüşünün çizdirilmesi, Yangor.Lsp montaj resminin yandan görünüşünün çizdirilmesi, Mil.Lsp ikinci milin imalat resminin çizdirilmesi, Kapak.Lsp kapaklardan birinin imalat resminin çizdirilmesi, Gövde.Lsp gövdenin imalat resminin çizdirilmesi, Disli.Lsp ikinci dişlinin imalat resminin çizdirilmesi ve Baslik.Lsp montaj resminin parça başlığının çizdirilmesi amacıyla hazırlanmıştır.

4.2. Dişli Kutusuna Ait Hesaplamaların Yapılması

Dişli kutusunun hesaplamaları Bölüm 1’de anlatılan sıraya uygun olarak Hesap.Lsp isimli dosya ile temel Autolisp fonksiyonları kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamaların yapılması sırasında birinci dişlinin diş sayısı, genişlik faktörü, eğim açısı gibi konstrüktörün seçmek zorunda olduğu birçok değer program tarafından kullanıcıya sorulmakta ve kullanıcının verdiği mantıklı cevaplar kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır.

Kullanıcının seçim yapması gereken yerlerde; eğer seçim malzeme seçimi gibi bir tablo kullanılarak yapılacak ise ekrana ilgili tablo gelmekte, seçim diş sayısı gibi

tavsiye edilen değerler arasından seçilecek ise ekrana tavsiye edilen değerler gelmekte ve kullanıcının bunlara göre seçim yapması sağlanmaktadır.

Hesaplamaları yapan dosyanın çalıştırılabilmesi için Hesap.Lsp isimli dosyanın AutoCAD ortamına yüklenmesi ve AutoCAD ortamında Command satırına hesap yazıp enter tuşuna basılması yeterlidir. Bu durumda dişli kutusunun hesaplamasını yapan program çalışarak grafik ekrandan yazı ekrana geçilecek ve kullanıcıya sorulan ilk soru olan <Birinci Dişlinin Diş Sayısını Giriniz:> mesajıyla karşılaşılacaktır. Bu ve bundan sonraki sorulara uygun cevaplar verildiğinde program dişli kutusunun boyutlandırılmasını yapacak ve çizim için gerekli olan noktaları üretecektir.

Çizim yapan diğer dosyaların çalıştırılabilmesi için mutlaka önce Hesap.Lsp isimli dosyanın çalıştırılarak yukarıda anlatıldığı gibi sorulan sorulara uygun cevaplar verilmeli ve böylece çizim için gerekli olan noktaların retilenilmesi sağlanmalıdır.

4.3. Dişli Kutusuna Ait Teknik Resimlerin izdirilmesi

Hesap.Lsp isimli dosyanın çalıştırılarak sorulan sorulara uygun cevaplar verilmesinden sonra çizim dosyaları olan Ongor.Lsp, Ustgor.Lsp, Yangor.lsp, Mil.Lsp, Kapak.lsp, Govde.Lsp, Disli.Lsp ve Baslik.Lsp üretilen noktaları ve AutoCAD komutlarını kullanarak çizim yapabilir hale gelirler.

Çizim dosyaları montaj resminin üstten görünüşünü çizen Ustgor.Lsp, montaj resminin nden görünüşünü çizen Ongor.Lsp, montaj resminin yandan görünüşünü çizen Yangor.Lsp, ikinci milin imalat resmini çizen Mil.Lsp, ikinci dişlinin imalat resmini çizen Disli.Lsp, gövdenin imalat resmini çizen Govde.Lsp, kapaklardan birinin imalat resmini çizen Kapak.Lsp ve montaj resminin parça başlığını çizen Baslik.Lsp dosyalarıdır. Bu izim dosyalarının çalıştırılabilmesi için AutoCAD ortamına yüklenmeleri ve yüklendikten sonra Command satırına montaj resminin üstten görünüşünü görebilmek için ust, montaj resminin nden görünüşünü görebilmek için ond, montaj resminin yandan görünüşünü görebilmek için yan, ikinci

milin imalat resmini görebilmek için mil, ikinci dişlinin imalat resmini görebilmek için dis, gövdenin imalat resmini görebilmek için gov, kapağın imalat resmini görebilmek için kap ve montaj resminin parça başlığını görebilmek için bas yazılması yeterlidir.

Dişli kutusuna ait resimlerin çizdirilmesi sırasında montaj resminin üstten görünüşü, montaj resminin önden görünüşü, montaj resminin yandan görünüşü ve montaj resminin parça başlığı aynı sayfa düzlemine çizdirilebilir, çizim sırasında herhangi bir çakışma yada resimlerin üst üste çizilmesi gibi bir durum söz konusu değildir. Ancak mil, kapak, gövde ve dişlinin imalat resimlerinin üst üste çakışması söz konusu olduğu için her bir imalat resminin farkı sayfa düzlemlerinde çizilmesi gerekir.

Çizim amaçlı kullanılacak olan dosyalar çalıştırılmadan önce mutlaka Hesap.lsp isimli dişli kutusunun boyutlandırılmasını yapan ve boyutlandırılması yapılan dişli kutusunun çizimi için değişken üreten dosyanın çalıştırılması gerekir. Çizim dosyaları bu değişkenleri kullanarak ilgili çizimin yapılabilmesi için gerekli olan noktaları üretirler. Autolisp programı içinde Command fonksiyonu yardımıyla temel AutoCAD komutları kullanılarak önceden tanımlanmış bu noktalar kullanılarak çizim gerçekleştirilir.

4.4. Örnek Boyutlandırma İçin Veri Girişi

Bu bölümde iki kademeli helisel dişli kutusunun boyutlandırılması ve boyutlandırılmadan elde edilen değerler kullanılarak çizimin yapılmasını sağlayan programla ilgili örnek bir uygulama yapılmıştır. Aşağıda programın akış sırasına göre sırasıyla kullanıcının girmesi gereken değerler ve örnek uygulamaya ait giriş değerleri belirtilmiştir. Bu örnek uygulama sadece Hesap.Lsp isimli dosyanın çalıştırılmasıyla ilgili uygulamadır. Hazırlanmış olan diğer autolisp program dosyaları çizim amaçlı olarak hazırlanmış olduğundan çalıştırılması sırasında kullanıcıya herhangi bir şey sormamakta ve AutoCad ortamında Command satırına o

dosyayı ifade eden anahtar kelime yazıldıktan sonra çizim tamamlanmaktadır. Hesap.Lsp dosyası ise daha önceden de belirtildiği gibi boyutlandırma yapmak amacıyla hazırlanmış olduğundan bu boyutlandırılmanın yapılabilmesi için birtakım değerlerin seçilmesi gerekmekte ve bu programı kullanan kullanıcıya sorular şeklinde sorulmaktadır. Giriş değerleri olarak ifade edilebilecek olan bu değerlerin girilebilmesi için sorulan sorular ve örnek uygulama için bu sorulara verilecek cevaplar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

4.4.1. Diş sayılarının ve kademelerin çevrim oranlarının tesbit edilmesi

Aşağıda dişlilerin diş sayılarının seçilmesi ve hesaplanması, bu diş sayılarına göre her bir kademelerin çevrim oranlarının hesaplanması, millerin devir sayılarının hesaplanması ve bu hesaplamalar sırasında yapılan hatanın hesaplanması için sorulan sorular, bu sorulara verilen cevaplar ve ekranda bu hesaplamalar ile ilgili çıkan mesajlar sırasıyla verilmiştir. Altı çizili olan değerler örnek uygulamaya ait kullanıcının seçtiği değerlerdir.

Giriş devir sayısını giriniz (d/d) : 750

Çıkış devir sayısını giriniz (d/d) : 67

Toplam çevrim oranı : 11,194

Birinci ve üçüncü dişli için tavsiye edilen diş sayıları değerler 16...24 arasındadır.

Birinci dişlinin diş sayısını seçiniz (16.....24) : 18

Üçüncü dişlinin diş sayısını seçiniz (16.....24) : 18

Birinci dişlinin diş sayısı : 18

İkinci dişlinin diş sayısı : 59

Üçüncü dişlinin diş sayısı : 18

Dördüncü dişlinin diş sayısı : 62

Hesaplanan birinci kademe çevrim oranı : 3.27778

Hesaplanan ikinci kademelerin çevrim oranı : 3.44444

Buna göre hesaplanan toplam çevrim oranı : 11.2901

Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

Seçilen diş sayılarına göre hesaplanan yeni çevrim oranı uygundur.

Yapılan hata % 0.858436 dır.

Birinci milin devir sayısı (d/d) : 750.0

İkinci milin devir sayısı (d/d) : 228.814

Üçüncü milin devir sayısı (d/d) : 66.4297

4.4.2. Modülün hesaplanması

Aşağıda iki kademeli dişli kutusunun birinci ve ikinci kademesine ait modülün hesaplanabilmesi ve hesaplanan bu değere göre standart modül tablosundan seçilebilmesi için sorulan sorular, bu sorulara örnek uygulama için verilen cevaplar ve bu hesaplamalarla ilgili olarak ekranda çıkan mesajlar sırasıyla verilmiştir. Altı çizilmiş olan değerler örnek uygulamaya ait kullanıcının seçtiği değerlerdir.

Rulman çiftinin verimini giriniz (0.99) : 0.99

Dişli çarkın verimini giriniz (0.96-0.99) : 0.98

Motor alışma faktörü tablosu

Motor alışma faktörü değerini giriniz (1.00-2.25) : 1

Elektrik motoru için iş makinası çalışma faktörü tablosu

İş makinası çalışma faktörü değerini giriniz < 1.00-2.25> : 1.25

Giriş gücünü giriniz (kw) : 6.5

Birinci mildeki çalışma momenti (daNmm) : 10241.62

İkinci mildeki çalışma momenti (daNmm) : 32569.4

Üçüncü mildeki çalışma momenti (daNmm) : 108840.0

Birinci dişli çifti için eğim açısını giriniz (8-20 derece) : 10

İkinci dişli çifti için eğim açısını giriniz (8-20 derece) : 10

Genişlik faktörü tablosu

Birinci dişli çifti için genişlik faktörünü giriniz : 1

İkinci dişli çifti için genişlik faktörünü giriniz : 1

Hız faktörü tablosu

Birinci dişlinin kalitesini giriniz : 7

Üçüncü dişlinin kalitesini giriniz : 7

Birinci dişli için tahmini hız faktörünü seçiniz : 1

Üçüncü dişli için tahmini hız faktörünü seçiniz : 1

Birinci dişli için malzeme seçimi

Malzeme tablosu

Tablodaki malzemelerin dışında malzeme seçmek istermisiniz (Evet-Hayır)? : H

Seçtiğiniz malzemenin numarasını giriniz (1-32) : 12

Birinci dişlinin yüzey sertliğini giriniz (HB) : 600

İkinci dişli için malzeme seçimi

Malzeme tablosu

Tablodaki malzemelerin dışında malzeme seçmek istermisiniz (Evet-Hayır)? : H

Seçtiğiniz malzemenin numarasını giriniz (1-32) : 12

İkinci dişlinin yüzey sertliği en az 50 HB kadar birinci dişlinin sertliğinden küçük olmalıdır.

İkinci dişlinin yüzey sertliğini giriniz (HB) : 550

Üçüncü dişli için malzeme seçimi

Malzeme tablosu

Tablodaki malzemelerin dışında malzeme seçmek istermisiniz (Evet-Hayır)? : H

Seçtiğiniz malzemenin numarasını giriniz (1-32) : 12

Üçüncü dişlinin yüzey sertliğini giriniz (HB) : 600

Dördüncü dişli için malzeme seçimi

Malzeme tablosu

Tablodaki malzemelerin dışında malzeme seçmek istermisiniz (Evet-Hayır)? : H

Seçtiğiniz malzemenin numarasını giriniz (1-32) : 12

Dördüncü dişlinin yüzey sertliği en az 50 HB kadar üçüncü dişlinin sertliğinden küçük olmalıdır.

Dördüncü dişlinin yüzey sertliğini giriniz (HB) : 550

Sürekli aynı yönde dönme (Genel değişken zorlanma hali) için G

Sık sık yön değiştirme (Tam değişken zorlanma hali) için T

Zorlanma halini tanımlayan harfi giriniz (G-T) : G

Yorulma mukavemeti için emniyet katsayısını giriniz : 1.5

Birinci dişlinin çevre hızı (m/s) : 1.43553

Birinci dişlinin yüzey sertliği (HB) : 600

Birinci dişlinin kalitesi : 7

Birinci dişli için tahmini seçilmiş hız faktörü : 1

Üçüncü dişlinin çevre hızı (m/s) : 0.602191

Üçüncü dişlinin yüzey sertliği (HB) : 600

Üçüncü dişlinin kalitesi : 7

Üçüncü dişli için tahmini seçilmiş hız faktörü : 1

Hız faktörü tablosu

Birinci dişli için gerçek hız faktörünü giriniz : 1

Üçüncü dişli için gerçek hız faktörünü giriniz : 1

Mukavemet hesaplamaları sonucunda bulunan moduller

Birinci kademenin modülü (mm) : 2.00

İkinci kademenin modülü (mm) : 2.75

Hesaplanan bu değerler nihai değerler olmayıp, yüzey basıncına göre kontrol yapıldıktan sonra elde edilen modüller ilgili kademenin modülü olacaktır. Yukarıdaki değerler sadece bilgi vermek maksadıyla görüntülenmiştir.

Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

Yüzey basıncına göre kontrol hesaplamaları

Yüzey basıncı emniyet katsayısını giriniz (1.25-1.5) : 1.3

Birinci kademenin modülü (mm) : 2.00

İkinci kademenin modülü (mm) : 3.00

4.4.3. Dişlilerin temel boyutlarının ekranda görüntülenmesi

Programın çalışması sırasında modül hesaplandıktan sonra dişlilerin temel boyutlarının hesaplanmasına geçilmektedir. Bu hesaplamalar sırasında kullanıcıya herhangi bir soru sorulmamakta o ana kadar programa girilen veriler kullanılarak dişli boyutlarının hesaplanması yapılmaktadır. Aşağıda bu hesaplamalar sonucunda elde edilen ve programın çalışması sırasında ekranda görüntülenenen temel dişli boyutları sırasıyla verilmiştir.

Birinci dişlinin boyutları

Diş sayısı : 18

Modül : 2.0

Taksimat dairesi çapı (mm) : 36.5554

Taban dairesi çapı (mm) : 31.5554

Baş dairesi çapı (mm) : 40.5554

Temel dairesi çapı (mm) : 34.2885

Diş yüksekliği (mm) : 4.5

Helis açısı (derece) : 10

Eksenler arası mesafe (mm) : 78.1873

Genişlik (mm) : 37

Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

İkinci dişlinin boyutları

Diş sayısı : 59

Modül : 2.0

Taksimat dairesi çapı (mm) : 119.82

Taban dairesi çapı (mm) : 114.82

Baş dairesi çapı (mm) : 123.82

Temel dairesi çapı (mm) : 112.39

Diş yüksekliği (mm) : 4.5

Helis açısı (derece) : 10

Eksenler arası mesafe (mm) : 78.1878

Genişlik (mm) : 32

Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

Üçüncü dişlinin boyutları

Diş sayısı : 18

Modül : 3.0

Taksimat dairesi çapı (mm) : 50.2636

Taban dairesi çapı (mm) : 42.7636

Baş dairesi çapı (mm) : 56.2636

Diş yüksekliği (mm) : 6.75

Helis açısı (derece) : 10

Eksenler arası mesafe (mm) : 111.697

Genişlik (mm) : 50

Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

Dördüncü dişlinin boyutları

Diş sayısı : 62

Modül : 3.0

Taksimat dairesi çapı (mm) : 173.13

Taban dairesi çapı (mm) : 165.63

Baş dairesi çapı (mm) : 179.13

Temel dairesi çapı (mm) : 162.394

Diş yüksekliği (mm) : 6.75

Helis açısı (derece) : 10

Eksenler arası mesafe (mm) : 111.697

Genişlik (mm) : 45

4.4.4. Mil hesabı

Aşağıda iki kademeli helisel dişli kutusunun birinci, ikinci ve üçüncü mil çaplarının hesaplanması ve hesaplanan mil çaplarının kontrol kriterlerine göre kontrol edilebilmesi için kullanıcıya sorulan sorular, bu sorulara örnek uygulama için verilen cevaplar ve bu hesaplamalarla ilgili olarak ekranda çıkan mesajlar sırasıyla verilmiştir. Altı çizilmiş olan değerler örnek uygulamaya ait kullanıcının seçtiği değerlerdir.

Eksenel kuvvetin yönünün tayin edilmesi

Döndüren dişli sağ helisli ve sağdan bakılınca saat ibreleri yönünde dönüyorsa : 1

Döndüren dişli sol helisli ve sağdan bakılınca saat ibrelerine aksi yönde dönüyorsa : 1

Döndüren dişli sol helisli ve sağdan bakılınca saat ibreleri yönünde dönüyorsa : 2

Döndüren dişli sağ helisli ve sağdan bakılınca saat ibrelerine aksi yönde dönüyorsa: 2

Eksenel kuvvetin yönünün tayini için ilgili numarayı giriniz (1-2) : 2

Birinci mil malzemesi seçimi

Malzeme tablosu

Tablodaki malzemelerin dışında malzeme seçmek istermisiniz (Evet-Hayır) ? : H

Seçtiğiniz malzemenin numarasını giriniz (1-6) : 3

İkinci mil malzemesi seçimi

Malzeme tablosu

Tablodaki malzemelerin dışında malzeme seçmek istermisiniz (Evet-Hayır) ? : H

Seçtiğiniz malzemenin numarasını giriniz (1-6) : 3

Üçüncü mil malzemesi seçimi

Malzeme tablosu

Tablodaki malzemelerin dışında malzeme seçmek istermisiniz (Evet-Hayır) ? : H

Seçtiğiniz malzemenin numarasını giriniz (1-6) : 3

Mukavemet hesaplamalarına göre en çok zorlanan kesitlerdeki mil çapları,

Birinci mil çapı (mm) : 23.0944

İkinci mil çapı (mm) : 31.8045

Üçüncü mil çapı (mm) : 37.4694

Mil çökmesi için tavsiye edilen çökme emniyet değeri mil uzunluğunun 0.0005 katıdır.

Çökme emniyet değerini giriniz : 0.0005

Birinci mil çapı çökme hesabına göre 24.4609 mm olmalıdır.

İkinci mil çapı çökme hesabına göre uygundur.

Üçüncü mil çapı çökme hesabına göre uygundur.

Eğim açısı için tavsiye edilen emniyet değeri 0.001 radyandır.

Eğim açısı emniyet değerini giriniz : 0.001

Birinci mil çapı eğim açısı hesabına göre 24.4895 mm olmalıdır..

İkinci mil çapı eğim açısı hesabına göre 33.1717 mm olmalıdır.

Üçüncü mil çapı eğim açısı hesabına göre uygundur.

Çökme hesaplamaları sonuçlarına göre mil çapları,

Birinci mil çapı (mm) : 24.4895

İkinci mil çapı (mm) : 33.1717

Üçüncü mil çapı (mm) : 37.4694

Tavsiye edilen emniyet burulma açısı değeri 0.25 ile 1 (derece/metre) arasındadır.

Emniyet burulma açısı değerini giriniz : 1

Birinci mil çapı burulma açısı hesabına göre 27.805 mm olmalıdır.

İkinci mil çapı burulma açısı hesabına göre 37.1307 mm olmalıdır.

Üçüncü mil çapı burulma açısı hesabına göre 50.2028 mm olmalıdır.

Birinci milin çalışma hızı (rad/s) : 78.5398

Birinci milin kritik hızı (rad/s) : 24229.9

İkinci milin çalışma hızı (rad/s) : 23.9613

İkinci milin kritik hızı (rad/s) : 12292.5

Üçüncü milin çalışma hızı (rad/s) : 6.95651

Üçüncü milin kritik hızı (rad/s) : 13603.3

Birinci mil çapı eğilme titreşimi hesabına göre uygundur.

İkinci mil çapı eğilme titreşimi hesabına göre uygundur.

Üçüncü mil çapı eğilme titreşimi hesabına göre uygundur.

Birinci milin çalışma hızı (rad/s) : 78.5398

Birinci milin kritik burulma titreşimi (rad/s) : 24783.8

İkinci milin çalışma hızı (rad/s) : 23.9613

İkinci milin kritik burulma titreşimi (rad/s) : 30722.1

Üçüncü milin çalışma hızı (rad/s) : 6.95651

Üçüncü milin kritik burulma titreşimi (rad/s) : 2417.11

Birinci mil çapı burulma titreşimi hesabına göre uygundur.

İkinci mil çapı burulma titreşimi hesabına göre uygundur.

Üçüncü mil çapı burulma titreşimi hesabına göre uygundur.

Mil Çapları

Birinci mil çapı (mm) : 28

İkinci mil çapı (mm) : 38

Üçüncü mil çapı (mm) : 51

Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

Yeterli et kalınlığı olmadığından birinci dişli ile birinci mil yekpare yapılacaktır. Bu nedenle sertleştirme aşamasında aşağıdaki yöntemlerden biri tercih edilmelidir.

**** Birinci banyodan sonra milin yüzeyi tornalanabilir.**

**** Sertleştirmeden sonra mil taşlanarak sertliği giderilebilir.**

Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

Yeterli et kalınlığı olmadığından üçüncü dişli ile birinci mil yekpare yapılacaktır. Bu nedenle sertleştirme aşamasında aşağıdaki yöntemlerden biri tercih edilmelidir.

** Birinci banyodan sonra milin yüzeyi tornalanabilir.

** Sertleştirmeden sonra mil taşlanarak sertliği giderilebilir.

4.4.5. Rulman hesabı

Aşağıda iki kademeli helisel dişli kutusunun millerinin yataklanması için kullanılan rulmanlı yatakların seçilmesi için kullanıcıya sorulan sorular, bu sorulara örnek uygulama için kullanıcının verdiği cevaplar ve bu hesaplamaların yapılmasında yardımcı olmak amacıyla ekranda çıkan mesajlar sırasıyla verilmiştir. Altı çizili olan değerler örnek uygulamaya ait kullanıcının seçtiği değerlerdir.

Rulmanlı yataklardan istediğiniz ömrü saat olarak giriniz : 12000

Yatak tipini seçiniz (Bilyalı<eğik bilyalı> /Makaralı<konik makaralı>) : B

4.4.6. Kama hesabı

Aşağıda iki kademeli helisel dişli kutusunun dişlilerinin mile bağlanması için kullanılan kamaların seçilmesi ve seçilen kamaların mukavemet kontrolünün yapılması için kullanıcıya sorulan sorular, bu sorulara örnek uygulama için kullanıcının verdiği cevaplar ve bu hesaplamalara yardımcı olmak amacıyla ekranda çıkan mesajlar sırasıyla verilmiştir. Altı çizili olan değerler örnek uygulama için kullanıcının girdiği değerlerdir.

Kama malzemesinin seçimi

Malzeme tablosu

Tablodaki malzemelerin dışında malzeme seçmek istermisiniz (Evet-Hayır) : H

Seçtiğiniz malzemenin numarasını giriniz (1-6) : 3

Göbek genişliği yeterli olmadığından ikinci dişli için iki kama kullanılacaktır.

Göbek genişliği yeterli olmadığından dördüncü dişli için iki kama kullanılacaktır.

Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

Kamaların boyutları

Giriş mili

Genişlik (mm) : 6.0

Yükseklik (mm) : 6.0

Uzunluk (mm) : 25.0

Birinci dişli ile mil yekpare yapılacaktır.

İkinci dişli

Genişlik (mm) : 8.0

Yükseklik (mm) : 7.0

Uzunluk (mm) : 45.0

Üçüncü dişli ile mil yekpare yapılacaktır.

Dördüncü dişli

Genişlik (mm) : 16.0

Yükseklik (mm) : 10.0

Uzunluk (mm) : 80.0

Çıkış mili

Genişlik (mm) : 12.0

Yükseklik (mm) : 8.0

Uzunluk (mm) : 90.0

4.4.7. Soğutma kontrol hesabı

Aşağıda iki kademeli helisel dişli kutusunda giriş ile çıkış gücü arasındaki farktan dolayı meydana gelen sıcaklık artışının emniyet değerinin altında kalıp kalmadığını kontrol etmek amacıyla sorulan sorular, bu sorulara örnek uygulama için verilen cevaplar ve bu kontrol hesabının yapılmasında yardımcı olmak amacıyla ekranda çıkan mesajlar sırasıyla verilmiştir. Altı çizili olan değerler örnek uygulamaya ait kullanıcının seçtiği değerlerdir.

Dişli kutusunun çalışacağı ortam sıcaklığını giriniz ($^{\circ}\text{C}$) : 20

Tavsiye edilen emniyetli çalışma sıcaklığı 60...70 $^{\circ}\text{C}$ 'dir.

Emniyetli çalışma sıcaklığını giriniz ($^{\circ}\text{C}$) : 70

Normal çalışma şartları için havanın ortalama hızı 0.7 m/s olarak tavsiye edilir.

Dişli kutusu etrafındaki havanın ortalama hızını giriniz (m/s) : 0.7

Doğal soğutma yetersizdir.

Dişli kutusunun soğutulması için ek tertibata ihtiyaç vardır.

4.4.8. Ağırlık hesabı

Aşağıda iki kademeli helisel dişli kutusunu meydana getiren temel elemanların ağırlıklarının hesaplanabilmesi için kullanıcıya sorulan sorular, bu sorulara örnek uygulama için verilen cevaplar ve bu hesabın yapılmasında yardımcı olmak amacıyla ekranda çıkan mesajlar sırasıyla verilmiştir. Altı çizili olan değerler örnek uygulamaya ait kullanıcının seçtiği değerlerdir. Ağırlık hesaplamalarında dişli kutusunu toplam ağırlığını önemli ölçüde etkilemeyen sızdırmazlık elemanları, contalar ve merkezleme pimleri gibi elemanların ağırlıkları ihmal edilmiştir.

Dişli kutusunun ve dişli kutusunu meydana getiren ana elemanların ağırlıklarını görmek istermisiniz (Evet-Hayır) : E

Dişlilerin toplam ağırlığı 10.5342 kg'dır.

Millerin toplam ağırlığı 16.9998 kg'dır.

Rulmanların toplam ağırlığı 1.404 kg'dır.

Kapakların toplam ağırlığı 2.4667 kg'dır.

Gövdenin toplam ağırlığı 24.587 kg'dır.

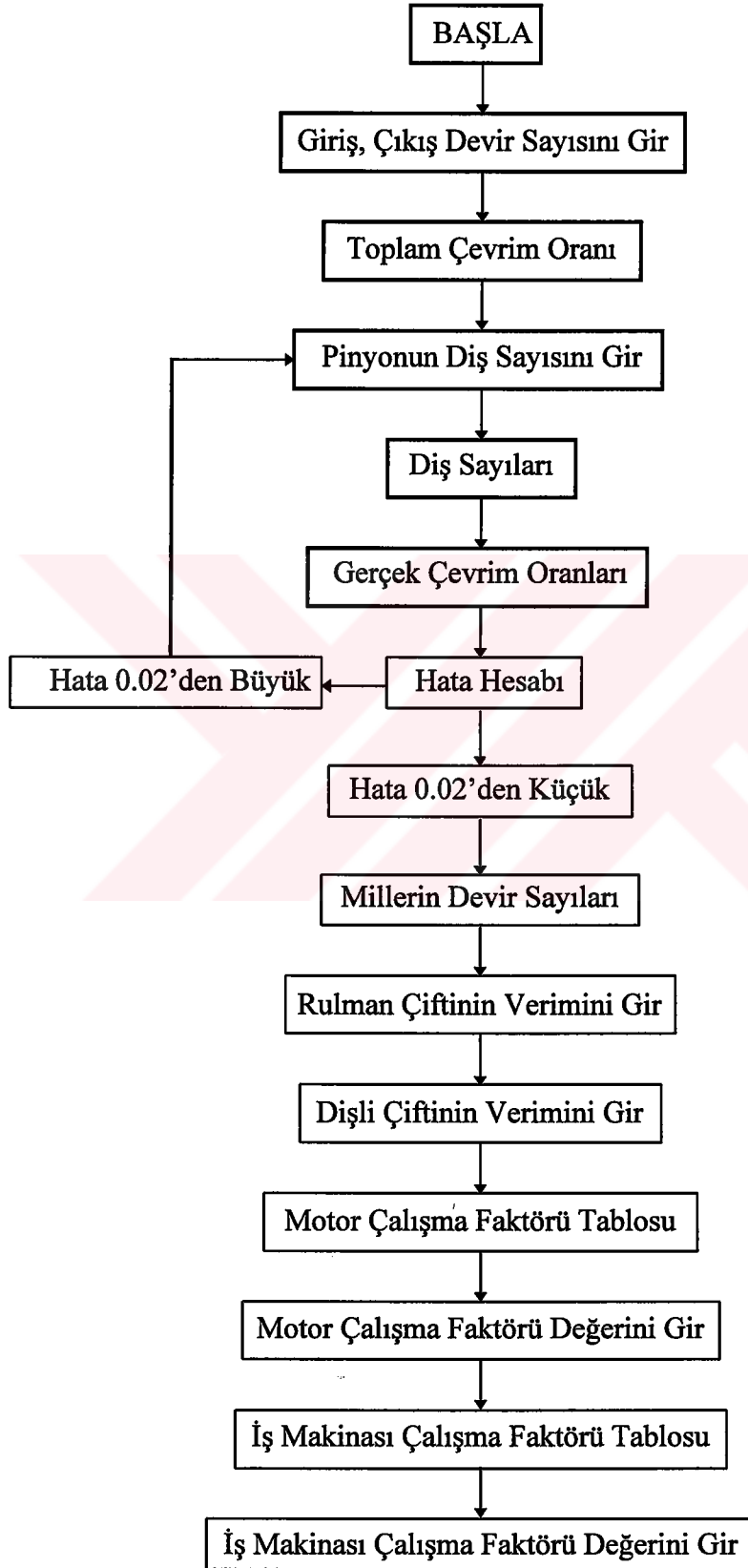
Dişli kutusunun toplam ağırlığı 56.6538 kg'dır.

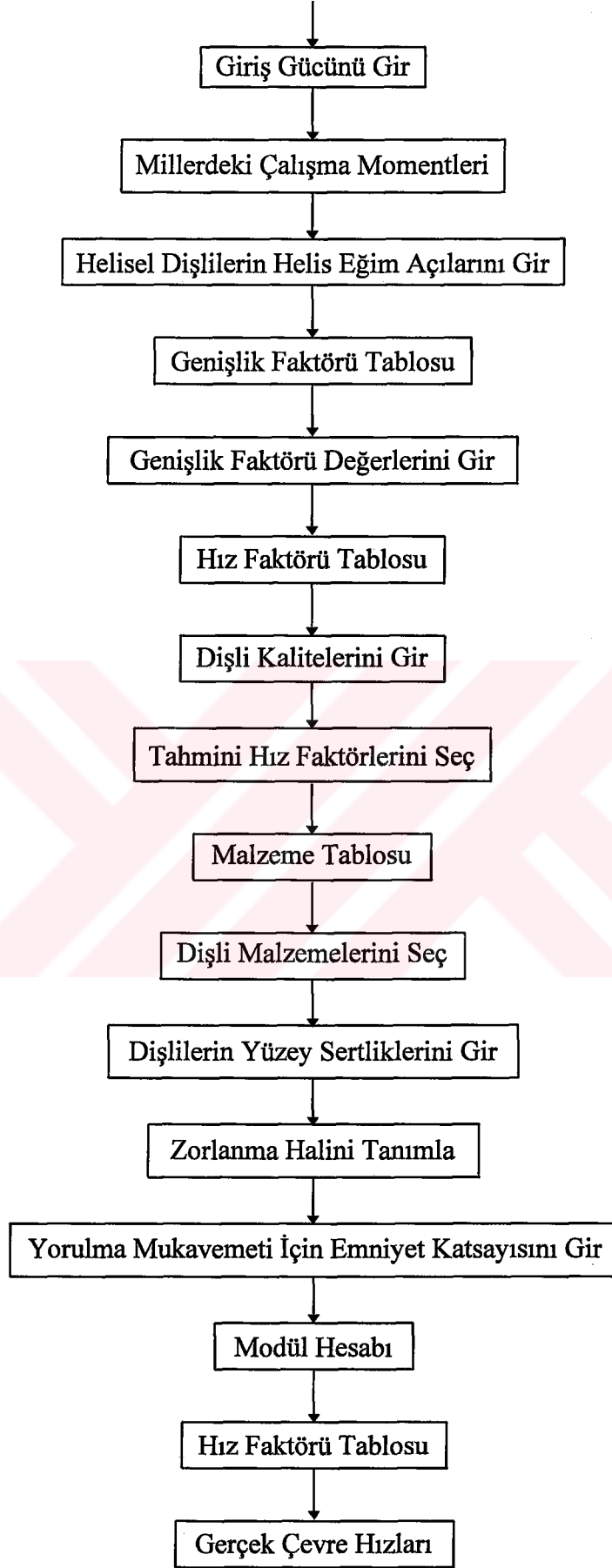
Devam etmek için enter tuşuna basınız ↵

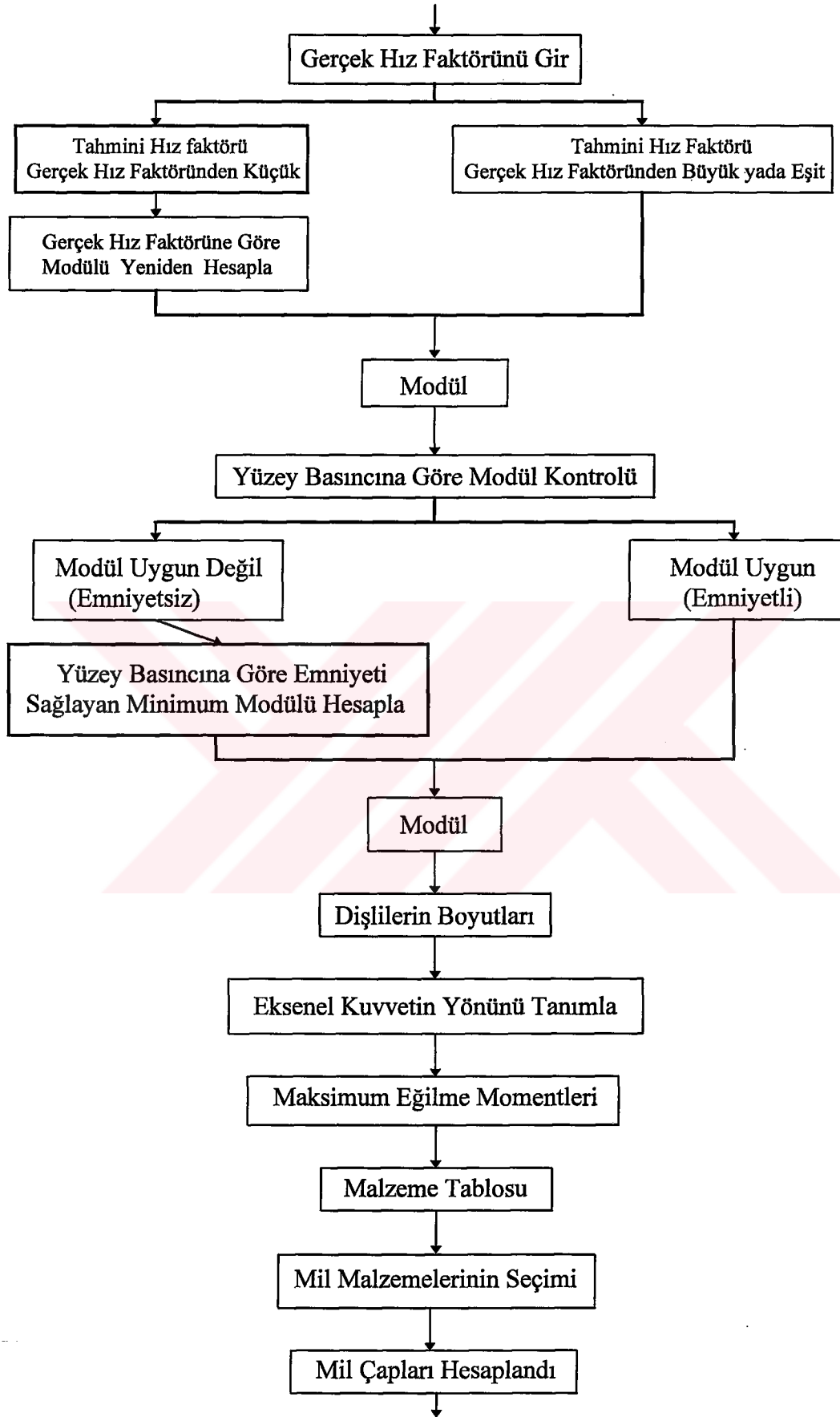
Dişli kutusu boyutlandırma hesabı tamamlanmıştır.

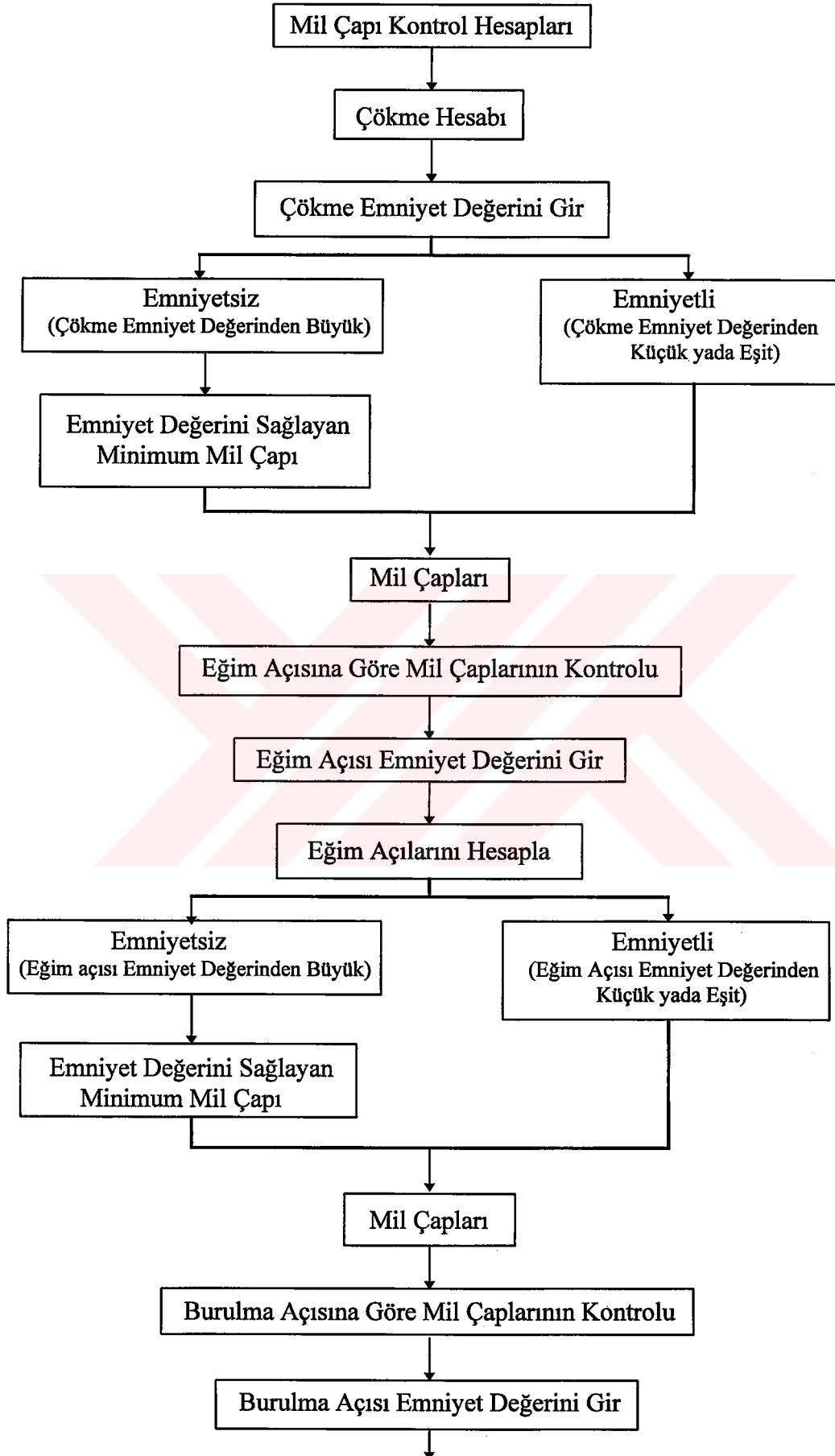
Çizime geçebilirsiniz.

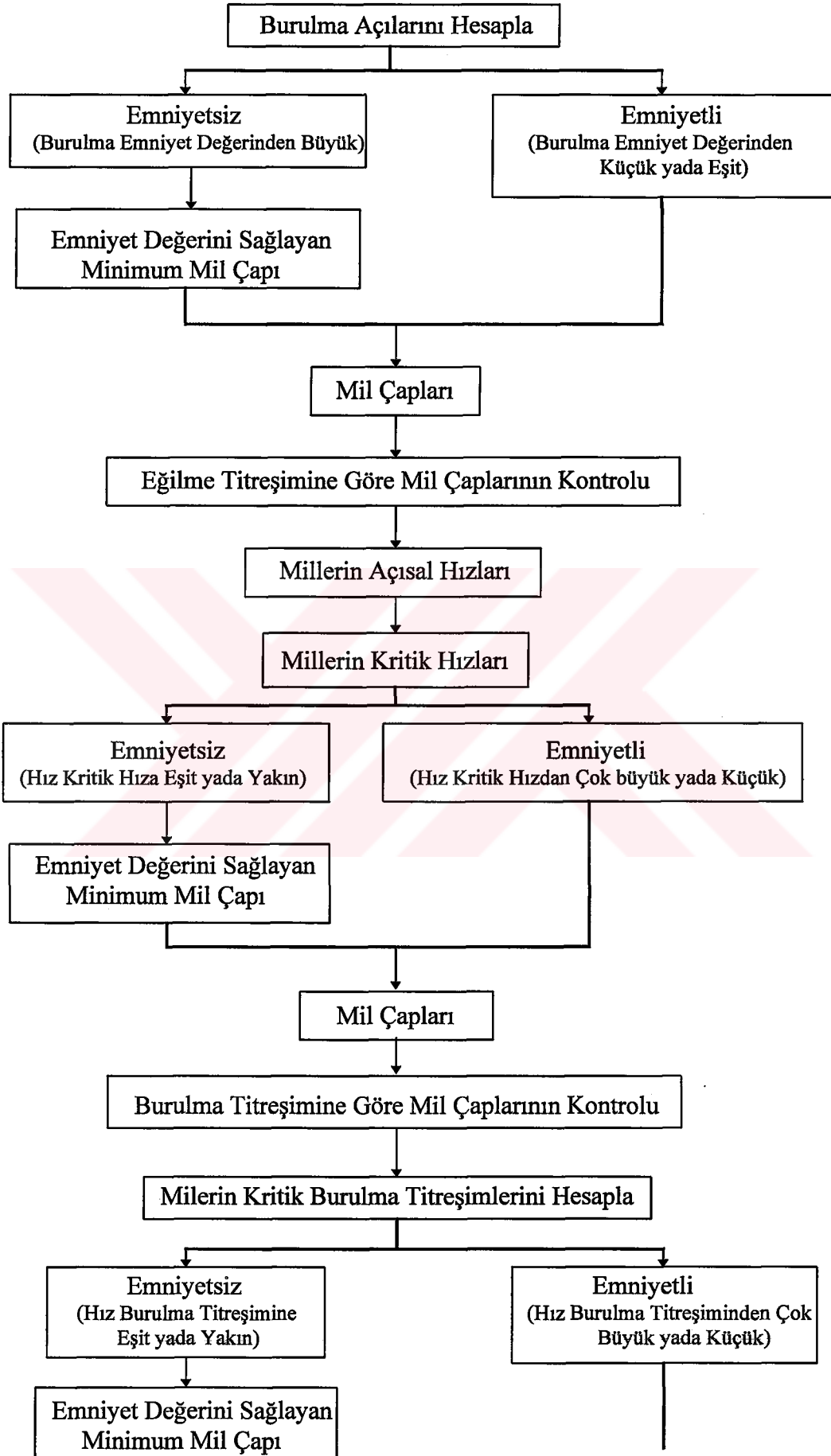
4.4.9. Programın akış şeması

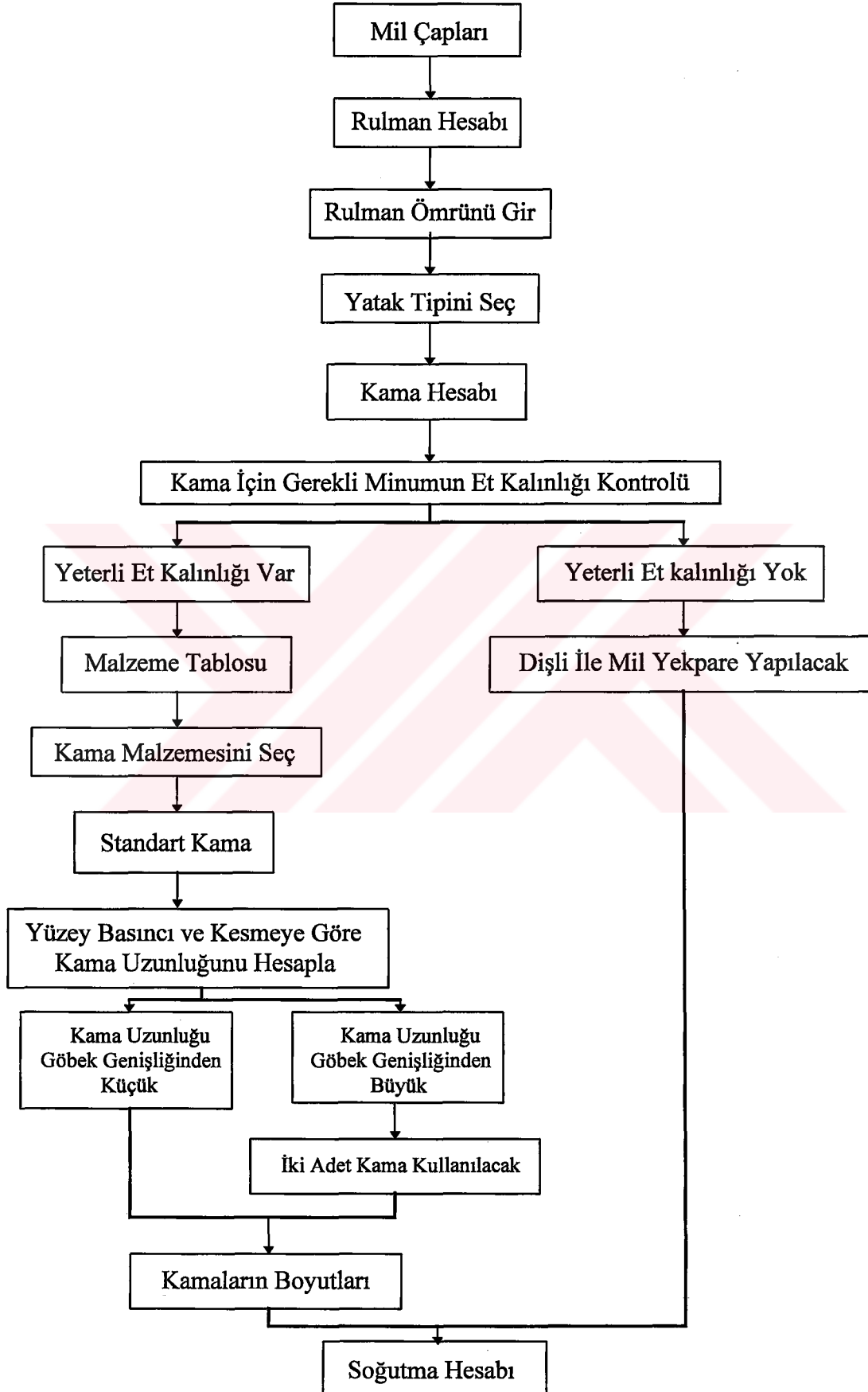


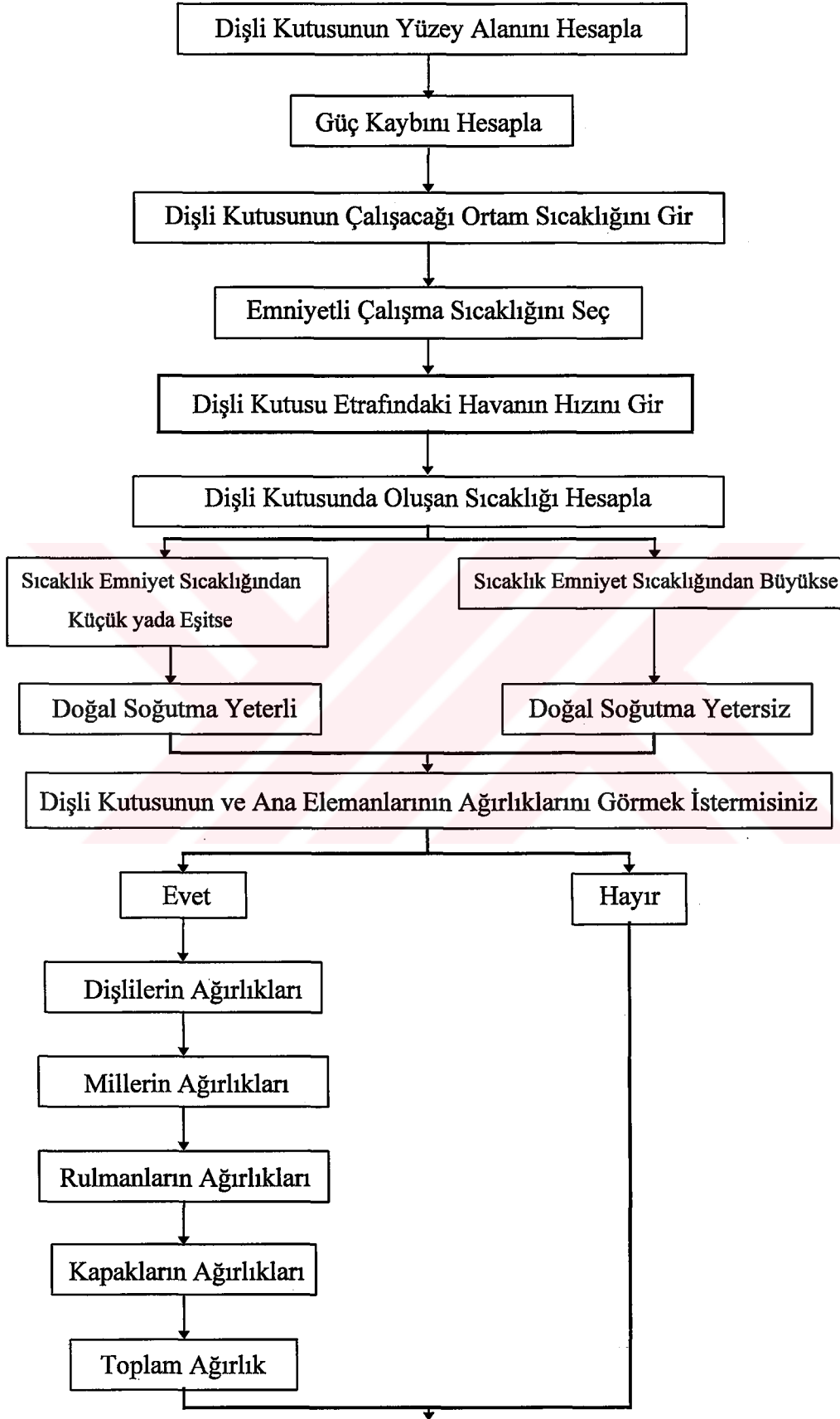












Çizim İçin Gerekli Dataları Çizim Dosyalarına Yaz

Tamam



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada iki kademeli helisel dişli kutusunun bilgisayar destekli boyutlandırılması amacıyla bir program hazırlanmış ve hazırlanan bu programla iki kademeli helisel dişli kutusunun boyutlandırılması ve boyutlandırmadan elde edilen bilgiler kullanılarak imal edilebilmesi için gerekli olan resimleri yine bu programlamayla çizdirilmiştir. Böylelikle Bilgisayar Destekli Konstrüksiyon ve İmalat (CAD-CAM) için gerekli olan grafik modelleme elde edilmiştir. Bu grafik modelleme Bilgisayar Destekli Konstrüksiyon ve İmalat sisteminin Bilgisayar Destekli Konstrüksiyon kısmını oluşturmaktadır.

İki kademeli helisel dişli kutusunu meydana getiren standart olmayan yani piyasadan hazır olarak temin edilemeyen kapaklar, dişli çarklar, gövde ve miller gibi elemanların Bilgisayar Destekli İmalat'ının gerçekleştirilebilmesi için; proses planlamanın yapılması, çalışma sonunda elde edilen grafik modeller üzerinden takım yollarının oluşturulması, bu bilgilerin G koduna dönüştürülmesi ve bu G kodlarının CNC (Computer Numeric Control) tezgahlara aktarılması gerekir. Böylelikle Bilgisayar Destekli Konstrüksiyonu gerçekleştirilen iki kademeli helisel dişli kutusunun Bilgisayar Destekli İmalat'ı da gerçekleştirilerek bir bütünlük sağlanabilir.

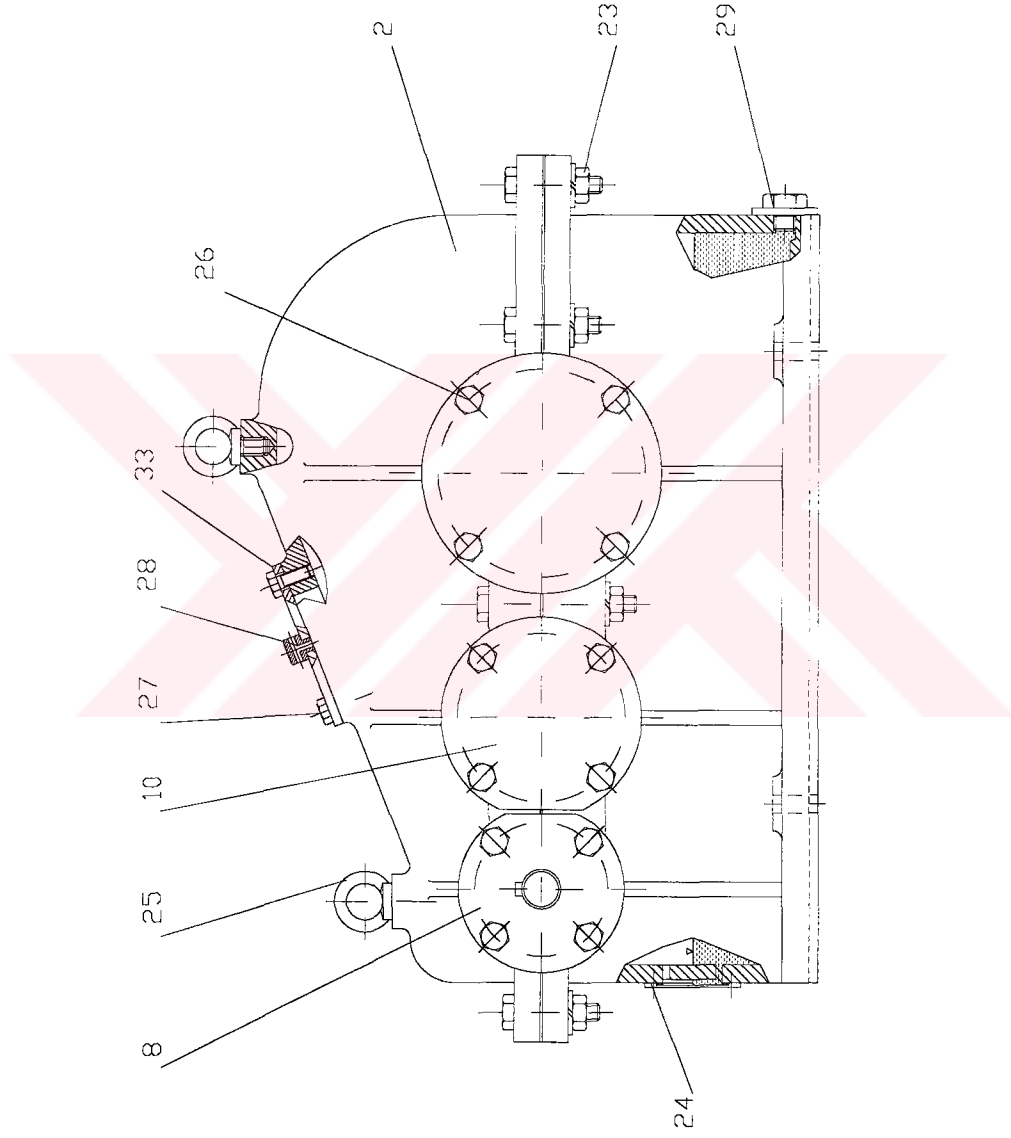
KAYNAKLAR

- [1] **AKKURT, M.**, Makina Elemanları Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul (1990).
- [2] **AKKURT, M.**, Makina Elemanları Cilt II, Birsen Yayınevi, İstanbul (1990).
- [3] **GEDİKTAŞ, M.**, Bağlama Elemanları, İTÜ Matbaası, İstanbul (1988).
- [4] **THOMAS, A., K., CHARCHUT, W.**, Dişli Çarklar, İTÜ Matbaası, İstanbul (1985).
- [5] **ÇIKIŞ, E.**, AutoLisp, Türkmen Kitapevi, İstanbul (1994).
- [6] **AUTODESK**, AutoLisp Programmers Reference, Autodesk Bv, Switzerland (1992).
- [7] **ÇIKIŞ, E.**, AutoCAD R12, Türkmen Kitapevi, İstanbul (1993).
- [8] **KULAKSIZ, Ö.**, Metal Mesleğinde Tablolar, Ajans Türk Matbaacılık, Ankara (1995).
- [9] **ORS-STEYR**, Rulman Kataloğu ve Teknik El Kitabı, Başak Ofset, Ankara (1986).
- [10] **SKF**, Rulman Bakım ve Değiştirme Klavuzu, İstanbul (1984).
- [11] **FAG**, Katalog 41 000 T, Töras Ofset, İstanbul (1972).
- [12] **YILMAZ REDÜKTÖR**, Katalog AYS 08/01.96, Yılmaz Ofset, İstanbul (1996).
- [13] **OKDAY, Ş.**, Makina Elemanları Cilt III, Kazmaz Matbaası, İstanbul (1982).
- [14] **PANKURT**, Redüktör Katoloğu 3-4, Kurtkaya Ofset, İstanbul (1979).
- [15] **ULUKAN, L.**, Dişli Çark Mekanizmaları, İTÜ Matbaası, İstanbul (1984).
- [16] **GEDİKTAŞ, M.**, Teknik Resim, İTÜ Matbaası, İstanbul (1980).

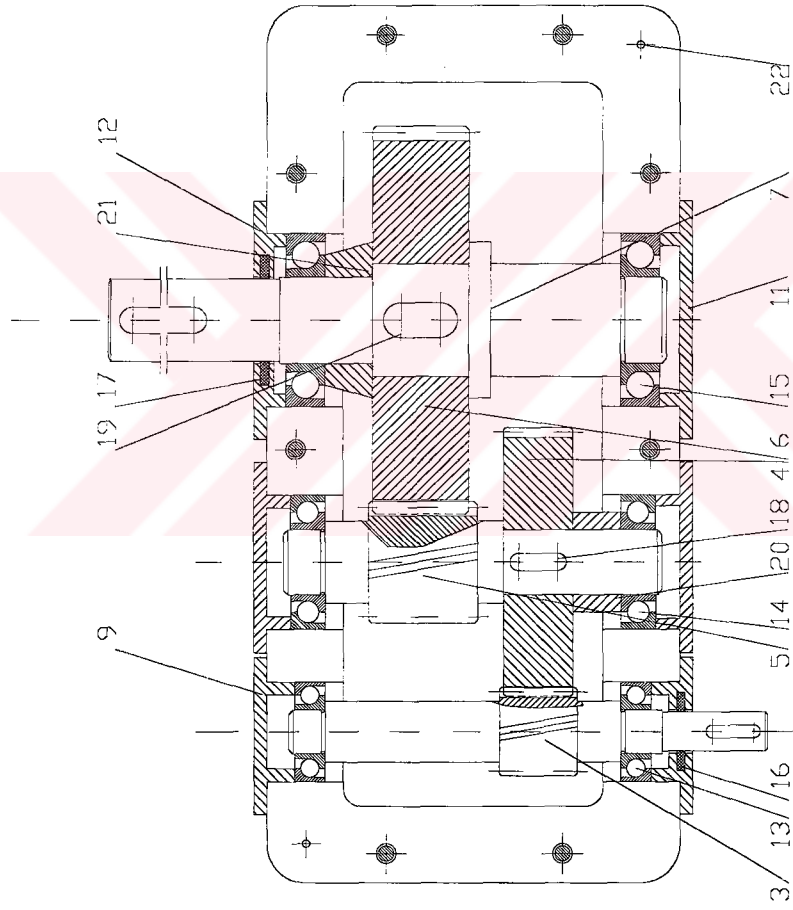
- [17] **DUDLEY, D. W.**, Practical Gear Design, McGraw-Hill Book Company, New York (1954).
- [18] **DUDLEY, D. W.**, Gear Handbook, McGraw-Hill Book Company, New York, (1975).
- [19] **TUPLIN, W. A.**, Gear Design, The Machinery Publishing Company, (1962).



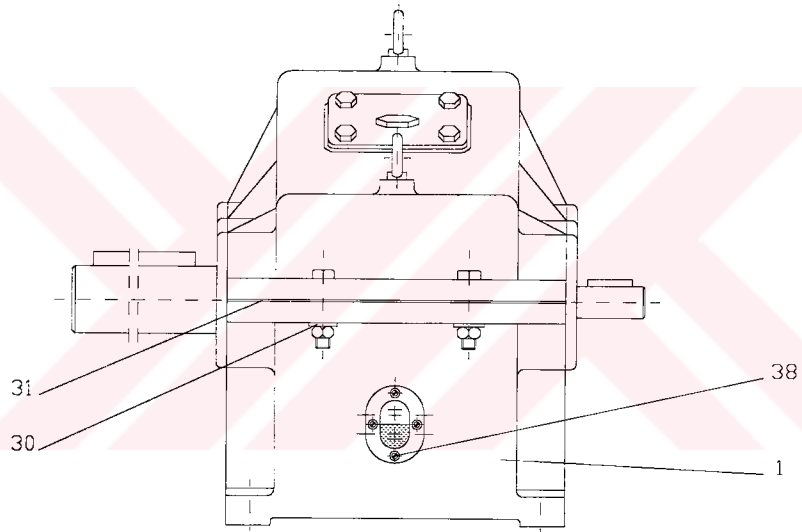
Ek-A MONTAJ RESMİNİN ÖNDEN GÖRÜNÜŞÜ



Ek-B MONTAJ RESMİNİN ÜSTTEN GÖRÜNÜŞÜ



Ek-C MONTAJ RESMİNİN YANDAN GÖRÜNÜŞÜ



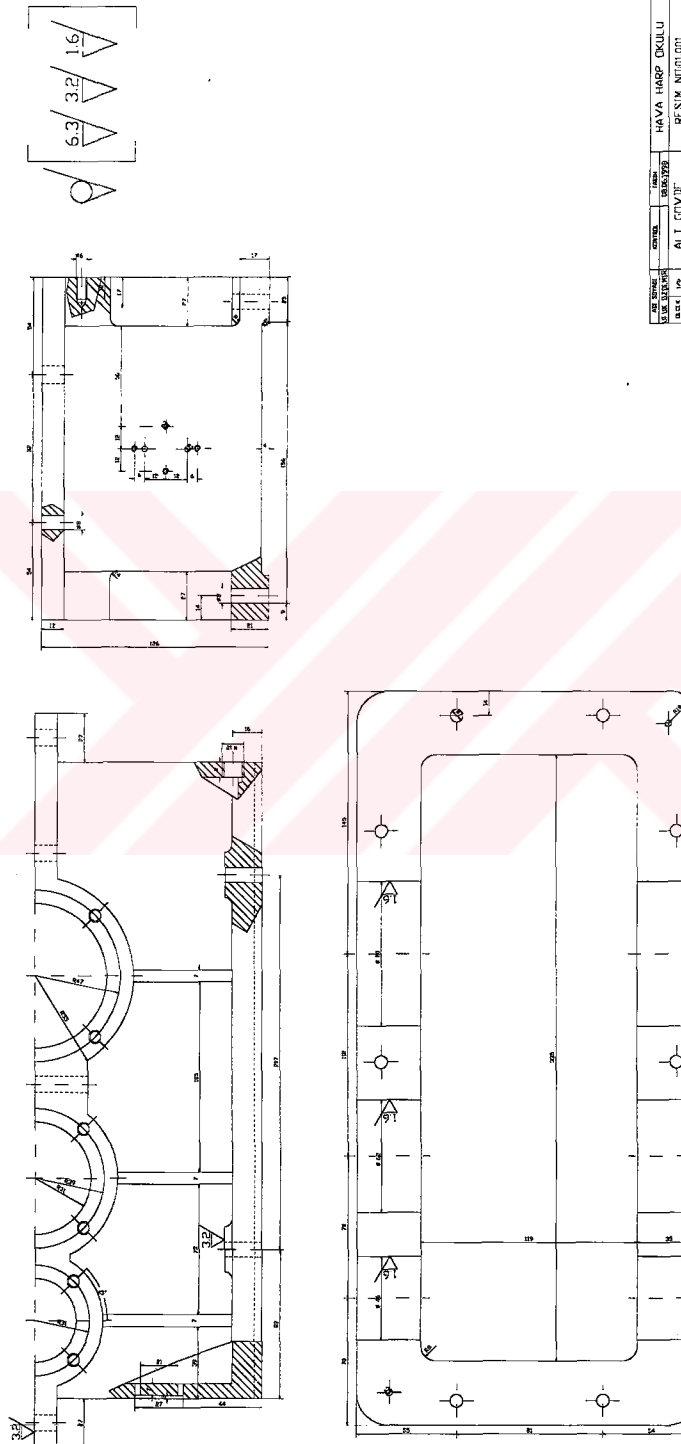
Ek-D MONTAJ RESMİNİN PARÇA BAŞLIĞI

33	Üst kapak	1	GG20	01.016	-
32	Vida	4	-	DIN 964	M6
31	Conta	1	Kauçuk	-	-
30	Yaylı Rondela	8	-	TS 79/14	M10
29	Yağ Boşaltma Tapası	1	-	DIN 910	M10
28	Havalandırma Tapası	1	St50	01.015	-
27	Cıvata	4	-	TS 80/5	M6 6.9
26	Kapak Cıvataları	24	-	TS 80/5	M6 6.9
25	Taşıma Halkası	2	St50	DIN 587	-
24	Yağ Seviye Göstergesi	1	-	-	-
23	Cıvata ve Somun	8	-	TS 80/5	M10 8.8
22	Merkezleme Pimi	2	St50	TS 69/15	-
21	Bilezik	1	St37	01.014	-
20	Bilezik	1	St37	01.013	-
19	Uygu Kaması	1	St50	TS 147	A 16x10x90
18	Uygu Kaması	1	St50	TS 147	A 8x7x45
17	Sızdırmazlık Elemanı	1	Keçe	DIN 558	-
16	Sızdırmazlık Elemanı	1	Keçe	DIN 558	-
15	Rulman	2	-	7208	ORS
14	Rulman	2	-	7204	ORS
13	Rulman	2	-	7206	ORS
12	Çıkış Mili Arka Kapağı	1	GG20	01.012	-
11	Çıkış Mili Ön kapağı	1	GG20	01.011	-
10	Orta Mil Kapakları	2	GG20	01.010	-
9	Giriş Mili Arka Kapağı	1	GG20	01.009	-
8	Giriş Mili Ön Kapağı	1	GG20	01.008	-
7	3.Mil	1	St50	01.007	-
6	4.Dişli Çark	1	16MnCr5	01.006	-
5	3.Dişli Çark ve Mili	1	16MnCr5	01.005	-
4	2.Dişli Çark	1	16MnCr5	01.004	-
3	1.Dişli Çark ve Mili	1	16MnCr5	01.003	-
2	Üst Gövde	1	GG20	01.002	-
1	Alt Gövde	1	GG20	01.001	-
NO	PARÇANIN ADI	ADET	MALZEME	RESİM NO	AÇIKLAMA

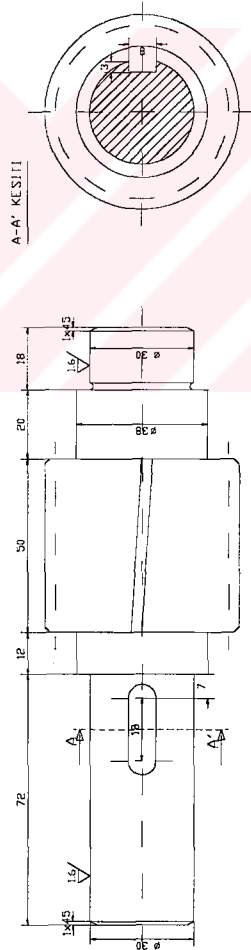
İKİ KADEMELİ HELİSEL DİŞLİ KUTUSU

ÖLÇEK 1/1	ADI SOYADI UFUK ÖZDEMİR	KONTROL	TARİH 08.06.1998	HAVA HARP OKULU 01.000
--------------	----------------------------	---------	---------------------	---------------------------

Ek-E ALT GÖVDENİN İMALAT RESMİ



Ek-F ÜÇÜNCÜ DİŞLİ ÇARK VE MİLİN İMALAT RESMİ



TUM DILCULER +/- 0.1 TOLERANSINDADIR

SILİNDİRİK HELİSEL DİSLİ	Dis. Sayısı	18
	Modul	30
	Takvimat İleresi Capı	50/263
	Dis. Yüksekliği	6,75
	Helis Açısı	10
	Eksenler Arası Mesafe	111/696
	Referans Profil	DIN 267
	Profil Kayma Faktörü	0
	Disler Arası Uzunluk	763/95
	Helis Yonu	Sag
	F5, Disil. Resim No	01/005

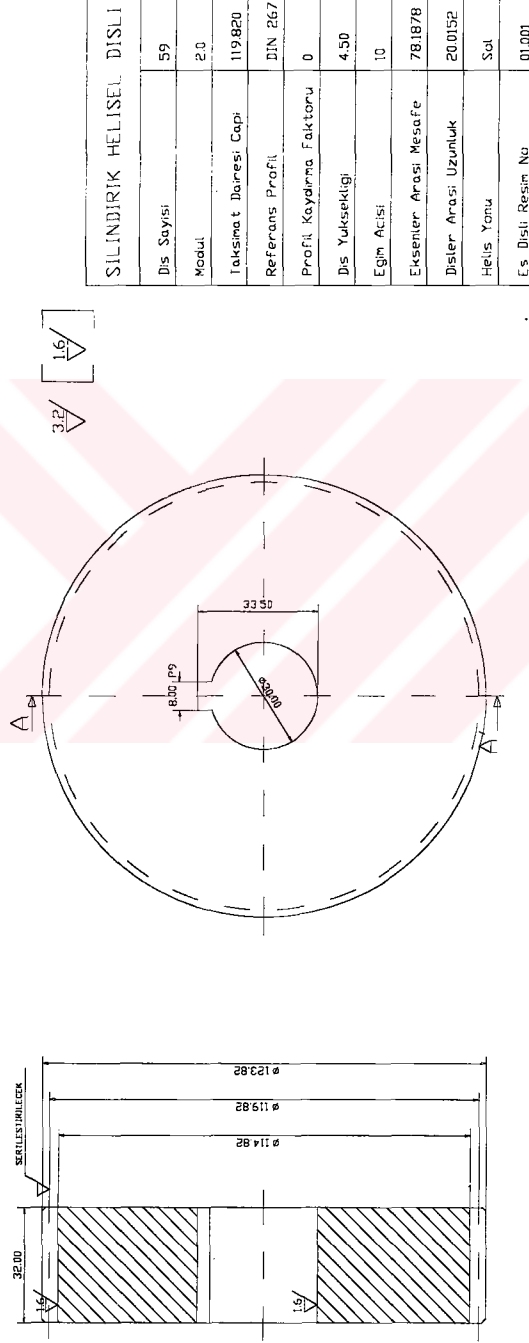
ADI SOYADI:	KONTROL	TARİHİ	HAVA HARP OKULU
UTUK ÜZDEMİR		08.06.1998	
OLÇEK 1/2	3.DİSLİ CARK VE MİLİ		RESİM Nİ:01.005

ADI SOYADI	KONTROL	TARİH
UFUK ÖZDEMİR		08.06.1998
OLCEK	1/2	3.DİSLİ ÇARK VE MİL

ADI SOYADI	
UFUK OZDEMIR	
DOLCEK	1/2

AVA HARP OKUL
RESIM NO:01.005

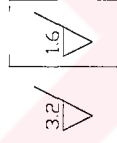
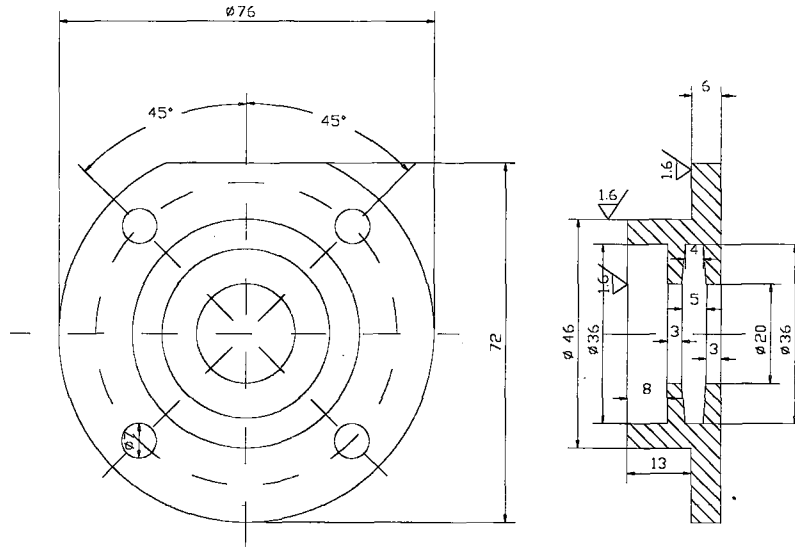
Ek-G İKİNCİ DİŞLİNİN İMALAT RESMİ



TUM ÖLÇÜLER +/- 0.1 TOLERANSINDADIR

ADL SOYADI	KONTROL	TARİH	HAVA HARP OKULU
UFUK ÖZDEMİR		08.06.1998	
ÖLÇEK 1/2.5	2.DİSLİ ÇARK		RESİM NO:01.004

Ek-H GİRİŞ MİLİ ÖN KAPAĞI İMALAT RESMİ



TUM ÖLCÜLER +/- 0.1 TOLERANSINDADIR

ADI SOYADI	KONTROL	TARİH	HAVA HARP OKULU
UFUK DZDEMİR		08.06.1998	
LİCELİK 1/2	GİRİŞ MİLİ ÖN KAPAĞI		RESİM NO:01.008

ÖZGEÇMİŞ

Ufuk ÖZDEMİR, 28 Eylül 1972 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini birinciliklerle tamamladıktan sonra 1989 yılında üniversiteye başladı ve 1993 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 131 Makina Mühendisi arasından beşinci olarak mezun oldu. Mezun olduktan hemen sonra yaklaşık bir sene kadar otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada Kalite Kontrol Müdürü olarak görev yaptıktan sonra 11 Şubat 1994 tarihinde Hava Kuvvetlerine muvazzaf subay olarak katıldı.

Halen Hava Harp Okulu Öğretim Başkanlığı Havacılık Mühendisliği Bölümü'nde öğretim elemanı olarak görev yapmakta olup evli ve bir kız çocuk babasıdır.

