

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HELİSEL DİŞLİ ÇARK MEKANİZMALARINDA TASARIM
PARAMETRELERİNİN PERFORMANSA ETKİLERİ

Fatih S. NOGAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HELİSEL DİŞLİ ÇARK MEKANİZMALARINDA TASARIM
PARAMETRELERİNİN PERFORMANSA ETKİLERİ

Fatih S. NOGAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez/...../201... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Gültekin KARADERE
Danışman

Prof.Dr. Emin GÜLLÜ
Üye

Prof.Dr. Adem DOĞANGÜN
Üye

ÖZET

Bu çalışmada, dişli çarklar içerisinde evolvent profile sahip helisel dişli çarklar, Alman DIN standartları ile boyutlandırılmış ve mukavemet hesapları yapılmıştır. Ayrıca düz dişli çarkların geometrik boyutlarından da bahsedilmiştir.

Çalışmanın amacı, helisel dişli çarkların çeşitli parametreler altında boyutlandırılması, diş dibi ve yan yüzey mukavemetlerinin incelenmesidir. Helisel dişli çarklara ait bu hesaplamalar için Excel programı kullanılarak pratik bir boyutlandırma ve mukavemet kontrolü programı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bilgisayar ortamındaki bu uygulamada veriler ve hesap kısmı olmak üzere iki ana bölüm bulunmaktadır. Giriş gücü, giriş devir sayısı, pinyon dişli diş sayısı, helis açısı, çıkış devir sayısı, malzeme değerleri ve işletme tipi gibi veriler girildiğinde, program uygun modül, diş sayıları ve geometrik boyutları hesaplamakta, diş dibi ve yan yüzey mukavemetlerinin uygunluklarını kontrol etmektedir. Bu programda profil kaydırma miktarı ve sarı renkteki bölümler kullanıcı tarafından ilgili şekil ve çizelgeler kullanılarak girilmektedir. Çeşitli giriş parametreleri değiştirilerek yapılan örnek çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Bu çalışmalar örnek uygulama olarak yapılmıştır.

Dişli çarklarla ilgili birçok farklı çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada basit ve pratik bir hesaplama yöntemi oluşturulmaya çalışılmış ve kullanıcının aktif olarak şekilleri ve çizelgeleri kullanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Helisel dişli çarklar, diş dibi mukavemeti, yan yüzey mukavemeti.

ABSTRACT

In this study power and motion transmitting elements which are forming motion mechanisms mentioned. One of the power and motion transmitting element is evolvent profiled helical gear was calculated resistance and dimensioned according to German DIN standards. Besides geometric dimensions of spur gears are mentioned.

The objective of this study is dimensioning helical gears under different parameters and analyzing values of stress of teeth depth and side surface. For these calculations of helical gears, Ms Excel is used by making a practical dimensioning and resistance control program. In this application there are two main sections; data and calculations. When some data like Input power, input cycle per minute, pinion gear teeth number, helical angle, output cycle per minute, material properties and operating type is entered to the application, application is computing, proper module, teeth number and geometric dimensions and checking teeth depth and side surface resistance is appropriate or not. In this application yellow cells and profile offset size are filled out by user according to diagrams and tables. By changing different input parameters different outputs obtained. These studies are made as example applications.

In literature there are many applications about gear wheels. A basic and a practical method designed in this study and using diagrams and tables aimed by user.

Key Words: Helical gears, teeth depth strength, side surface strength.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
SİMGELER DİZİNİ.....	XI
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
3.1. Dişli Çarkların Sınıflandırılması.....	6
3.1.1. Paralel Miller (Silindirik Dişli Çarklar).....	6
3.1.2. Kesişen Miller (Konik Dişli Çarklar).....	6
3.1.3. Aykırı Miller (Vida Mekanizmaları).....	6
3.2. Dişli Çarkların İmal Yöntemleri	
3.2.1. Talaşsız Dişli Çark İmalatı.....	8
3.2.2. Talaş Kaldırarak Dişli Çark İmalatı.....	8
3.3. Temel Kavramlar.....	9
3.3.1. Dişli Ana Kanunu.....	9
3.3.2. Evolvent Dişli Çark Ana Boyutları.....	11
3.4. Helisel Dişli Çarklar.....	17
3.4.1. Helisel Dişli Çarklarda Ana Boyutlar.....	18
3.4.2. Helisel Dişliye Eşdeğer Sanal Düz Dişli.....	21
3.4.3. Diş Dibi Kesilmesi ve Profil Kaydırma İşlemi.....	23
3.4.4. Profil Kaydırma Faktörlerinin Seçimi.....	28
3.4.5. Helisel Dişlilerde Profil Kaydırma.....	31
3.4.6. Helisel Dişlilerde Kuvvetler.....	34
3.5. Helisel Dişlilerde Mukavemet Hesaplarını Etkileyen Faktörler.....	40
3.5.1. Diş Dibi Mukavemeti Kontrolü.....	44
3.5.2. Yan Yüzey Mukavemeti Kontrolü.....	50
3.6. Dişli Çarkların Kaliteleri.....	57

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	60
4.1. Araştırma Sonuçları.....	60
4.2. Sonuç ve Tartışma.....	87
KAYNAKLAR.....	88
EKLER.....	89
TEŞEKKÜR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	94

KISALTMALAR DİZİNİ

DIN - Deutsche Industrie Norm

TSE - Türk Standartları Enstitüsü

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.3.1	Çevrim oranı ve malzeme sertliğine göre minimum diş sayıları.....	14
Çizelge 3.3.2	Minimum Modül Değerleri.....	14
Çizelge 3.3.3	Standart Modül Değerleri	16
Çizelge 3.4.1	Sınır Diş Sayıları.....	23
Çizelge 3.5.1	Dinamik Faktör K_V Hesabında $K_{V\alpha}$ ve $K_{V\beta}$ Değerleri.....	41
Çizelge 3.5.2	K_A İşletme Faktörü.....	42
Çizelge 3.5.3	K_β Genişlik Temel Faktörü.....	43
Çizelge 3.5.4	Yük Düzeltme Faktörü f_w	43
Çizelge 3.5.5	Malzeme Faktörü f_p	43
Çizelge 3.5.6	$K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$ Alın Yük Dağılım Faktörleri.....	44
Çizelge 3.5.7	Dişli Çark Malzeme Değerleri.....	43
Çizelge 3.5.8	Malzeme Çifti Faktörü Z_W	55
Çizelge 3.5.9	Elastisite Faktörü Z_E	56
Çizelge 3.5.10	Mekanizma Verimleri.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.1	Dişli Çark Mekanizmaları.....	7
Şekil 3.3.1	Yuvarlanma Daireleri.....	10
Şekil 3.3.2	Evolventin Oluşumu.....	11
Şekil 3.3.3	DIN 864 Referans Profili.....	12
Şekil 3.3.4	Dişli Çark Boyutları.....	13
Şekil 3.4.1	Helisel Dişli ve Düz Dişliden Helisel Dişlinin Elde Edilişi.....	18
Şekil 3.4.2	Helisel Dişlilerde Normal ve Alın Kesit.....	20
Şekil 3.4.3	Helisel Dişli ve Taksimat Silindirin Açınımı.....	21
Şekil 3.4.4	Helisel Dişli Yuvarlanma Silindiri Normal Kesiti.....	22
Şekil 3.4.5	Diş Dibi Kesilmesi, $z=7$	23
Şekil 3.4.6	Dişli Çark Diş Sayısı Değişiminin Etkileri.....	24
Şekil 3.4.7	$x \cdot m$ kadar pozitif yöne kaydırılmış dişli çark	24
Şekil 3.4.8	Profil Kaydırma Miktarı.....	26
Şekil 3.4.9	Profil Kaydırma İle Değişen Diş Şekli.....	27
Şekil 3.4.10	Profil Kaydırma Faktörlerinin Sınırı	29
Şekil 3.4.11	Profil Kaydırma Faktörlerinin Kontrolü.....	29
Şekil 3.4.12	Profil Kaydırma Faktörlerinin Seçimi.....	30
Şekil 3.4.13	Profil Kaydırılmış Helisel Dişlide Eksenler Arası Mesafe.....	33
Şekil 3.4.14	Dişli Kuvvetleri.....	35
Şekil 3.4.15	Helisel Dişlide Kuvvetler.....	35
Şekil 3.4.16	Helisel Dişlide Kuvvetlerin Görünüşü.....	37
Şekil 3.4.17	Helisel Dişlilerde Eksenel Kuvvetin Yönünün Bulunması.....	38
Şekil 3.5.1	Kalite ve Hıza Göre Dinamik Faktör.....	41
Şekil 3.5.2	Diş Dibinde Gerilme Dağılımı.....	45
Şekil 3.5.3	Diş Form Faktörü Y_F	47
Şekil 3.5.4	Gerilim Düzeltme Faktörü Y_S	48
Şekil 3.5.5	Ömür Faktörü Y_N	49
Şekil 3.5.6	Bölge Faktörü Z_H	54
Şekil 3.5.7	Kavrama Faktörü Z_ϵ	55
Şekil 3.6.1	Dişli Kaliteleri.....	58
Şekil 3.6.2	Dişli Kaliteleri.....	59

Şekil 4.1.1	6. Kalite dişli için profil kaydırma miktarına göre çapların değişimi.....	61
Şekil 4.1.2	6. Kalite dişli için profil kaydırma miktarına göre emniyet katsayılarının değişimi.....	62
Şekil 4.1.3	6. Kalite dişli için profil kaydırma miktarına göre kavrama açısının değişimi	62
Şekil 4.1.4	Dişli kalitelerine bağlı olarak emniyet katsayılarının değişimi	63
Şekil 4.1.5	Emniyet katsayılarının modül ve diş genişliğine bağlı olarak değişimi.....	65
Şekil 4.1.6	Emniyet katsayılarının modül ve diş genişliğine bağlı olarak değişimi.....	66
Şekil 4.1.7	Emniyet katsayılarının malzemeye bağlı olarak değişimi.....	67
Şekil 4.1.8	Emniyet katsayılarının diş sayısına bağlı olarak değişimi.....	69
Şekil 4.1.9	Emniyet katsayılarının helis açısına bağlı olarak değişimi	70
Şekil 4.1.10	Kavrama oranlarının helis açısına bağlı olarak değişimi.....	71

SİMGELER DİZİNİ

P	- Güç
M_d	- Dönme Momenti
w	- Açısal Hız
i	- Çevrim Oranı
n_1, n_g	- Giriş Devir Sayısı
$n_2, n_ç$	- Çıkış Devir Sayısı
w_1, w_g	- Giriş Açısal Hız
$w_2, w_ç$	- Çıkış Açısal Hız
η	- Verim
F	- Kuvvet
v	- İlerleme Hızı
r	- Yarıçap
α	- Kavrama Açısı
d_t	- Taksimat Dairesi Çapı
p	- Taksimat
z	- Diş Sayısı
z_{se}	- Sanal Eşdeğer Diş Sayısı
h_a	- Baş Yüksekliği
d_a	- Diş Başı Dairesi Çapı
h_f	- Taban Yüksekliği
s	- Diş Başı Boşluğu
d_f	- Taban Dairesi Çapı
s_0	- Diş Kalınlığı
e_0	- Diş Aralığı
β	- Helis Açısı
m_n	- Normal Modül
m_t	- Alın Modül
d_b	- Temel Dairesi Çapı

a	- Eksenler Arası Mesafe
x_1, x_2	- Profil Kaydırma Faktörleri
b	- Diş Genişliği
F_t	- Teğetsel Kuvvet
F_e	- Eksenel Kuvvet
F_r	- Radyal Kuvvet
$K_{v\alpha}, K_{v\beta}$	- Dinamik Faktör Değerleri
W_t	- Birim Yık
K_β	- Genişlik Temel Faktörü
f_W	- Yık Düzeltme Faktörü
f_P	- Malzeme Faktörü
$K_{f\alpha}, K_{h\alpha}$	- Alın Yık Dağılım Faktörleri
K_A	- İşletme Faktörü
σ_F	- Diş Dibi Eğilme Gerilmesi
Y_F	- Diş Form Faktörü
Y_S	- Gerilim Düzeltme Faktörü
d_w	- Yuvarlanma Dairesi Çapı
ε	- Profil Kavrama Oranı
Y_β	- Helis Faktörü
Y_ε	- Kavrama Faktörü
S_f	- Emniyet Katsayısı
σ_h	- Yan Yüzey Eğilme Gerilmesi
Z_e	- Elastisite Faktörü
Z_h	- Bölge Faktörü
Z_ε	- Kavrama Faktörü

- Z_{β} - Eğim Açısı Faktörü
 Z_W - Malzeme Çifti Faktörü
 Y_N - Ömür Faktörü

1. GİRİŞ

Dişli çarklar iki bin yıldan daha fazla geçmişe sahip makine elemanlarıdır. Eski çağ ve orta çağda su çekme, saat kuleleri, yük kaldırma, değirmen taşını döndürme gibi işlevlerde kullanılan dişli çarklar son iki yüzyılın teknolojik gelişmeleri ile birlikte hemen her makinede kullanılmaktadır. Dişli çarklar; iki mil arasında şekil bağıyla kuvvet ve hareket ileten elemanlardır. Eş çalışan en az iki dişli çarktan meydana gelen sisteme dişli çark mekanizması denir.

Helisel dişli çark mekanizmalarının tasarımında, başlangıç parametrelerinden hareketle optimum çözüme ulaşabilmek için, parametrelerin sistem performansına etkilerinin hassas bir şekilde belirlenmesi önemlidir. Başlangıç hesaplamaları için, örneğin temel parametrelerden olan modülün belirlenmesinde, literatürde verilen yaklaşık bağıntılar yardımıyla, genelde çok sayıda tekrarlanan işlemlerle istenen sonuçlara ulaşılabilmektedir. Tasarımcıların en uygun çözüme en kısa sürede ulaşabilmesini sağlamak üzere literatürdeki başlangıç bağıntılarına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

MAAG Gear Wheel Company Ltd. (1963) 1908 yılında Max Maag Zürih'te evolvent dişlilerde modifikasyon eklenmesine olanak sağlayan bir sistem geliştirmeyi başardı. Dişli çark imalatını ve kesici aletleri standart hale getirerek patentini aldı.

Litvin ve diğerleri (1985) helisel pinyon ile çalışan bir dişlinin üretim ve montaj hatalarının dişli üzerindeki hassasiyetini araştırmışlardır. Dişli merkezleri arasındaki mesafenin değişimi, düzlem kayması, yataklama hatası gibi kusurları giderebilecek bir model geliştirmeye çalışmışlardır.

Chung (1991) yaptıkları çalışmalarda TCA (The Tooth Contact Analysis) tekniği ile sonlu elemanlar metodunu kullanarak temas ve gerilme analizleri yapmışlardır. Litvin ve Tsay tarafından helisel diş yapısına sahip pinyon ile evolvent dişli modeli için geliştirilen bir matematiksel model kullanılmıştır. TCA ile diş yüzey teması, eksenler arası mesafe ve eksen düzlemleri hesaplanmıştır. Burada elde edilen sonuçları FEM metodu kullanarak 3 boyutlu gerilme analizi yapmışlar.

Tamar (1992) yaptığı çalışmada helisel dişliler için bir dinamik model geliştirilmiştir. Dinamik yükler, dişlilerin burulma titreşimlerine dayanan analitik bir model kullanılarak bulunmuştur. Dişli teorisi kullanılarak temas halindeki iki evolvent helisel dişlinin diş teması analizi yapılmıştır. Pinyon ve dişlinin kendi koordinat sistemlerindeki yüzey denklemlerini bulmak için kesici takım geometrisi kullanılmış sonra bu denklemler diş teması analizi yapmak ve temas noktalarını bulmak için bir koordinat sistemine taşınmıştır. Geliştirilen programla elde edilen veriler FEM'le elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Arıkan ve Uyar (1993) çalışmalarında, yaygın olarak kullanılan standart dişli çarklarla birlikte standart olmayan profil kaydırılmış ya da diş bası inceltilmiş dişli çarkların geometrik bağıntıları sunulmuş ve sonlu elemanlar modeli elde edilmiştir. Sonlu elemanlar analizi ile diş dibi, yan yüzey gerilmeleri ve dinamik yüklerin bulunmasında kullanılacak olan diş rijitlikleri elde edilmiştir. Profil kaydırma ve diş bası daralmasının gerilmeler, kavrama oranı ve dinamik yüklere etkileri incelenmiştir.

Murno (1996) yaptıkları çalışmalarda evolvent profili kusursuz hesaplayabilecek bir disk geliştirmeye çalışmışlardır. Özellikle modern CNC makineleri gibi çok hassas olan makinelerde kullanmayı düşünmüşlerdir.

Kütük (1997) yaptığı çalışmada ince dilim (slice) teorisi kullanarak helis dişlinin tasarım ve optimizasyonu ele alınmıştır. Helis dişliler daha düşük iletim hatası için optimize edilmektedir, çünkü iletim hatası çalışma esnasında yüksek dinamik yüklere, titreşimlere ve gürültüye sebep olmaktadır. Helis dişliler yan yana konmuş ve helis açısı kadar kaydırılmış ince düz dişlilerle modellenmiştir. Böylece geçerliliği kanıtlanmış olan düz dişlilerde iletim hatası teorisi helis dişlilerin tasarım ve optimizasyonu için kullanılmıştır. Dişli optimizasyonunda, temel amacı tasarım yükünde düşük iletim hatası ve dişin kademesiz yüklenmesi olan, basit bir deneme yanılma tekniği kullanılmıştır. Deneme yanılmayı yapmak için bir bilgisayar programı yazılmıştır. Bilgisayar programı tarafından bulunan optimizasyon sonuçlarının, kaynaklardaki deneysel ve teorik sonuçlarla karşılaştırılması, uygulanan tekniğin helis dişli optimizasyonunda başarılı olduğunu göstermiştir.

Karpat (2004) yaptıkları çalışmada, evolvent profilli düz dişli çarkların farklı bir uygulaması olan asimetric profilli çarkların kullanılabilirliğini, sonlu elemanlar analizi yardımıyla araştırmıştır. Yazarlar tarafından geliştirilmiş ve sunulmuş bir diş modelleme metodu model oluşturulmak için kullanılmıştır. Kullanılabilirlik analizlerinde; çarkların diş dibi gerilmesi, kavrama oranı, kütle ve diş kuvvetleri kriterleri üzerinde durulmuş ve sayısal örnekler sunulmuştur. Özel olarak oluşturulan diş modeli kullanılarak sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiş ve asimetric dişlilerin uygulamada alternatif olup olamayacakları konusu değerlendirilmiştir.

Avcıl (2006) yaptığı çalışmada, giriş devir sayısı, giriş gücü, çevrim oranı vb. gibi veriler girildiği zaman hesaplayıcı, uygun dişli çiftine ait modül ve diğer geometrik ölçüleri hesaplayıp kullanıcıya sunmuştur. Hesaplamalar sonucunda hesaplayıcı, bu geometrik değerlere ait uygun katı modeli, popüler bir 3 boyutlu tasarım programı olan Solidworks programı içerisinde oluşturmuştur.

Özek (2007) yaptığı çalışmada, düz dişli çarkların ağırlıklarını azaltmak için dişli çark gövdesi üzerinde farklı geometrilere (kare, dikdörtgen, altıgen, daire, elips vs.) sahip delikler açılmıştır. Tasarlanan bu dişli çark modelleri bir tasarım programı olan Solidworks ortamında çizilmiş ve dişli çarkın katı modelleri elde edilmiştir. Daha sonra bu modellerin gerilme davranışları incelenmiştir. Kademeli ve altı daire delikli dişli çark modelinin ağırlık optimizasyonu yapılmıştır. Bu optimizasyon sonucunda elde edilen dişli çark boyutlarına göre tasarlanan yeni dişli çarkın gerilme analizi yapılmıştır. Bu inceleme sonucunda gerilme değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Dişli çarkın dış genişliği (b) arttırıldığı zaman dişli çark üzerindeki gerilmelerin azaldığı tespit edilmiştir. Dış uzunluğu arttırıldığında elde edilen gerilme analizlerinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Ayçiçek (2008) yaptığı çalışmada, iki kademeli düz dişli hız kutusu elemanlarının mukavemet hesapları ele alınmış ve girdi parametreleri verilen hız kutusunun elemanlarının mukavemet hesabını ve seçimini yapan program hazırlanmıştır. Hazırlanan programın bir bölümde interval aritmetiği yöntemi kullanılarak mukavemet hesapları yapılmıştır.

Yaşa (2008) yaptığı çalışmada, üretimi yapılacak olan düz dişlinin modül ve diş sayısı belirlendikten sonra, bir dişli hesabı yapan program yardımıyla dişliye ait elemanlar hesaplanmıştır, dayanım özelliklerinin iyileştirilmesi için dişlere profil kaydırma uygulanmış ve dişlinin iki boyutlu görüntüsü çizilmiştir. Toz metal dişli üretimi için metal tozları seçimi yapılarak, karışım olarak temin edilmiştir. Hesaplamalardan sonra düz dişliye ait elemanların sıkıştırma kalıbı tasarlanarak imal edilmiştir. Sıkıştırma aşamasında tek etkili pres kullanmanın, sinter dişlinin yoğunluğunu düşürdüğü, düşük basınçta sıkıştırılan dişlilerde yoğunluğun düşük olduğu ve yüzey kopmalarının düşük basınçlarda gerçekleştiği görülmüştür. Üretilen sinter dişlilerin yoğunluk değerleri $6.5-7.3 \text{ gr/cm}^3$ aralığında tespit edilmiştir. Bu yoğunluk değerine ulaşmak için; sıkıştırma derecesi, sıkıştırma yöntemi, sinterleme sıcaklığı ve yöntemi ile soğuma hızının etkili olduğu tespit edilmiştir. Dişli hesabı yapılırken dayanımı arttırmak ve uygun dişli profilini elde etmek için dişlilere profil kaydırma yapılması gerektiği görülmüştür.

Avcı (2009) yaptığı çalışmada, evolvent profile sahip helis açılı dişlinin diş dibinde meydana gelen gerilmeler incelenmiştir. Gear Trax, Solid Edge ve Ansys programları kullanılarak dişli çarkın en kritik bölgesi olan diş dibi, üç boyutlu olarak analiz edilmiş ve bölgede oluşan statik gerilmeler hesaplanmıştır. Dış kuvvet, diş tepe noktasına x eksenine 20° olacak şekilde ve tepe çizgisi boyunca yayılı kuvvet olarak uygulanmıştır. Maksimum gerilmeler kuvvet $20^\circ - 30^\circ$ arasında olduğunda meydana gelmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNYEM

3.1. Dişli Çarkların Sınıflandırılması

Dişli çark mekanizmalarında millerin birbirine göre konumları; paralel, kesişen veya aykırı durumda olabilir. Buna göre de kullanılan dişli çarklar; silindirik dişli çarklar, konik dişli çarklar ve vida mekanizması olarak üç ana sınıfa ayrılırlar. Her sınıfın da diş şekline göre kendi alt gurupları mevcuttur. Şekil 2.1.1 de bazı dişli çark çeşitlerini göstermektedir.

3.1.1. Paralel Miller (Silindirik Dişli Çarklar)

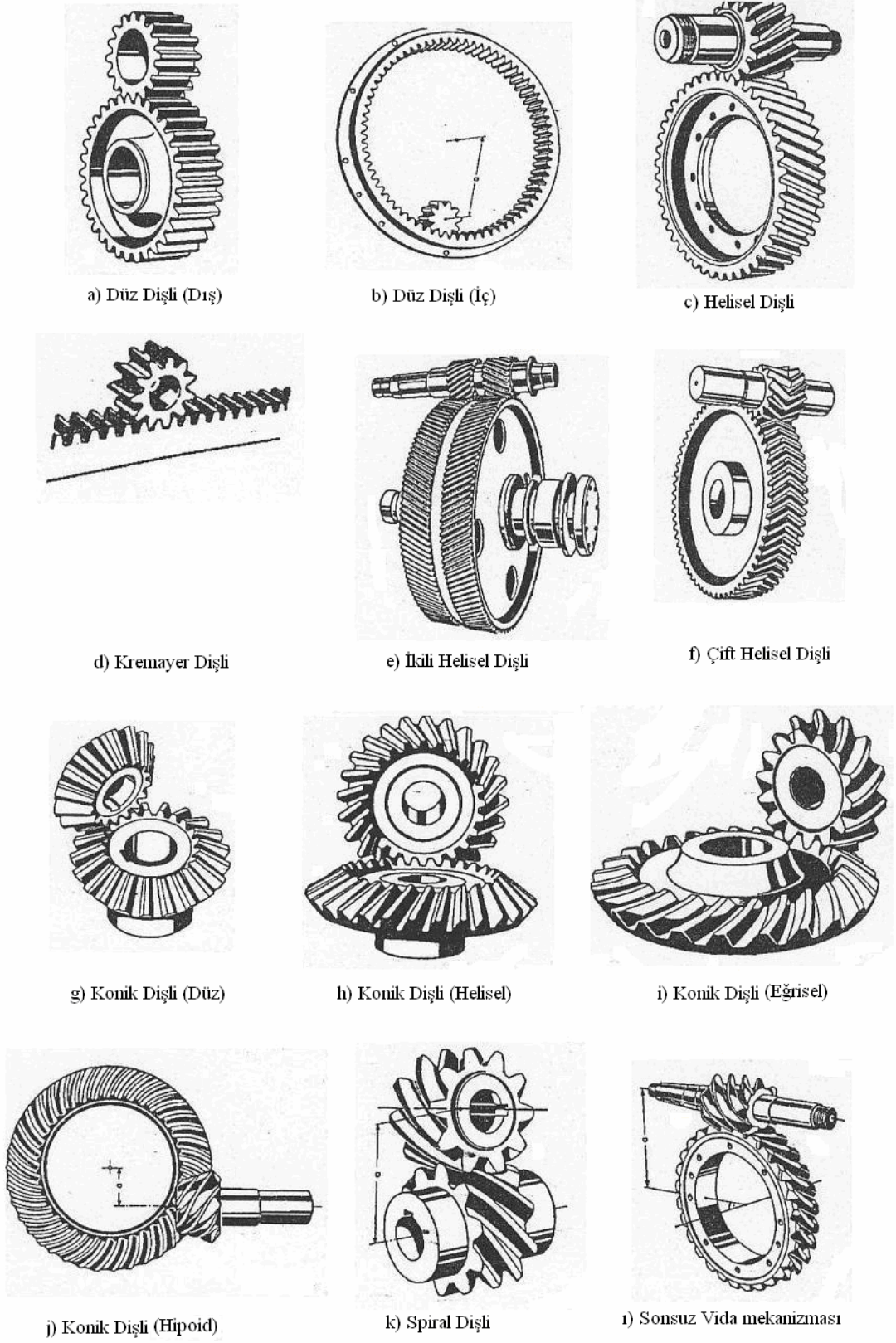
- Düz Dişli
- İç Dişli
- Kremayer Dişli
- Helisel Dişli
- İkili Helisel Dişli
- Çift Helisel (Çavuş) Dişli

3.1.2. Kesişen Miller (Konik Dişli Çarklar)

- Düz Dişli
- Helisel Dişli
- Eğrisel Dişli

3.1.3. Aykırı Miller (Vida Mekanizmaları)

- Spiral Dişli
- Sonsuz Vida Dişli



Şekil 3.1.1 Dişli Çark Mekanizmaları

3.2. Dişli Çarkların İmal Yöntemleri

Dişli çarklar büyüklüğe, malzemeye ve dişlinin kullanılacak yerine göre çeşitli yöntemlerle imal edilebilirler. Dişli çarklar; talaşsız ve talaşlı imalat usulleri ile yapılabilirler.

3.2.1. Talaşsız Dişli Çark İmalatı

Kaba ve büyük dişli çarkların yapımı için döküm yöntemi uygulanabilir. Kokil kalıba basınçla dökülen alüminyum, magnezyum veya plastik malzeme ile dişli çark imal edilebilir. Ayrıca metal tozlar yüksek basınç altında ve ısıda sinterlenerek dişli çark üretilebilir.

3.2.2. Talaş Kaldırarak Dişli Çark İmalatı

Evolvent dişli çarkların imalatında en çok kullanılan form freze ile diş açmada takımın kesici profili, imal edilecek çarkın diş profilinin aynısıdır. Genellikle frezeler disk veya parmak freze şeklindedir.

- Dişli Planya (Fellows Yöntemi)

Bu yöntemde dişli kendi eksenini etrafında dönmekte, takım ise kendi eksenini etrafında dönerek ve aşağı yukarı kesme hareketi ile dişler açılır.

- Kremayer Diş Açma Yöntemi

Burada dişli kendi eksenini etrafında dönmekte ve kremayer takım aşağı yukarı kesme hareketi yaparak dişleri açar.

- Yuvarlanma Yöntemi İle Diş Açma

Bu yöntemde kremayer dişlisi şeklindeki referans takımın orta doğrusu, yuvarlanma doğrusu, imal edilecek dişlinin yuvarlanma dairesi üzerinde yuvarlanarak dişleri oluşturur.

- Azdırma Yöntemi İle Diş Açma

Dişli kendi eksenini etrafında dönme hareketi, takım ise kendi etrafında dönerek aşağı yukarı doğru ilerleme hareketi yapar ve böylece dişler açılır.

3.3. Temel Kavramlar

3.3.1. Dişli Ana Kanunu

Bir dişli çark mekanizmasının bir döndüren ve bir veya birkaç döndürülen elemanı olabilir. Genelde mekanizmanın döndüren olan küçük dişlisine pinyon denir. Dişli çark mekanizmalarında, döndüren ve döndürülen dişlilerin devir sayıları arasındaki orana i çevrim oranı denir.

$$i_{12} = \pm \frac{w_1}{w_2} = \pm \frac{n_1}{n_2} \quad \text{veya} \quad i_{12} = \pm \frac{n_g}{n_\zeta} \quad (3.3.1)$$

n_1 : döndüren dişlinin devir sayısı

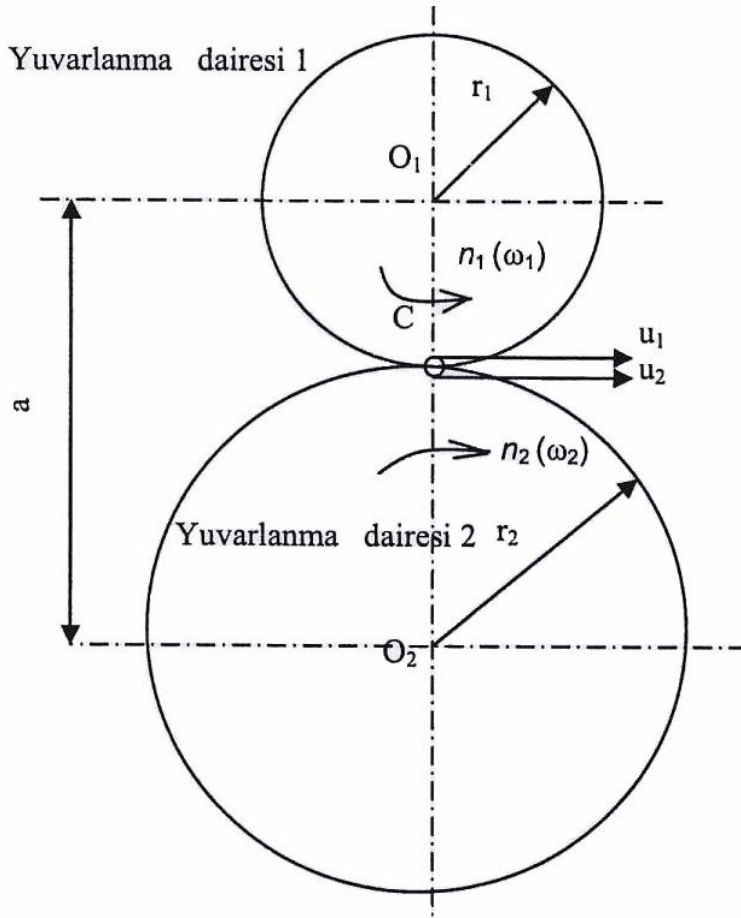
n_2 : döndürülen dişlinin devir sayısı

w_1 : döndüren milin açısal hızı

w_2 : döndürülen milin açısal hızı

Dişli çarklar arasında hareket naklinin düzgün ve sürekli olması için, dönmenin her anında çevrim oranı i ' nin sabit olması gerekir. Aynı zamanda dişli yan yüzey geometrilerinin dönme esnasında sürekli birbirleriyle temas halinde olması gerekir. Bu şartı sağlayan çeşitli geometriler vardır. Bunların en önemlisi ve en çok kullanılanı evolvent eğrisidir.

İki paralel mil arasında hareket ileten silindirik alın dişli çarklarda hareket iletimi, millere iki silindirik disk takılmış ve bu diskler arasındaki sürtünmenin etkisiyle birbirleri üzerinde kaymadan dönüyorlarmış gibi düşünülebilir. Bu diskler yuvarlanma silindiri, kağıt düzleminde gösterilen izdüşümlerine de yuvarlanma dairesi denir. (Şekil 3.3.1)



Şekil 3.3.1 Yuvarlanma Daireleri

Dişli çarklarda hareket çevriminin sürekli olması, dönmenin her anında çevrim oranı i 'nin sabit olması ana istektir. Yuvarlanma silindirlerinin çevresel hızları; $v_1 = r_1 \cdot \omega_1$, $v_2 = r_2 \cdot \omega_2$ dir.

Yuvarlanma silindirlerinin kaymadan birbirleri üzerinde yuvarlanmaları için çevresel hızları v_1 ve v_2 eşit olmalıdır;

$$v_1 = v_2 = r_1 \cdot \omega_1 = r_2 \quad (3.3.2)$$

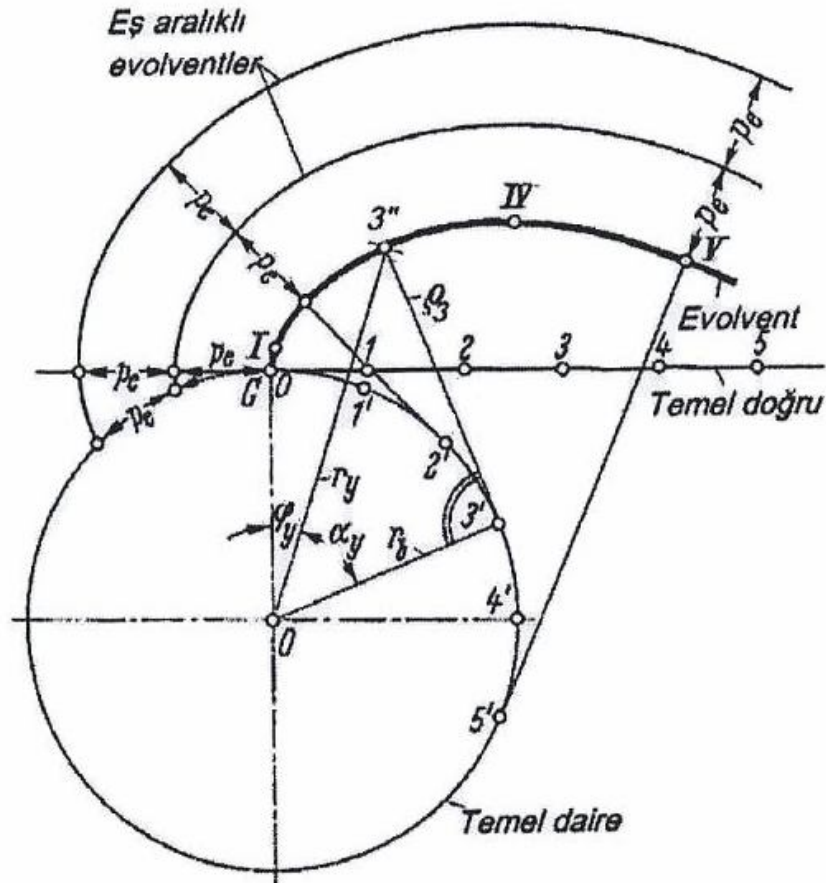
Açısal hızların oranı çevrim oranı idi. Öyleyse;

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad (3.3.3)$$

Dönmenin her anında çevrim oranı i' nin sabit olmasını rastgele seçilmiş herhangi bir diş şekline sahip çarklarla sağlamak mümkün değildir. Bunun gerçekleşmesi için eş çalışan dişlerin tüm eş çalışma süresinde birbirleri ile sürekli temas halinde olmaları gerekmektedir. Hareketli iki cismin birbirlerinden ayrılmaması ve sürekli temas halinde kalabilmeleri için gerekli kinematik şart; temas noktalarındaki normal hızlarının birbirine eşit olmasıdır.

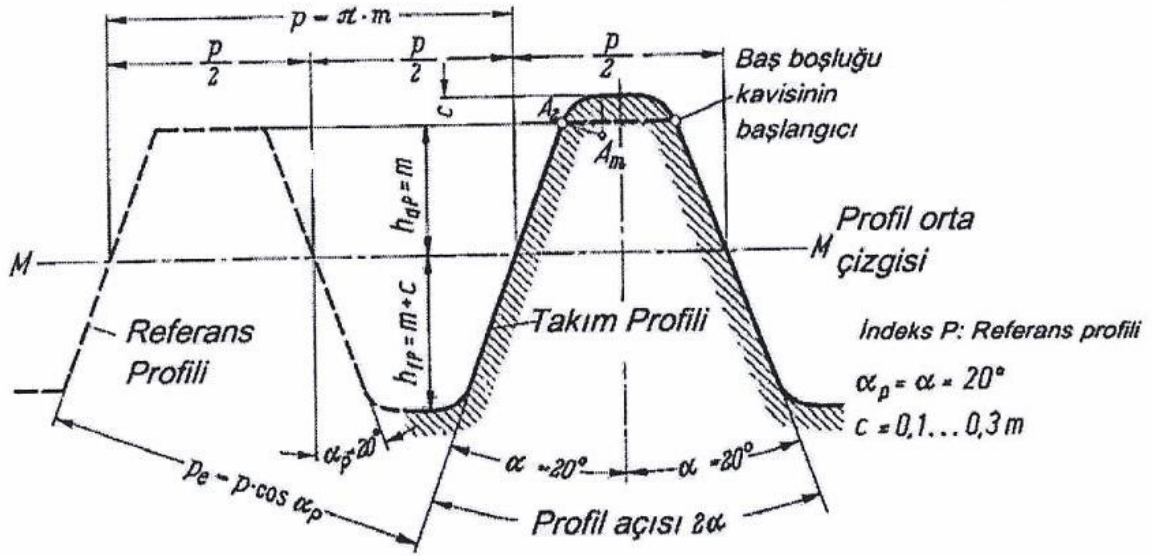
3.3.2. Evolvent Dişli Çark Ana Boyutları

Evolvent dişliler, makinelerde üretim kolaylığı ve ucuzluğu nedeniyle büyük oranda kullanılmaktadır. Sabit yarıçaplı bir daire üzerinde, kaymadan yuvarlanan bir doğrunun herhangi bir noktasının çizdiği eğriye evolvent eğrisi adı verilir. Buradaki daire ve doğruya da temel daire ve temel doğru denir.



Şekil 3.3.2 Evolventin Oluşumu

Evolverent dişlinin şekli ve boyutları DIN 867 ile tespit edilen referans profile verilmiştir. Referans profil yan yüzeyleri birer doğru, yani temel dairesinin çapı sonsuz olan bir dişli şeklindedir ki bu dişli çarka kremayer dişli denir. Referans profilede yan yüzeylerin eğim açısı yani kavrama açısı 20° dir. Kavrama açısı kavrama doğrusu ile profil orta doğrusu arasındaki açıdır. (Şekil 3.3.2)



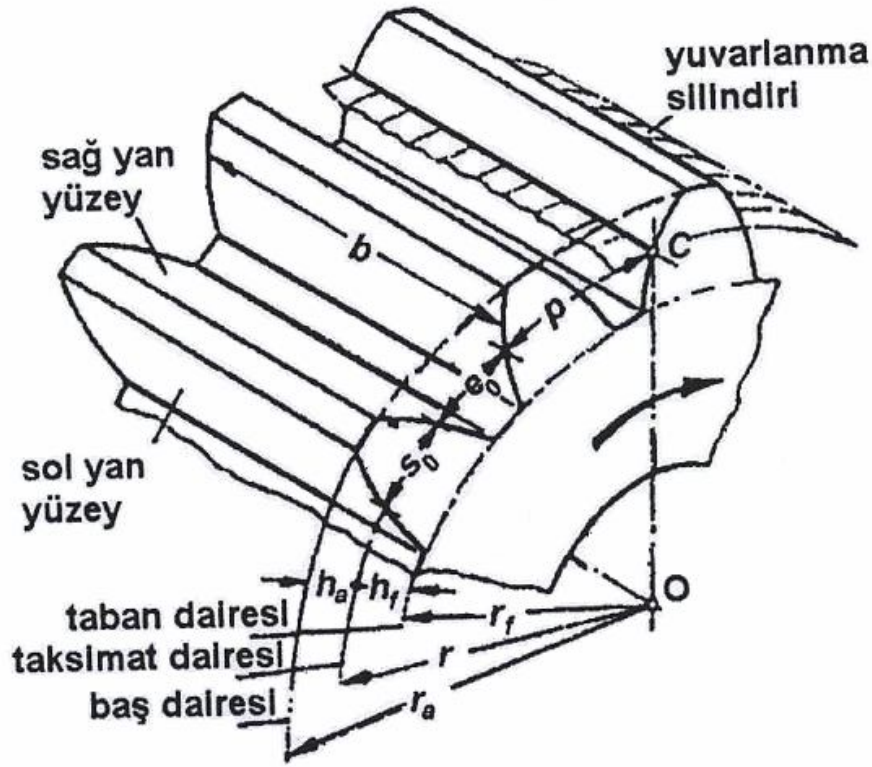
Şekil 3.3.3 DIN 867 Referans Profili

α için farklı değerler olmasına rağmen diğer ülkelerde ve ülkemizde $\alpha = 20^\circ$ kullanılmaktadır. Referans profilede;

Kavrama açısı:	$\alpha = 20^\circ$
Yararlı profil yüksekliği:	$h_p = 2 \cdot m$
Baş yüksekliği:	$h_{ap} = m$
Taban derinliği:	$h_{fp} \cong 1,2 \cdot m$
Baş boşluğu:	$c = 0,1 \dots 0,3 \cdot m$

Profil referans doğrusu MM üzerinde ölçülen diş kalınlığı ve boşluk genişliği birbirine eşittir. Aynı taraftaki iki yan yüzey arası mesafe ise $p_e = p \cdot \cos \alpha$ dır ve kavrama taksimatı olarak adlandırılır.

Dişli yan yüzey geometrisinin dışında dişliyi belirleyen ana boyutlar; taksimat dairesi, taksimat, diş sayısı ve modüldür. Modül keyfi seçilen bir sayı olmayıp standartlaştırılmıştır. (Çizelge 2.1.3) Diğer boyutlar bunlara bağlı olarak belirlenir. (Şekil 3.3.4)



Şekil 3.3.4 Dişli Çark Boyutları

Dişli çarkın belirlenmesi ve üretilebilmesi için kavrama açısı α ve modül m bilinmelidir. Kavrama açısı α özel olarak belirtilmedi ise referans profildeki 20° alınır. Diğer büyüklükler;

Taksimat dairesi; üzerinde dişlerin çevreye paylaştırılmasının tanımlandığı dairedir.

Taksimat; taksimat dairesi üzerinde ölçülen, birbirini izleyen iki sağ veya sol yan yüzey arasındaki yay uzunluğudur, p ile gösterilir.

Modül; taksimat dairesinin çevresi $U = \pi \cdot d$ olduğuna ve diş sayısı z' nin de bir tam sayı olması gerektiğine göre, taksimat, diş sayısı ve taksimat dairesi çevresi arasında;

$$U = \pi \cdot d = p \cdot z, \quad d = \frac{p}{\pi} \cdot z \quad (3.3.4)$$

bağıntısı vardır. p/π oranı m harfiyle gösterilir ve modül olarak adlandırılır;

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z} \quad (3.3.5)$$

Düz ve helisel dişli çark mekanizmalarında diş dibi mukavemeti açısından modül;

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot M_{d1} \cdot \cos^2 \beta \cdot Y_{F1} \cdot K_A}{z_1^2 \cdot \sigma_{Flim}}} \quad (3.3.6)$$

Çizelge 3.3.1 Çevrim oranı ve malzeme sertliğine göre minimum diş sayıları

Malzeme	$i=$	1	2	4	8
Islah edilmiş/Sertleştirilmiş karşı ıslah edilmiş < HB 230		32..60	29..55	25..50	22..45
>HB 300		30..50	27..45	23..40	20..35
Dökme demir		26..45	23..40	21..35	18..30
Nitrürlenmiş		24..40	21..35	19..31	16..26
Sementasyon		21..32	19..29	16..25	14..22

Çizelge 3.3.2 Minimum modül değerleri

Dişli Kalitesi	Yataklama Şekli	Minimum Modül
11-12	Çelik konstrüksiyon, hafif gövde	b/10...b/15
8-9	Çelik konstrüksiyon, tek taraflı yatak	b/15...b/25
6-7	İki taraftan yataklanmış	b/20...b/30
5-6	Çok iyi, rijit yataklanmış	b/40...b/60
	b/d ₁ <1, çok iyi, rijit yataklanmış	b/40...b/60
	Hassas cihazlarda düz dişli	b/10
	Hassas cihazlarda helisel dişli	b/16

Diş başlarından geçen daireye baş dairesi, diş tabanlarından geçen daireye de taban dairesi denir. Dişin taksimat dairesi ile baş dairesi arasındaki boyuna baş yüksekliği, taksimat dairesi ile taban dairesi arasındaki uzunluğa ise taban derinliği denir.

Baş yüksekliği modüle eşittir. Taban derinliği ise (dişli çarkın taban dairesi ile eş çalışacak dişli çarkın baş dairesi arasında bir boşluk olması gerektiğinden) modül kadar değil, yaklaşık $1,2 \cdot m$ kadar alınır. Baş ve taban yüksekliklerinin toplamı diş yüksekliğini verir. Taksimat p ; diş kalınlığı s_0 ve diş aralığı e_0 'a ayrılır.

Taksimat dairesi çapı:	d
Taksimat :	p
Diş sayısı :	$z = \frac{\pi \cdot d_0}{p}$
Modül :	$m = \frac{p}{\pi}$
Baş yüksekliği :	$h_a = m$
Diş başı dairesi çapı :	$d_a = d + 2 \cdot h_a = d + 2 \cdot m$
Taban yüksekliği :	$h_f = m + s_k \approx 1,2 \cdot m$
Diş başı boşluğu :	$s \approx 0,2 \cdot m$
Taban dairesi çapı :	$d_f = d - 2 \cdot h_f \approx d - 2,4 \cdot m$
Diş kalınlığı :	$s_0 = \frac{p}{2}$
Diş aralığı :	$e_0 = \frac{p}{2}$

Çizelge 3.3.3 Standart Modül Değerleri

MODÜL m (mm)					
Dizi 1	Dizi 2	Dizi 1	Dizi 2	Dizi 1	Dizi 2
0,05			0,65		
	0,055	0,7		6	
0,06			0,75		7
	0,07	0,8		8	
0,08			0,85		9
	0,09	0,9		10	
0,1			0,95		11
	0,11	1		12	
0,12			1,125		14
	0,14	1,25		16	
0,16			1,375		18
	0,18	1,5		20	
0,20			1,75		22
	0,22	2		25	
0,25			2,25		28
	0,28	2,5		32	
0,3			2,75		36
	0,35	3		40	
0,4			3,5		45
	0,45	4		50	
0,5			4,5		55
	0,55	5		60	
0,6			5,5		70

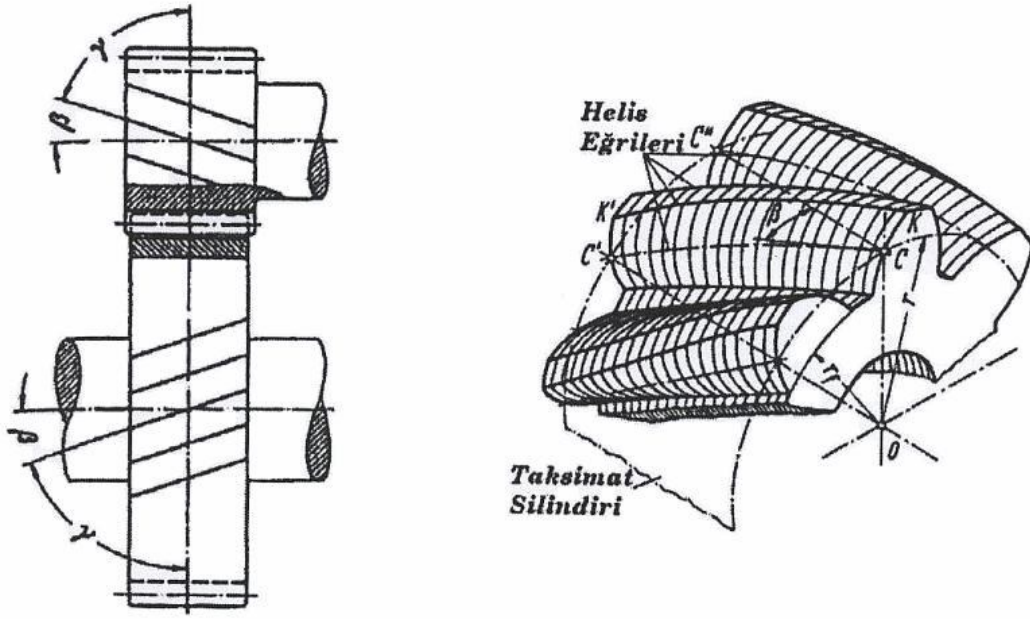
3.4. Helisel Dişli Çarklar

Helisel dişli çarklarda diş alınları çark eksenine paralel olmayıp β açısı altında sağ veya sol yöne eğimlidir. İki helisel dişlinin birbiri ile eş çalışabilmesi için aynı β eğim açısına sahip olmaları fakat eğimlerin farklı yönlerde yani birinde sağ, diğerinde sol yönlerde olmaları gereklidir. (Şekil 3.4.1)

Helisel dişli çok sayıda ince düz dişlinin hafif kaydırılarak birbirlerine yapıştırılması şeklinde elde edilmiş gibi düşünülebilir. Bu kaydırma öyle olmalı ki ince dişlilerin yan yüzeyleri üzerindeki benzer noktaların birleştirildiğinde elde edilen eğriyi bir helis eğrisi olarak düşünürsek, (Şekil 2.1.6) her bir ince dişlinin yuvarlanma noktaları birleştirildiğinde CC' helis eğrisi oluşur. Burada helis açısı β , eksene paralel CC'' doğrusu ile helise C noktasında çizilen teğet arasındaki açıdır. Diş başındaki KK' eğrisi de aynı eğimli helistir. Helis açısı β ile eğim açısı γ arasında $\gamma = 90 - \beta$ bağıntısı vardır. (Şekil 3.4.1)

Helisel dişli çarklardan oluşan mekanizmalar düz dişli çark mekanizmalarına göre daha gürültüsüz çalışırlar. Helisel dişli çarklar tüm diş genişliğinde aniden kavrama yapmadan çalışırlar. Birbirini kavramış diş sayısı da her zaman birden fazla olduğu için kavrama hem taşınabilen kuvvetler hem de kavrama oranı daha büyük, izin verilen minimum diş sayısı da daha küçüktür. Yüksek çevresel hızlarda bu özellikler helisel dişlileri daha değerli hale getirir.

Helis açısı β genelde $10^\circ - 30^\circ$ arasında seçilir. $\beta < 10^\circ$ olursa helis dişlinin avantajlarından fazla yararlanamayız. $\beta > 30^\circ$ olursa da aksenal kuvvet çok büyür. Helisel dişliler incelenirken iki kesit dikkate alınır. Helisel dişli çark eksenine dik düzlemle kesildiğinde elde edilen kesit; Alın Kesit (SS kesiti), helis doğrusuna dik düzlemle kesildiğinde elde edilen kesit; Normal Kesit (NN kesiti). Alın kesitte ölçülen büyüklükler t indisi ile normal kesitte ölçülenler ise n indisi ile gösterilir. (Şekil 3.4.2)



Şekil 3.4.1 Helisel Dişli ve Düz Dişliden Helisel Dişlinin Elde Edilişi

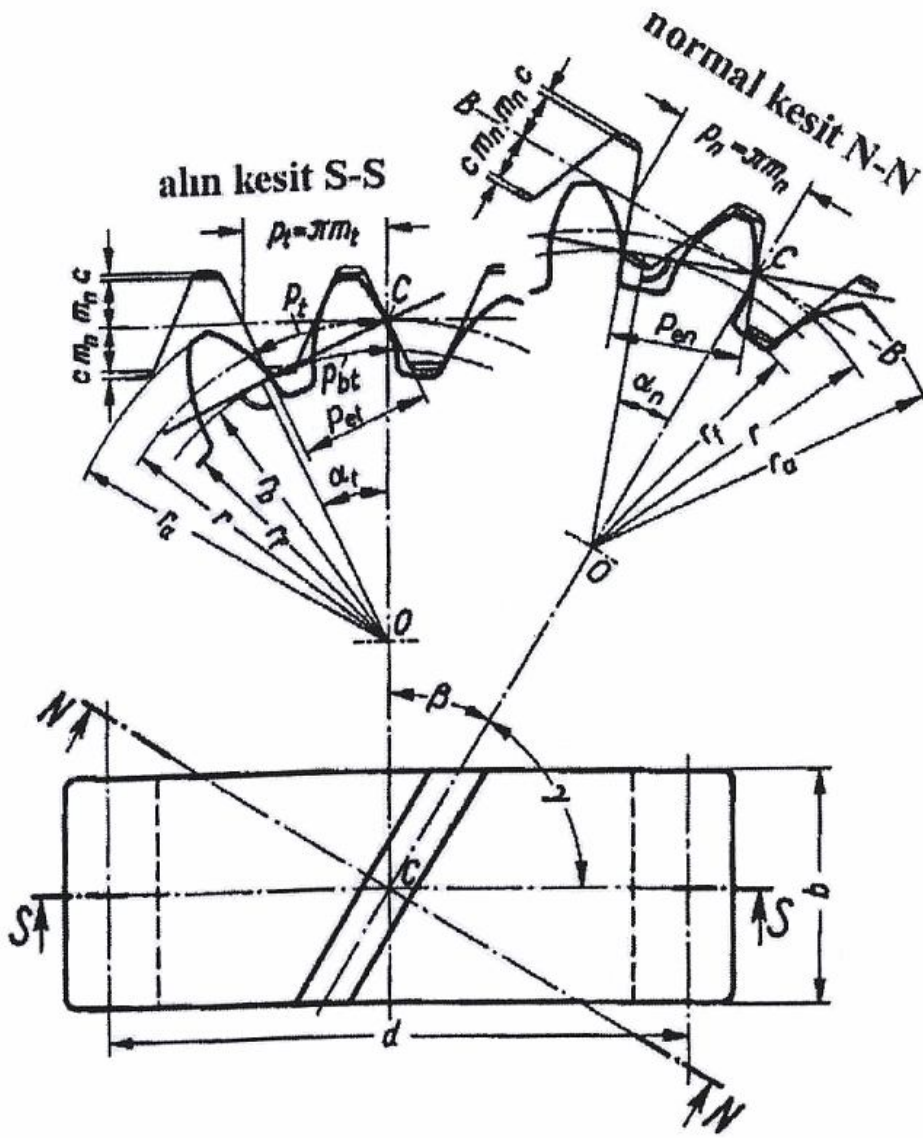
3.4.1. Helisel Dişli Çarklarda Ana Boyutlar

Normal kesitte görülen profil $\alpha_n = 20^\circ$ olan referans profil, ölçülen modül ise normal modül dişli çark üretiminde kullanılan standart modüldür. Normal modül m_n ve alın kesitte ölçülen modül m_t arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} \quad (3.4.1)$$

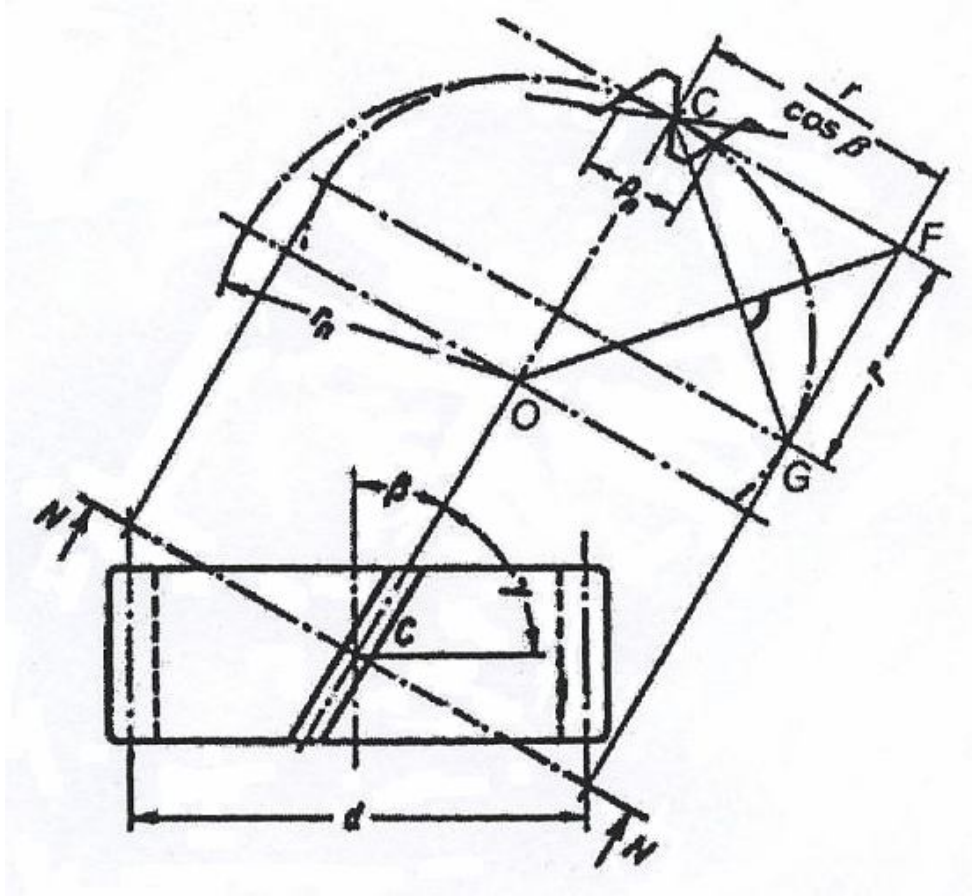
Taksimât, temel, baş ve taban daire çapları dişli çarkın alın kesitinden alınır. Normal ve alın kesitlerde belirlenen büyüklükler ile ana boyutlar aşağıda bağıntılarla hesaplanır.

Alın kavrama açısı	: $\tan \alpha_t = \tan \alpha_n / \cos \beta$
Taksimat dairesi çapı	: $d = z \cdot m_t = z \cdot m_n / \cos \beta$
Baş dairesi çapı	: $d_a = d + 2 \cdot h_a = d + 2 \cdot m_n$
Taban dairesi çapı	: $d_f = d - 2 \cdot h_f = d - 2,5 \cdot m$
Temel dairesi çapı	: $d_b = d \cdot \cos \alpha_t$
Normal taksimat	: $p_n = m_n \cdot \pi$
Alın kesitte taksimat	: $p_t = m_t \cdot \pi$
Eksenler arası mesafe	: $a_d = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m_n}{2 \cdot \cos \beta} \cdot (z_1 + z_2)$



Şekil 3.4.2 Helisel Dişlilerde Normal ve Alın Kesit

$$z_{he} = \frac{d_n}{m_n} = \frac{d}{m_n \cdot \cos^2 \beta} = \frac{z \cdot m_n}{m_n \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos \beta} = \frac{z}{\cos^3 \beta} \quad (3.4.3)$$



Şekil 3.4.4 Helisel Dişli Yuvarlanma Silindiri Normal Kesiti

Sanal eşdeğer dişlinin diş şekilleri helisel dişlinin normal kesitteki şekline benzediği için helisel dişlide diş dibi kesilmesi olmaması, diş başının da fazla sivrilmemesi için sanal eşdeğer dişlinin de bu özellikleri taşıması gerekir. Bundan dolayı helisel dişlilerin mukavemet hesaplarında, kuvvetlerin belirlenmesinde bu eşdeğer dişli kullanılır. Diş dibinin kesilmesinde sınır diş sayısı aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$z_{ghelis} = \frac{2 \cdot \cos \beta}{\sin^2 \alpha_t} \quad (3.4.4)$$

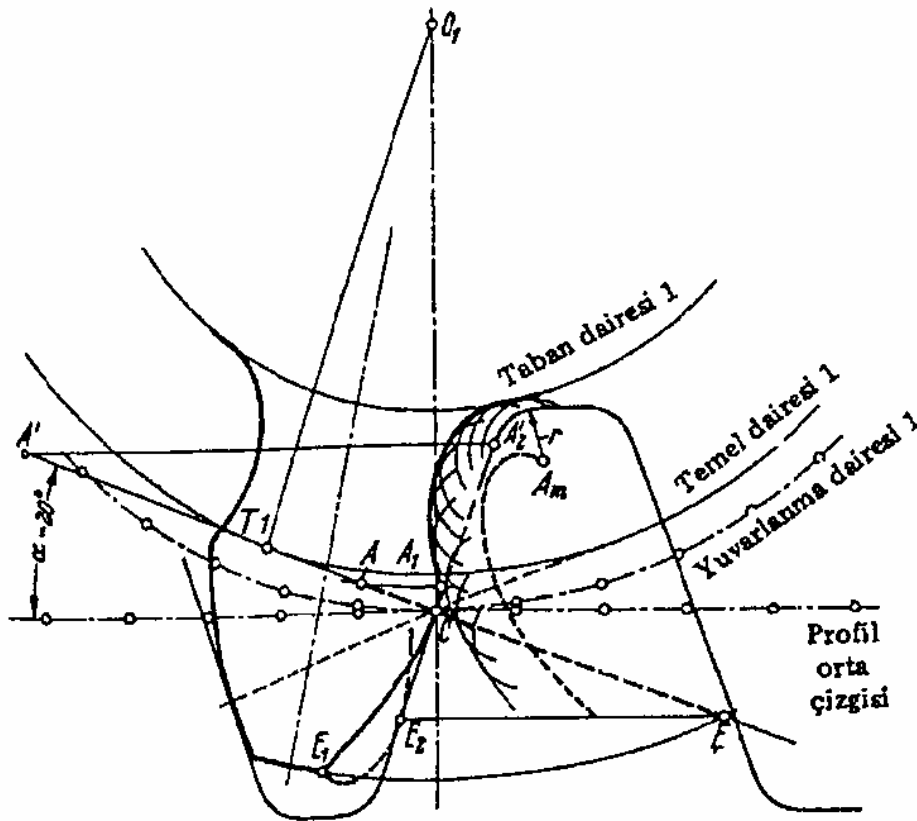
Eğim açısına bağlı olarak sınır diş sayıları Çizelge 2.1.4 de verilmiştir.

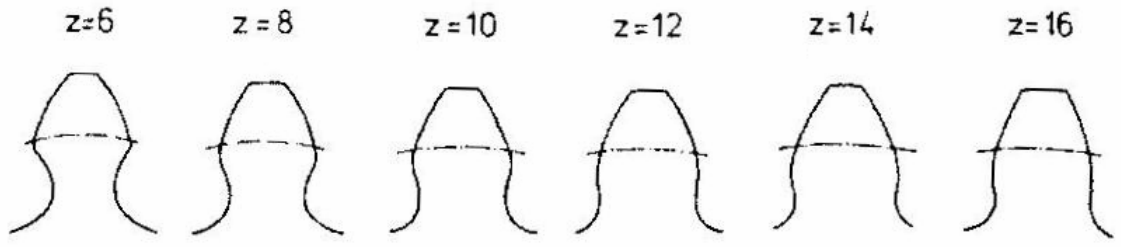
Çizelge 3.4.1 Sınır Diş Sayıları

β	0°	13°	19°	23°	28°	32°	35°	39°	43°
z'_{ghelis}	14	13	12	11	10	9	8	7	6

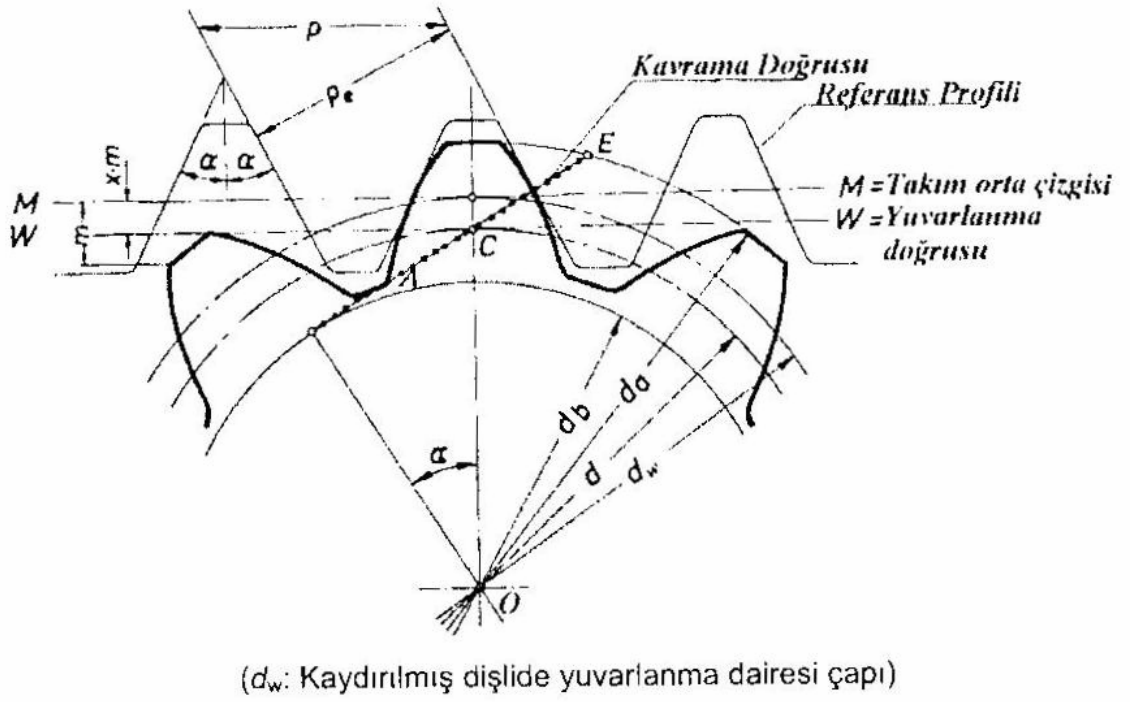
3.4.3. Diş Dibi Kesilmesi ve Profil Kaydırma İşlemi

Dişli çarka açılacak diş sayısı çok az olursa takım diş dibini çok oyoacak ve diş dibi kesilmesi dediğimiz olayla karşılaşılacaktır. (Şekil 3.4.5) Bu durum, profilin aktif çalışan boyunun kışalmasına, kavrama oranının azalmasına ve dişli mukavemetinin azalmasına neden olacaktır. (Şekil 3.4.6) Dolayısıyla sınır diş sayısı dediğimiz z_g incelenmelidir. Sınır diş sayısı kavrama açısına bağlıdır. $\alpha = 20^\circ$ olduğunda $z_g = 17$ olarak hesaplanırsa da, pratikte $z_g' = (5/6) \cdot z_g = 14$ olarak hesaplanır. Kavrama açısı α küçülürse diş dibi kesilmesinin başlayacağı sınır diş sayısı büyür, kavrama açısı büyürse sınır diş sayısı daha da küçülür.

Şekil 3.4.5 Diş Dibi Kesilmesi, $z = 7$



Şekil 3.4.6 Dişli Çark Diş Sayısı Değişiminin Etkileri



Şekil 3.4.7 $x \cdot m$ kadar pozitif yöne kaydırılmış dişli çark

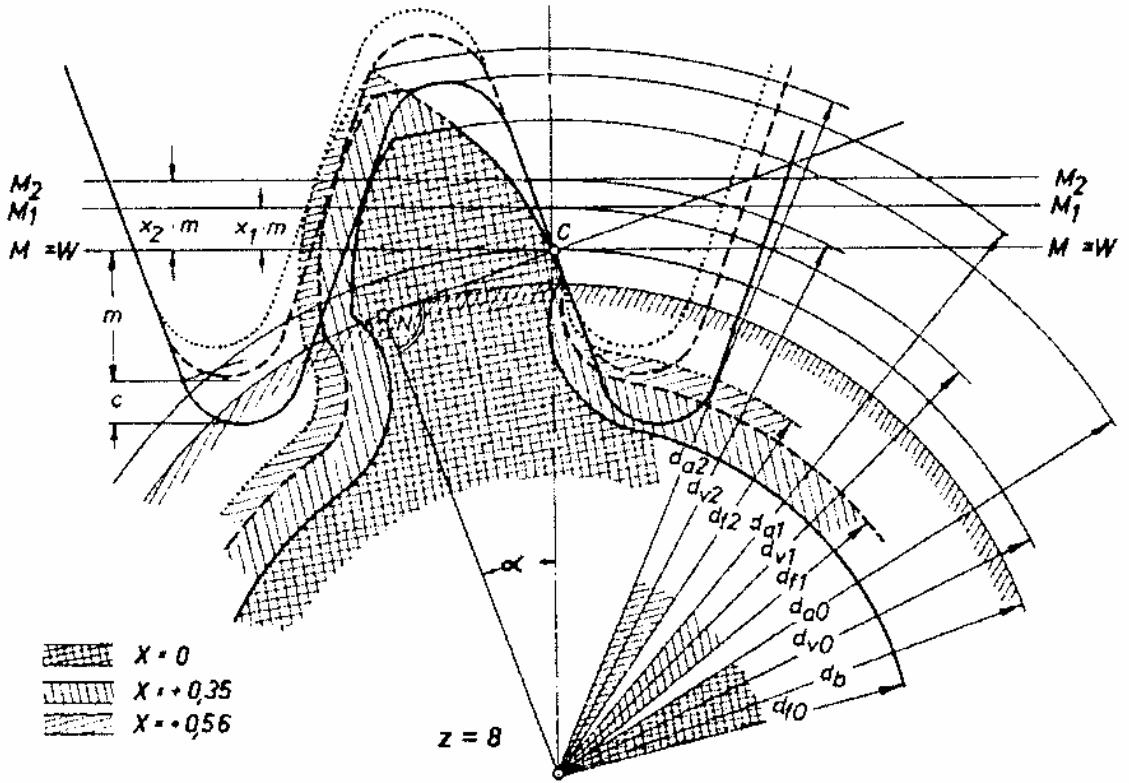
Diş sayısının verilen sınır diş sayısından daha küçük olmasının istendiği durumlara pratikte karşılaşılr. Bu durumda diş dibi kesilmesi önlemek için; baş yüksekliği kısaltılmış takım kullanma, kavrama açısını büyütme, profil kaydırma yöntemlerinden bir tanesi uygulanabilir.

Baş yüksekliği kısaltılmış takımlarla diş açma özel takım gerektireceği için pahalıdır ve kavrama uzunluğu kısılacığı için kavrama oranının küçülmesine neden olacaktır. Ayrıca diş dibi kesilmesine sebep olan büyük dişlinin dişleri basıklaşacaktır. Kavrama açısını büyütme ise standartlara uymayacağı gibi kavrama oranını da küçültecektir.

En iyi çözüm profil kaydırma yöntemidir. Bu yöntemde, referans kremayer bıçağı belirli bir miktar geriye çekilir. Bu durumda, yuvarlanma noktasında yuvarlanma dairesine teğet olan doğru, referans profilin orta doğrusu olmayıp, profil kaydırma miktarı kadar uzakta orta doğruya paralel çizilen doğrudur. (Şekil 3.4.7) Profil kaydırma miktarı modülün katı olarak $x \cdot m$ şeklinde ifade edilir. x' e profil kaydırma faktörü denir. Sıfır dişlide denilen norm dişliler profil kaydırmaksızın imal edilirler. Sıfır dişlilerde kremayer bıçağının orta doğrusu aynı zamanda yuvarlanma doğrusudur. Kremayer bıçağı dişlinin merkezinden uzaklaşacak şekilde kaydırılırsa pozitif kaydırma, dişli merkezine yaklaşacak şekilde kaydırılırsa negatif kaydırma yapılmış olur.

Şekil 3.4.8 de çevresinde 8 dişli bulunan bir dişli çarkın profil kaydırmaksız hali ile $x = 0,35$ ve $x = 0,56$ oranında pozitif profil kaydırılmış durumları görülmektedir.

Diş sayısı $z = 8$, hem teorik minimum diş sayısı $z_g = 17$, hem de pratikte izin verilen minimum diş sayısı $z_g' = 14$ ' ten de küçük olduğu için diş dibinde kesilme olacağı ve diş tabanı genişliğinin inceleceği bellidir. Şekilde de bu durum kareli taranmış profile görülmektedir. Bu dişliye $x = 0,35$ oranında pozitif profil kaydırma işlemi uygulanırsa taban dairesi de, baş dairesi de büyüyecek, diş sivrilecek, diş tabanındaki incelme de azalacaktır. Bu durum şekilde dikey taranmış profile görülmektedir. Eğer profil kaydırma oranı daha da artırılır $x = 0,56$ olursa baş ve taban daireleri biraz daha büyüyecek, diş tabanı kalınlaşması artacak, bu arada diş izin verilemeyecek ölçüde sivrileşecektir. Bu durum şekilde yatay taralı profile görülmektedir. Her üç profil için de diş başı (d_a), diş tabanı (d_f), profil orta eksenine teğet daire çapı (d_v) değişirken, temel daire çapı (d_b) hep aynı kalmaktadır.



Şekil 3.4.8 Profil Kaydırma Miktarı

Profil kaydırma sayesinde, diş sayısı z_g den daha az olan dişli çarkların diş dipleri kesilmeksizin imalatı sağlanacağı gibi, kalınlaşan diş dibi nedeniyle dişli çarkın yük taşıma kabiliyeti de artar. Ayrıca kavrama ve kayma oranlarının iyileştirilmesi, önceden verilmiş belirli bir eksenler arası mesafenin sağlanması da profil kaydırma yöntemiyle mümkün olduğu için bu yöntem pratikte sık uygulanmaktadır.

Profil kaydırılmamış dişlilere standart dişli veya sıfır dişli, kremayer bıçağının orta doğrusu $+x \cdot m$ kadar dişli merkezinden uzaklaştırılarak oluşturulan dişlilere pozitif kaydırmalı, takım orta doğrusunu $-x \cdot m$ kadar dişli merkezine yaklaştırılarak oluşturulan dişlilere de negatif profil kaydırmalı dişli denir. (Şekil 3.4.9)

Yuvarlanma dairesi üzerinde ölçülen diş kalınlığı s_w ;

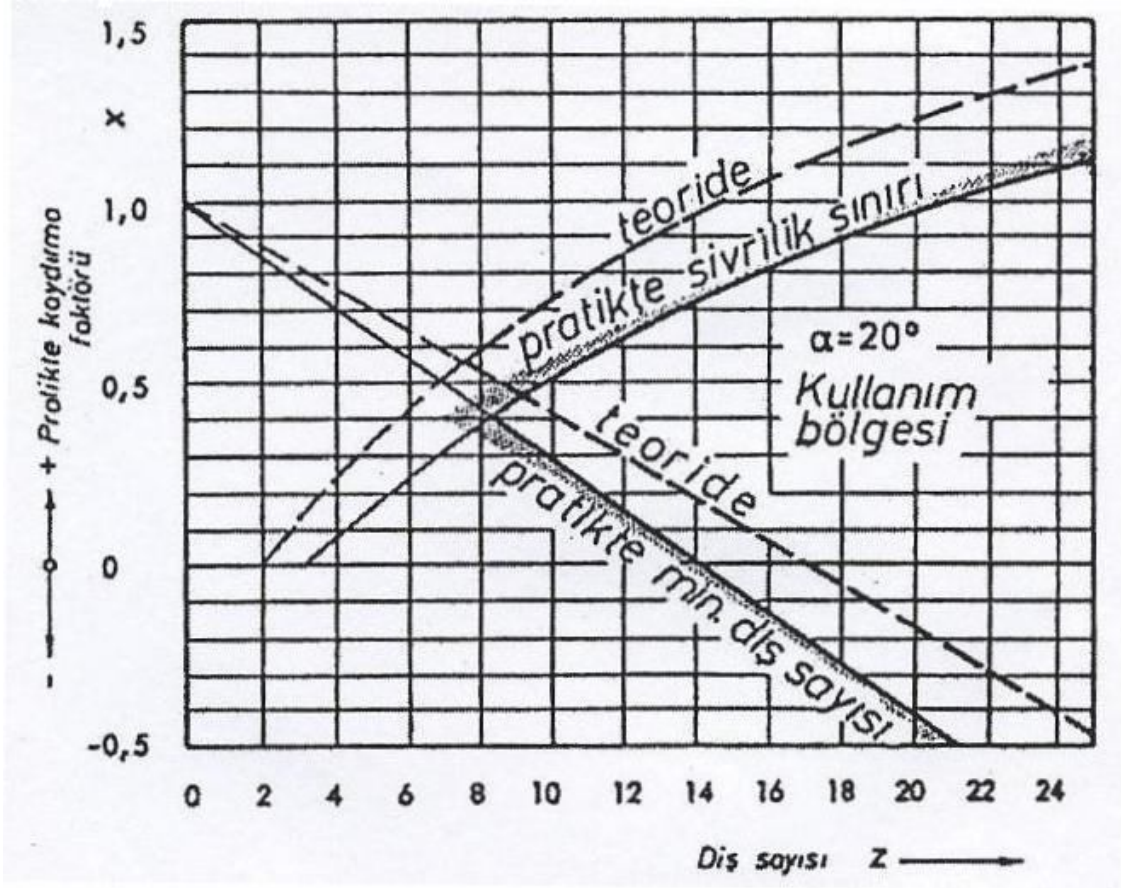
$$s_w = 2 \cdot r_w \cdot \left[\frac{1}{z} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x \cdot \tan \alpha \right) + \text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_w \right] \quad (3.4.6)$$

Merkeze uzaklığı r_k olan herhangi bir noktadaki diş kalınlığı;

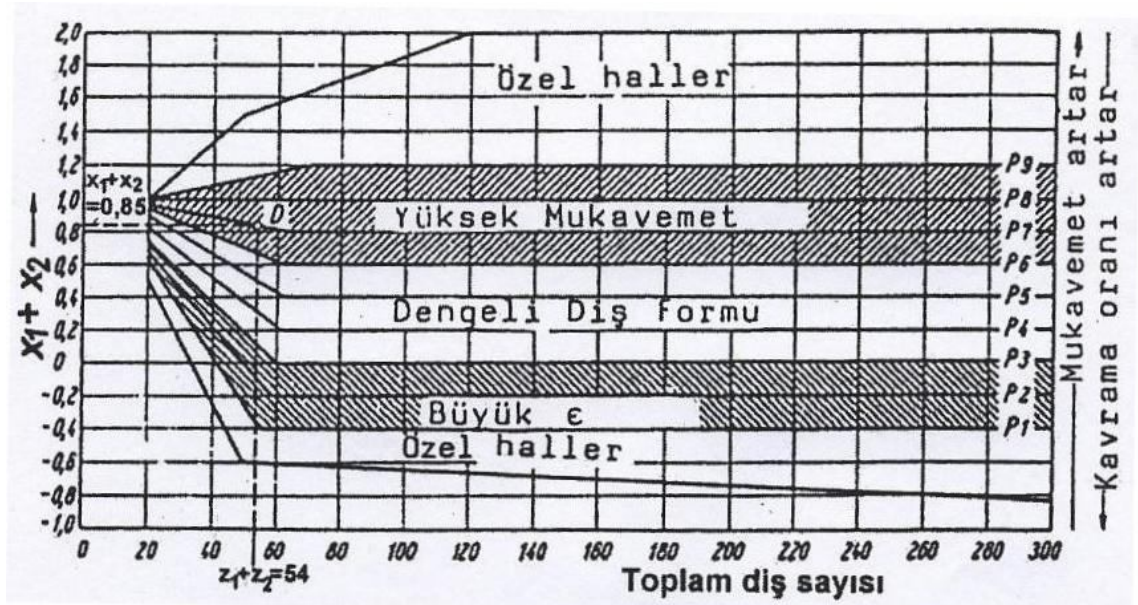
$$s_k = 2 \cdot r_k \cdot \left[\frac{1}{z} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cdot x \cdot \tan \alpha \right) + \text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_k \right] \quad (3.4.7)$$

3.4.4. Profil Kaydırma Faktörlerinin Seçimi

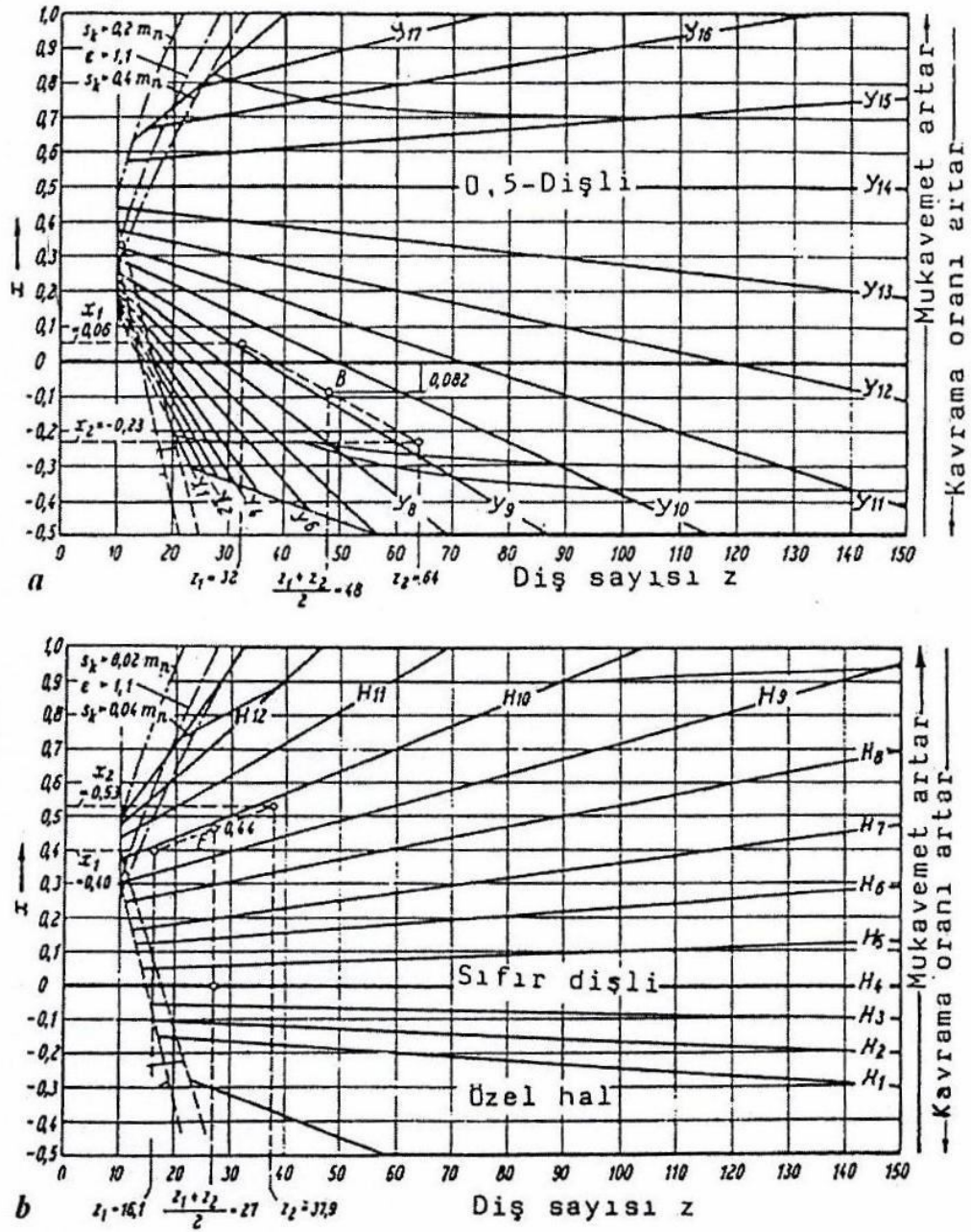
Dişli çarklarda profil kaydırma, sadece eksenler arası mesafeyi verilen değerde elde edebilmek için uygulanmaz. Yüksek mukavemet, çok düzgün hareket, diş dibinin kesilmemesi, diş başının sivrileşmemesi gibi diğer isteklerde profil kaydırma ile gerçekleştirilir. Bu isteklere göre profil kaydırma faktörlerinin sınırı Şekil 2.1.15 de, önerilen değerler ise Şekil 2.1.16 de diş sayılarının toplamına ($z_1 + z_2$) bağlı olarak verilmiştir. Buradan elde edilen değerler x_1 ve x_2 ye paylaştırılmasında her iki dişlinin de yaklaşık olarak aynı diş dibi mukavemetine sahip olmasına dikkat edilir. Şekil 2.1.17 hareketin yavaşlatılması veya hızlandırılmasına göre profil kaydırma faktörlerinin belirlenmesini göstermektedir.



Şekil 3.4.10 Profil Kaydırma Faktörlerinin Sınırı



Şekil 3.4.11 Profil Kaydırma Faktörlerinin Kontrolü



a) Yavaşça b) Hızlıya çevrim; helisel dişlilerde z_1 ve z_2 nin yerine z_{se1} ve z_{se2} kullanılır

Şekil 3.4.12 Profil Kaydırma Faktörlerinin Seçimi

Örnek olarak; Şekil 3.4.12 den diş sayıları toplamı ve mekanizmadan ana isteğe göre $x_1 + x_2$ değeri bulunur. Yavaşça veya hızlıya çevrime göre ilgili diyagramda $(x_1 + x_2)/2$ ve $(z_1 + z_2)/2$ noktalarının kesim noktaları tespit edilerek, bu noktadan

kendisine en yakın doğruların eğimine uygun bir doğru çizilir. Bu doğrunun $z = z_1$ ve $z = z_2$ doğrularıyla kesiştiği noktalar profil kaydırma faktörleri x_1 ve x_2 yi verir.

3.4.5. Helisel Dişlilerde Profil Kaydırma

Sanal eşdeğer dişlinin hesaplanan diş sayısı $z_s < 14$ ise, helisel dişlide diş dibi helisel dişlide diş dibi kesilmesi olayı ile karşı karşıya kalınacaktır. Bunu önlemek için düz dişlilerde olduğu gibi helisel dişlide de profil kaydırma yapılır. Diş dibi kesilmesini önlemek için seçilmesi gereken minimum profil kaydırma faktörü x_{\min} ;

$$x_{\min} = \frac{z'_g - z_{he}}{z_g} = \frac{14 - \frac{z}{\cos^3 \beta}}{17} \quad (3.4.8)$$

Profil kaydırma miktarı, radyal bir büyüklük olduğundan hem normal hem de alın kesitte aynıdır. Profil kaydırılmış helisel dişli mekanizmalar için temel büyüklüklerin hesaplanmasında düz dişlilerdeki hesaplarda α açısı yerine açının yer aldığı kesite göre alın kesitteki açı α_t veya normal kesitteki α_n alınır.

Profil kaydırma işlemi helisel dişlilerde de sadece diş dibi kesilmesini önlemek için değil, verilen eksenler arası mesafeyi sağlayabilmek için de uygulanır.

Helisel dişlilerde, alın kesitinden hareketle düz dişliler gibi profil kaydırma miktarları belirlenir. Diş sayıları z_1, z_2 ve profil kaydırma faktörleri x_1, x_2 ye göre işletme kavrama açısı α_{wt} ve eksenler arası mesafe a bulunabilir. Helisel dişlilerde eksenler arası mesafe ayarı profil kaydırma yapmadan helis açısını değiştirerek de sağlanabilir. (Şekil 2.1.18)

$$\text{inv}\alpha_{wt} = \text{inv}\alpha_t + 2 \cdot \frac{x_1 + x_2}{z_1 + z_2} \cdot \tan \alpha_n \quad (3.4.9)$$

$$a = r_{w1} + r_{w2} = (r_1 + r_2) \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} = a_d \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} \quad (3.3.10)$$

Diş sayıları ve eksenler arası mesafeye göre işletme kavramı açısı hesaplanabilir.

$$\cos \alpha_{wt} = \frac{a_d}{a} \cdot \cos \alpha_t = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot a} \cdot \cos \alpha_t \quad (3.4.11)$$

Toplam profil kaydırma faktörü, α_{wt} açısı ile hesaplanır ve düz dişlilerde uygulanan yöntemlerle x_1, x_2 belirlenir. x_1 ve x_2 değerleri Şekil 2.1.17 yardımı ile bulunurken diş sayısı olarak eşdeğer sanal düz dişlinin diş sayıları z_{he1} ve z_{he2} alınır.

$$x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \tan \alpha_n} \cdot (\text{inv} \alpha_{wt} - \text{inv} \alpha_t) \quad (3.4.12)$$

Profil kaydırma uygulanmış helisel dişlide boyutlar;

$$\text{Alın kavrama açısı} \quad : \quad \tan \alpha_t = \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} \quad (3.4.13)$$

$$\text{Taksimat dairesi} \quad : \quad d = \frac{m \cdot z}{\cos \beta} \quad (3.4.14)$$

$$\text{Yuvarlanma dairesi} \quad : \quad d_w = d \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} \quad (3.4.15)$$

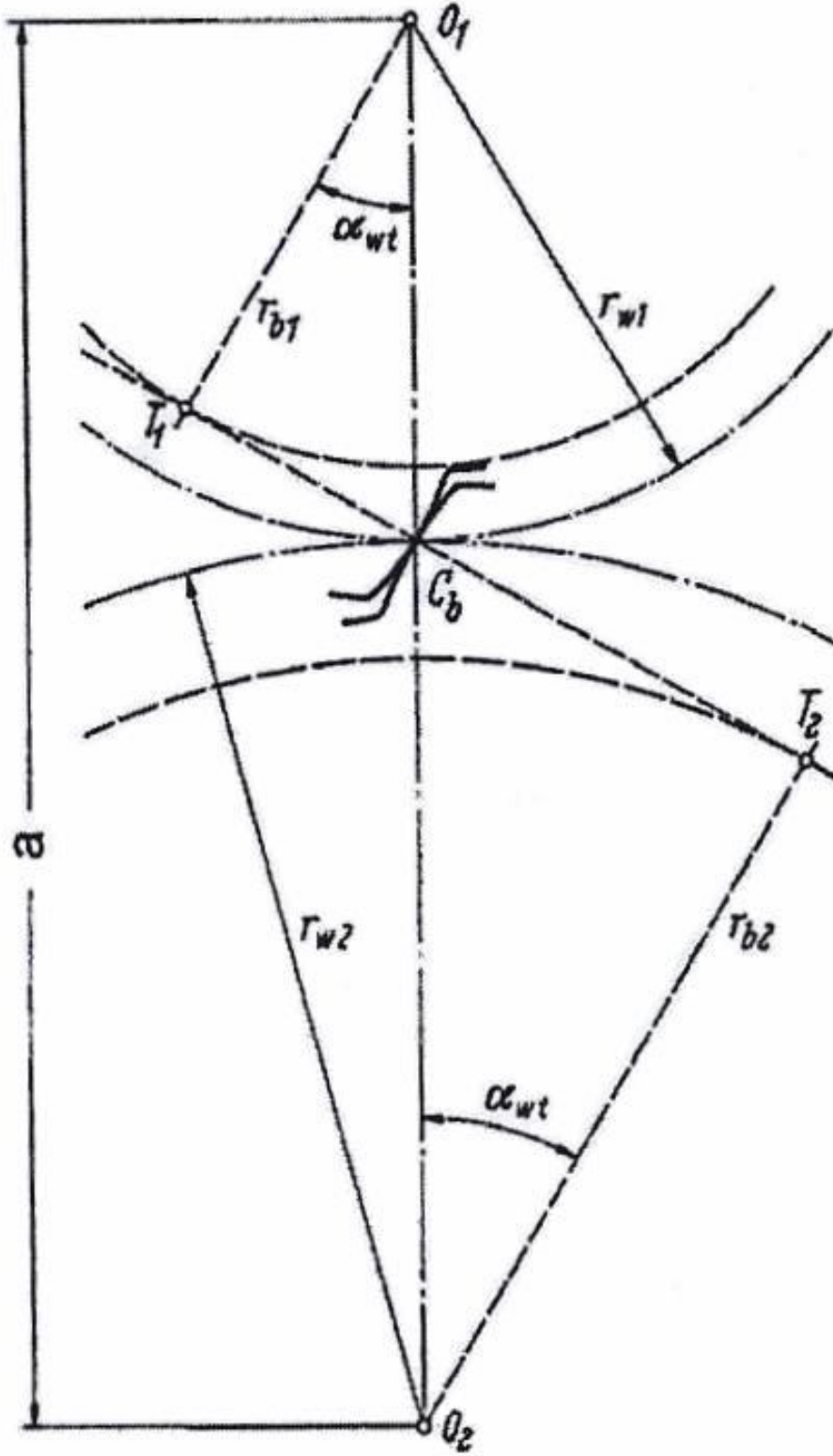
$$\text{Diş başı dairesi baş kısaltmalı} \quad : \quad d_{a1} = 2 \cdot (a + m_n - x_2 \cdot m_n) - d_2 \quad (3.4.16)$$

$$\text{Baş kısaltma miktarı} \quad : \quad k \cdot m_n = a_d + (x_1 + x_2) \cdot m_n - a \quad (3.4.17)$$

$$\text{Diş dibi dairesi} \quad : \quad d_f = d - 2 \cdot (h_f - x \cdot m_n) \quad (3.4.18)$$

$$\text{Temel daire} \quad : \quad d_b = d \cdot \cos \alpha_t = z \cdot m_n \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \beta} \quad (3.4.19)$$

$$\text{Eksenler arası mesafe} \quad : \quad a = a_d \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} \quad (3.4.20)$$



Şekil 3.4.13 Profil Kaydırılmış Helisel Dişlide Eksenler Arası Mesafe

Profil kaydırma yoksa profil kavrama oranı:

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a_d \cdot \sin \alpha_t}{\pi \cdot m_t \cdot \cos \alpha_t} \quad (3.4.21)$$

$$\text{Adım kavrama oranı} \quad : \quad \varepsilon_{\beta} = \frac{b \cdot \sin \beta}{\pi \cdot m_n}$$

$$\text{Toplam kavrama oranı} \quad : \quad \varepsilon_{top} = \varepsilon_{\alpha} + \varepsilon_{\beta} \cong 2,35$$

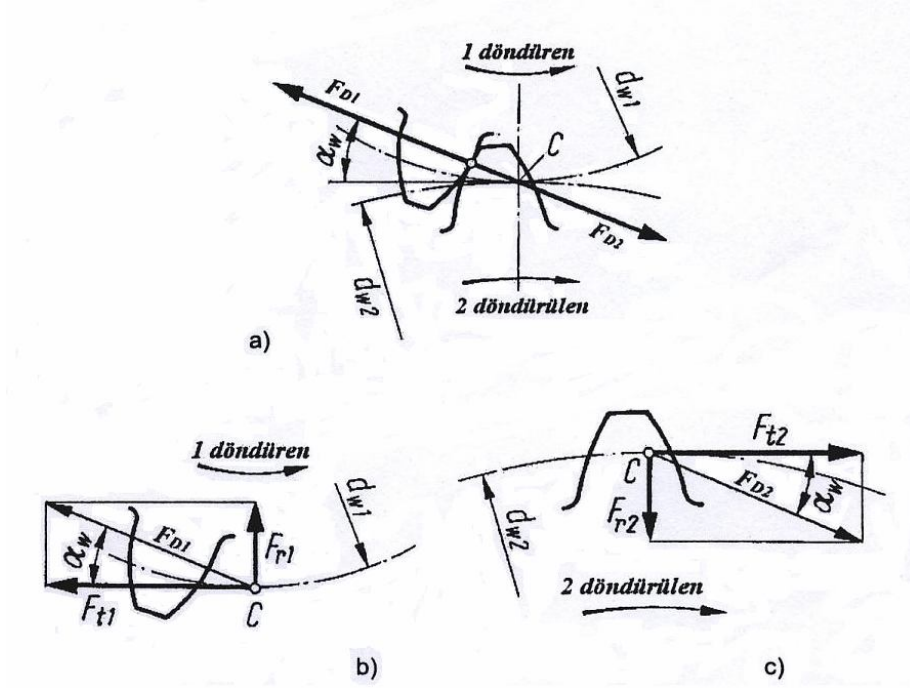
Profil kaydırma varsa profil kavrama oranı:

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{\sqrt{r_{a1}^2 - r_{b1}^2} + \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} - a \cdot \sin \alpha_{wt}}{\pi \cdot m_t \cdot \cos \alpha_t} \quad (3.4.22)$$

3.4.6. Helisel Dişlilerde Kuvvetler

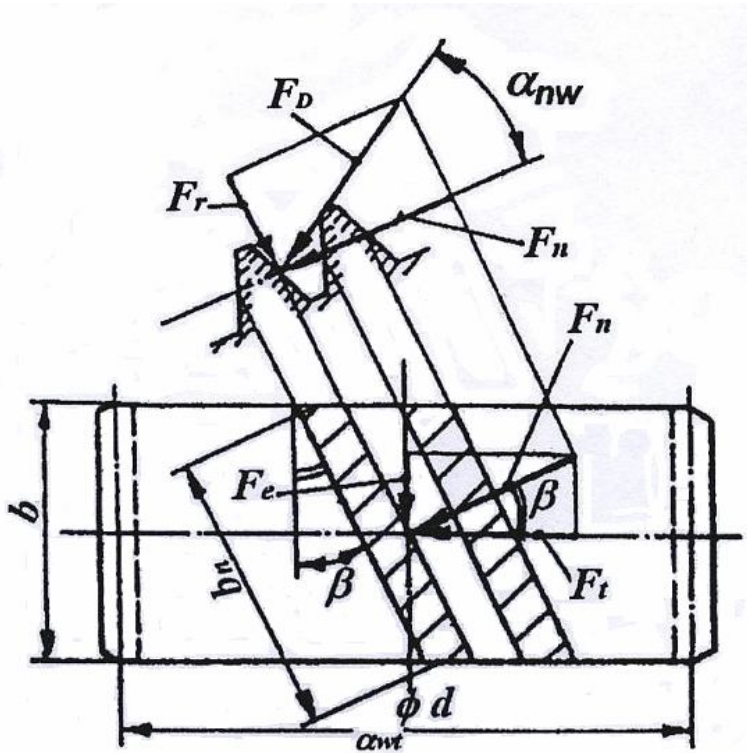
Birbirini kavrayan iki dişli için; birinci dişliye etkiyen kuvvetleri 1, ikinci dişliye etkiyen kuvvetleri 2 indisiyle gösterelim. Dişler arasında kuvvet iletimi temas yüzeyleri üzerinden olacaktır ve temas noktalarından iletilen bu kuvvetlerin yönü, yan yüzeylerin temas noktasındaki ortak normaleri doğrultusunda olacaktır. Bundan dolayı hangi noktada etki ederse etsinler kuvvetlerin uzantısı yuvarlanma noktasından geçecektir. Dişli kuvveti F_D 'yi yuvarlanma noktası C' ye kadar kuvvet doğrultusunda kaydırıp C noktasında teğetsel (F_t) ve radyal (F_r) bileşenlerine ayırmak mümkündür.

Helisel dişli çarklarda dişli kuvveti F_D dişli çarkların normal kesit düzleminde olup normal kesitteki diş profiline diktir. Normal kesitte F_D dişli kuvvetini F_n ve F_r bileşenlerine ayırabiliriz. Dişli kuvveti F_D 'nin F_n noktasında eksenel yönde F_e , çevresel yönde de F_t bileşenlerine ayırabiliriz. F_t , F_e ve F_r kuvvetlerinin vektörel bileşkesi dişli kuvveti F_D 'yi verir. (Şekil 3.4.15) Düz dişlilerden farklı olarak helisel dişlilerde diş kuvvetinin bir de eksenel bileşeni vardır. Düz dişlilerde $\beta = 0^\circ$ olduğu için eksenel kuvvet $F_e = 0$ 'dır ve F_D sadece F_t ile F_r 'nin bileşkesidir.



a) Dişlilerin kavrama hali b) Döndürene etkiyen kuvvet c) Döndürülene etkiyen kuvvet

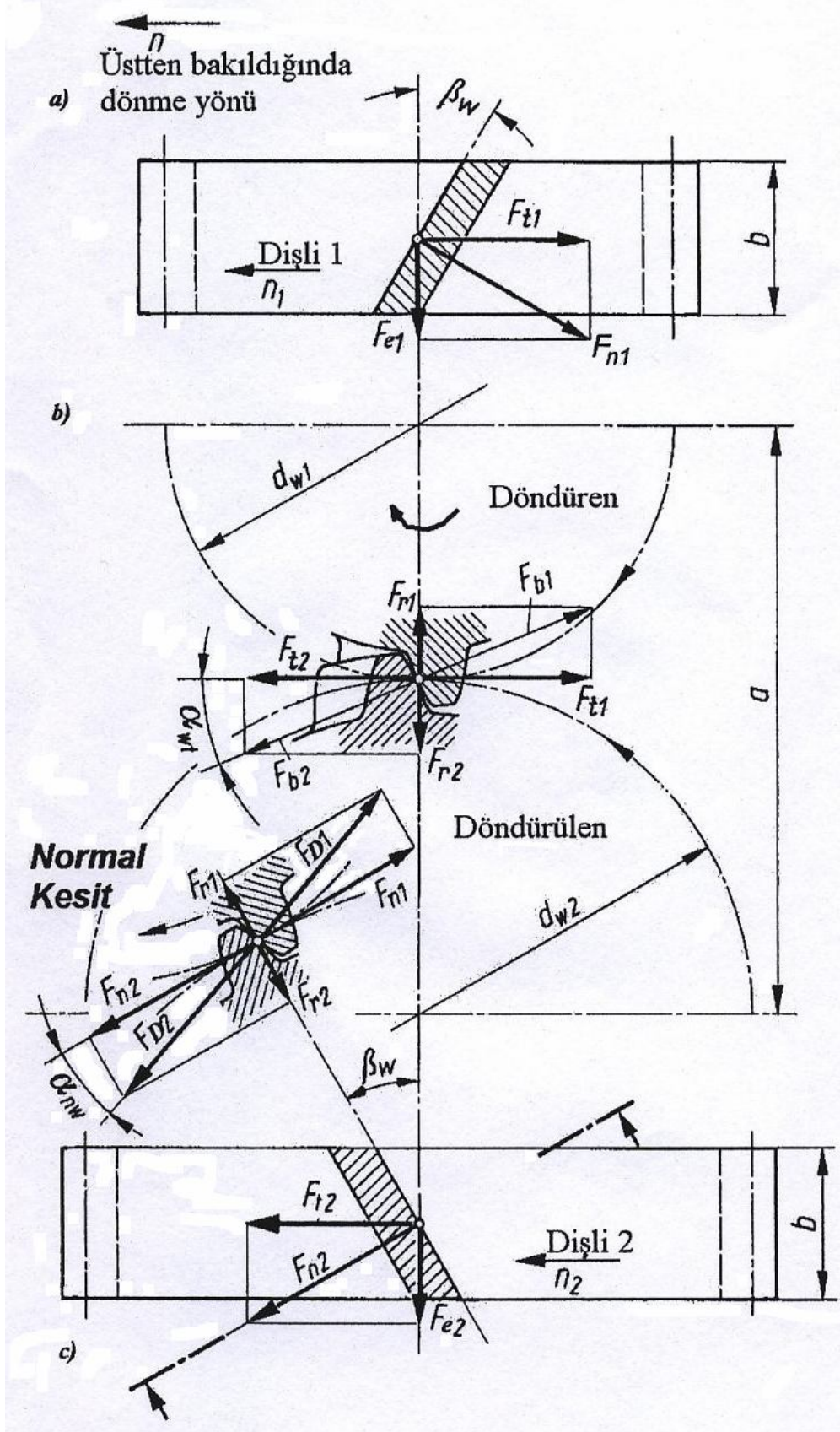
Şekil 3.4.14 Dişli Kuvvetleri



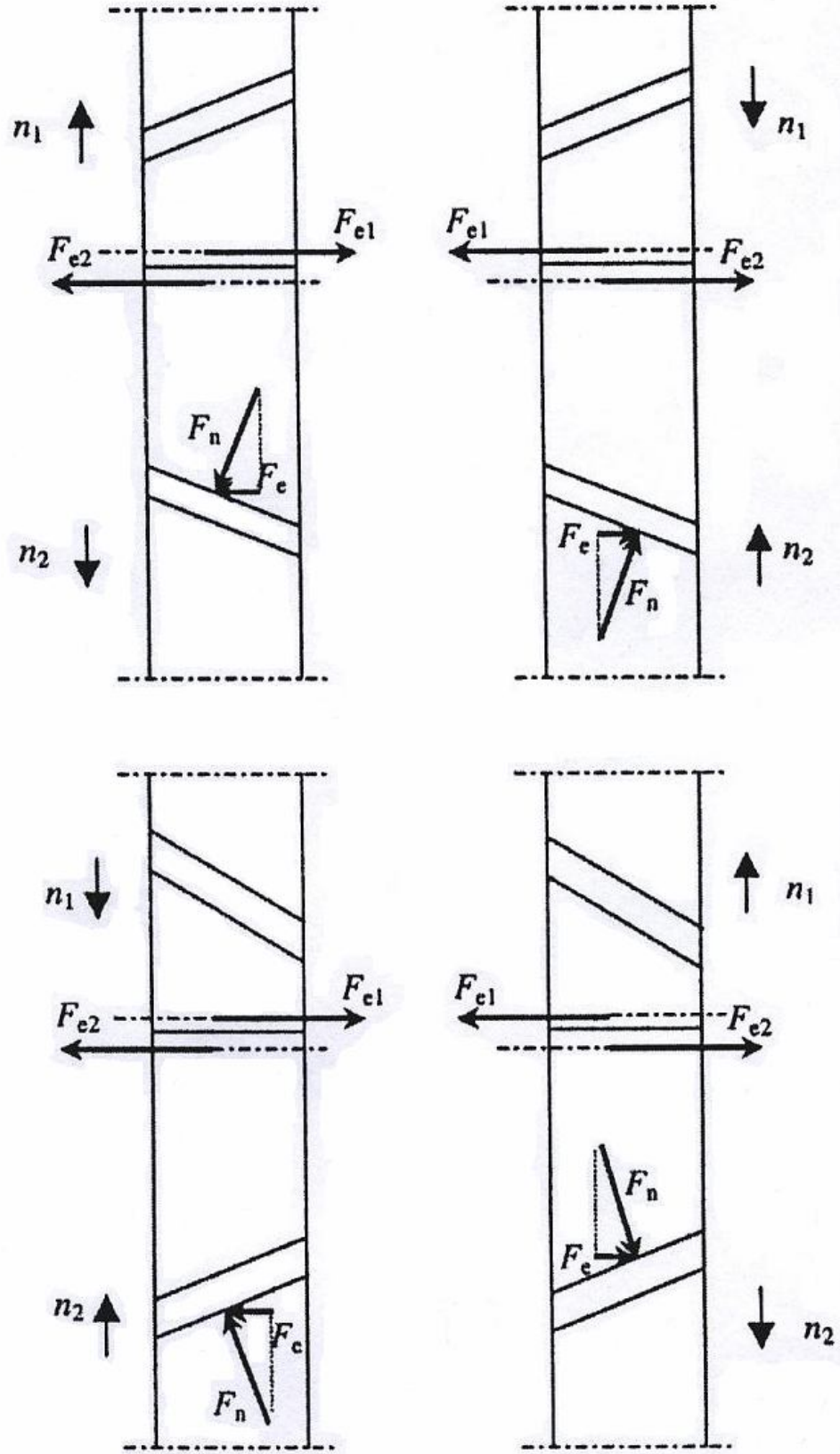
Şekil 3.4.15 Helisel Dişlide Kuvvetler

Dişli kuvvetinin radyal bileşeni dişlilerin merkezlerine doğru, çevresel bileşeni de dönme yönüne bağlı olup, yönleri kolayca bulunabilir. Döndüren dişliye çevresel yönde, döndürülen dişliden döndürenin dönme yönüne ters direnç uygulanacaktır (F_{t1}). Döndürenden döndürülene ise ona hareket vermek için dönme yönünde çevresel kuvvet uygulanır (F_{t2}). Eksenel kuvvetin yönünü belirtmek için döndürülen dişliye etkiyen dişli kuvveti F_D 'nin diş alın yönüne dik olan bileşeni F_n çizilir. Bu vektörün eksenel bileşeni döndürülen dişliye etkiyendir ve o dişliyi taşıyan mile gelen eksenel kuvvetin yönünü gösterir. (Şekil 3.4.17)

Radyal kuvvet F_r her zaman dişli merkezine yönelik iken eksenel ve çevresel kuvvetler F_e ve F_t dişli çarkların dönme yönü değiştiğinde yön değiştirirler. Döndüren dişliye etkiyen çevresel kuvvet dönme yönünün tersi, döndürülene etkiyen ise dönme yönündedir.



Şekil 3.4.16 Helisel Dişlide Kuvvetlerin Görünüşü



Şekil 3.4.17 Helisel Dişlilerde Eksenel Kuvvetin Yönünün Bulunması

Dişli kuvvetlerinin hesaplanmasında çevresel bileşenden hareket edilir. İletilecek moment $M_d = \frac{P}{w}$ eşitliğinden bilindiğine göre; momentin sadece bir diş çiftinin birbirini kavramasıyla iletildiği, mukavemet hesapları için en kritik hali dikkate alarak $F_t = \frac{M_d}{r}$ ifadesinden çevresel kuvvet hesaplanabilir. Bu bileşenden ve diğer bileşenlerle arasındaki açılardan eksenel ve radyal kuvvetler hesaplanır.

$$F_e = F_t \cdot \tan \beta \quad (3.4.23)$$

$$F_r = F_n \cdot \tan \alpha_n = F_t \cdot \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta} \quad (3.4.24)$$

Normal kesitteki diş kuvveti F_D ve çevresel kuvvet F_t arasındaki bağıntı;

$$F_D = \frac{F_t}{\cos \alpha_{mw} \cdot \cos \beta} \quad (3.4.25)$$

Düz dişliler için $\beta = 0$ ve $\cos \beta = 1$ olduğu düşünülürse düz ve helisel dişliler için kuvvetlerin hesaplanmasında yukarıda verilen denklemlerin her iki dişli tipi için de geçerli olduğu görülür.

Dişli kuvveti F_D 'nin bileşenleri için yukarıda verilen son üç ifade milleri paralel dişli çark mekanizmaları için en genel ifadedir.

w indisi; dişli çark mekanizmasında profil kaydırma uygulandığını, kuvvetlerin ve açılarn işletme yuvarlanma dairesindeki kuvvetler ve açılar olduğunu gösterir.

t indisi; mekanizmanın helisel dişli çarklardan oluştuğunu, ölçümlerin teğetsel kesitte alındığını ifade eder. α_{wt} profil kaydırılmış helisel dişli mekanizmada teğetsel kesitte ölçülen kavrama açısıdır. Eğer mekanizma helisel ancak profil kaydırma yoksa açı α_t olur, profil kaydırmaz düz dişli mekanizmada ise kavrama açısı α olur.

3.5. Helisel Dişlilerde Mukavemet Hesaplarını Etkileyen Faktörler

Diş kuvveti F_D 'nin etkisi altında diş dibi kesiti; eğilme bası ve kaymaya zorlanacak, ayrıca iki dişin temas noktasındaki yüzey basıncı ezilmelere sebep olabilmekte ve uygulamada hasarlar oluşabilmektedir. Dişlinin mukavemet hesaplarını yaparken ilk planda; dişliden beklenen ömür boyunca diş dibi kırılması ve yüzey ezilmesi olaylarının oluşmaması dikkate alınmalıdır. Dişli çarklar, iletmeleri gereken dönme momentinden dolayı etkiyen çevresel kuvvetlerden başka işletme şartlarından, imalat ve konstrüksiyon özelliklerinden doğan ek dinamik kuvvetler tarafından da zorlanırlar. Dişli çark mekanizmasının bağlandığı tahrik ve iş makinesi, aradaki kavramanın karakteristikleri, hareket ettirilen kütleler, millerin yataklanması, dişli kutusunun rijitliği, dişlilerin kalitesi vb. de konstrüksiyon ve imalat özelliklerinden doğan ek dinamik kuvvetleri oluştururlar. Ayrıca dişli çarka gelen yükün bir dişte diş genişliğine dengeli veya dengesiz dağılımı ile yükün bir veya birden fazla dişte dağılımı da dişli çarkın zorlanma düzeyini değiştirir. Ek dinamik kuvvetlerin kesin olarak hesaplanabilmesi zor olduğundan, çoğu deneylerden elde edilmiş katsayılar ile bu kuvvetlerin etkisi hesaba dahil edilir. Zorlanmayı etkileyen bu durumlar dört temel faktörle dikkate alınırlar.

İşletme faktörü K_A dış dinamik kuvvetleri, dinamik faktör K_V iç dinamik kuvvetleri, genişlik faktörü $K_{F\beta}$ ve $K_{H\alpha}$ yükün diş genişliği boyunca dağılımındaki dengesizlikleri, alın yük dağılım faktörü $K_{F\alpha}$ ve $K_{H\alpha}$ birbirlerini kavrama halindeki dişlere yükün düzgün dağılmamasını dikkate alır.

İşletme Faktörü (K_A);

Motor ve iş makinesinin özellikleri, aradaki mil, kavrama, kasnak gibi elemanların kütleleri, çeşitli darbe, moment düzensizlikleri işletme faktörünü oluşturur ve bunlar dişliye gelen kuvveti önemli ölçüde etkiler. İşletme faktörleri Çizelge 2.1.6 de verilmiştir.

Dinamik Faktör (K_V);

Dişli kalitesine bağlı olarak düz ve helisel dişliler için $K_{V\alpha}$ ve $K_{V\beta}$ değerleri Çizelge 2.1.5 den alınır ve dinamik faktör;

$$K_V = K_{V\alpha} - \varepsilon_\beta \cdot (K_{V\alpha} - K_{V\beta}) \quad (3.5.1)$$

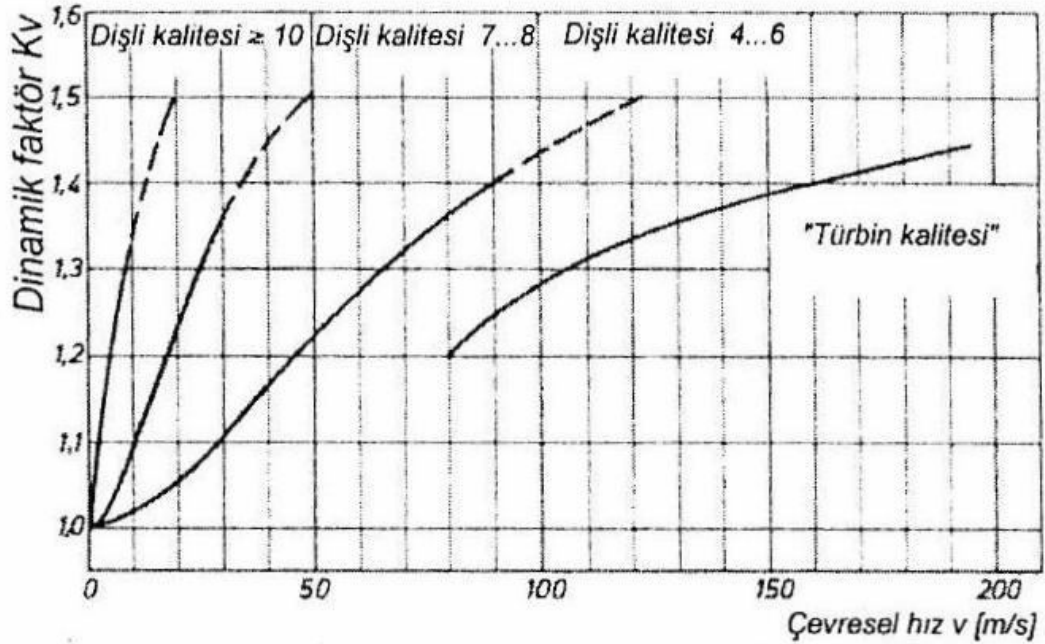
bağıntısı ile hesaplanır ve işletme faktörü K_A ile dinamik faktör K_V belli olunca dişin birim genişliğine gelen yük w_t hesaplanabilir. Deneyimler birim diş kalınlığına gelen yükün $w_t = 50...500$ N/mm arasında değiştiğini göstermektedir.

$$w_t = \frac{F_t}{b} \cdot K_A \cdot K_V \quad (3.5.2)$$

Çizelge 3.5.1 Dinamik Faktör K_V Hesabında $K_{V\alpha}$ ve $K_{V\beta}$ Değerleri

Kalite	$K_{V\alpha}$								$K_{V\beta}$
	5	6	7	8	9	10	11	12	Hepsi
Düz Dişli	5,7	9,6	15,3	24,5	34,5	53,6	76,6	122,5	0,0193
Helisel Dişli	5,1	8,5	13,6	21,8	30,7	47,7	68,2	109,1	0,0087

Dişli çarkın sadece dönme hızının ve üretim kalitesinin bilindiği hallerde veya sadece bu iki veriden yararlanarak, yine yaklaşık biçimde Şekil 2.1.23 den dinamik faktör okunarak mukavemet hesabında kullanılır..



Şekil 3.5.1 Kalite ve Hıza Göre Dinamik Faktör

Çizelge 3.5.2 K_A İşletme Faktörü

İş Makinesi	Tahrik Motoru			
	Elektrik Motoru Düzenli çalışan	Türbin Hafif darbeli	Çok Silindirli Motor Orta darbeli	Tek Silindirli Motor Şiddetli darbeli
Düzenli çalışan jeneratör, bantlı konveyör, hafif asansör, turbo kompresör	1	1,10	1,25	1,50
Orta darbeli tezgah motorları, karıştırıcılar, pompalar, krenler	1,25	1,35	1,50	1,75
Orta darbeli kauçuk ekst. mak., kırıcılar, ağaç işleme makinaları	1,50	1,60	1,75	2
Şiddetli darbe haddehaneler, zımba, kepçe, ağır makineler, taş kırıcılar	1,75	1,85	2	2,25

Genişlik Faktörü $K_{F\beta}$ ve $K_{H\beta}$;

Dişliler taşıdıkları yükten dolayı elastik deformasyona uğrarlar ve üretimlerinde ideal geometrilerden sapmalar meydana gelir. Bu nedenle diş genişliği boyunca yük dağılımı her noktada eşit olmayabilir. Eş çalışan dişliler birbirlerine alışırken bu farklılıkların diş dibi mukavemetine etkisi $K_{F\beta}$; yan yüzey mukavemetine etkisi $K_{H\beta}$ faktörleri dikkate alınır.

$$K_{F\beta} \approx 1 + (K_{\beta} - 1) \cdot f_w \cdot f_p$$

K_{β} : Genişlik temel faktörü

f_w : Yük düzeltme faktörü

f_p : Malzeme çifti faktörü

Çizelge 3.5.3 K_{β} Genişlik Temel Faktörü ($w_t = 350$ N/mm olan çelikler için)

Diş Genişliği		Diş Kalitesi									
>	≤	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	20	1,06	1,06	1,07	1,08	1,10	1,13	1,17	1,23	1,32	1,48
20	40	1,07	1,08	1,08	1,09	1,11	1,14	1,19	1,25	1,36	1,53
40	100	1,08	1,08	1,09	1,09	1,13	1,16	1,20	1,28	1,40	1,59
100	160	1,10	1,10	1,12	1,13	1,16	1,19	1,23	1,33	1,46	1,66
160	315	1,12	1,13	1,14	1,15	1,18	1,21	1,26	1,34	1,48	1,69
315	560	1,15	1,17	1,18	1,19	1,21	1,24	1,28	1,37	1,51	1,70
560		1,21	1,21	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,40	1,54	1,74

Çizelge 3.5.4 Yük Düzeltme Faktörü f_w

w_t (N/mm)	>350	300	250	200	≤100
f_w	1	1,15	1,3	1,45	1,6

Çizelge 3.5.5 Malzeme Faktörü f_p

Malzeme Çifti	Çelik/Çelik	Çelik/DD	DD/DD
f_p	1	0,75	0,5

Çizelge 3.5.6 $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$ Alın Yük Dağılım Faktörleri

$K_A \cdot F_t / b$			>100 N/mm						≤ 100 N/mm	
Dişli Kalitesi →			6	7	8	9	10	11	12	<6
Sertleştirilmiş	Düz	$K_{H\alpha}$ $K_{F\alpha}$	1,0		1,1	1,2	$1/Z_\epsilon^2 \geq 1,2$ $1/Z_\epsilon \geq 1,2$			
	Helisel	$K_{H\alpha}$ $K_{F\alpha}$	1,0	1,1	1,2	1,4	$\epsilon_\alpha / \cos^2 \beta_b \geq 4$			
Sertleştirilmemiş	Düz	$K_{H\alpha}$ $K_{F\alpha}$	1,0			1,1	1,2	$1/Z_\epsilon^2 \geq 1,2$ $1/Z_\epsilon \geq 1,2$		
	Helisel	$K_{H\alpha}$ $K_{F\alpha}$	1,0	1,1	1,2	1,4	$\epsilon_\alpha / \cos^2 \beta_b \geq 4$			

Yan yüzey mukavemet hesabında genişlik faktörü;

$$K_{H\beta} \approx K_{F\beta}^{1,39} \quad (3.5.3)$$

Alın Yük Dağılım Faktörü $K_{F\alpha}, K_{H\alpha}$;

Dişlilerin üretildiği malzemenin elastikiyetine ve dişli üretim kalitesine bağlı olarak kuvvetlerin çevresel yönde dişe dağılımı düzgünsüzlük gösterir. Bu düzgünsüzlükler hesaplamada alın yük dağılım faktörü olarak alınır. Diş dibi mukavemetinde $K_{F\alpha}$ ve yan yüzey mukavemet hesabında ise $K_{H\alpha}$ değerleri Çizelge 2.1.10 den okunur.

3.5.1. Diş Dibi Mukavemeti Kontrolü

Diş dibinde gerilmenin en büyük olduğu durum diş kuvvetinin dişin tepe noktasından etkidiği durumdur. Diş dibinde gerilme dağılımı Şekil 2.1.24 de gösterilmiştir.

Kavrama Faktörü Y_ε ;

Kuvvetin her zaman dişin en üst noktasından etkimeğini ifade eden faktördür. Profil kavrama oranı ε_α ve helis açısına bağlıdır.

$$Y_\varepsilon = 0,25 + \frac{0,75}{\varepsilon_\alpha} \cdot \cos^2 \beta \quad (3.5.6)$$

Helis Faktörü Y_β ;

Hesaba esas alınan eş değer düz dişli ile helis dişli arasındaki farkı dikkate alan faktördür. $\varepsilon_\beta > 1$ için $\varepsilon_\beta = 1$; $\beta > 30^\circ$ için de $\beta = 30^\circ$ alınır.

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \cdot \frac{\beta^\circ}{120^\circ} \quad (3.5.7)$$

Diş dibi gerilmesi σ_F nin, yapıldığı malzemeye bağlı olarak dişli çarkın diş diplerinde taşıyabileceği en büyük gerilme σ_{Fmaks} dan küçük olması gerekmektedir. İki gerilmenin birbirine oranı emniyet katsayısını (S) verir. Uygulama alanlarında kullanılan dişli çark mekanizmalarında emniyet katsayısı $S=1,3 \dots 1,5$ arasında seçilerek tasarım ve üretim yapılır.

$$S = \frac{\sigma_{Fmaks}}{\sigma_F} \quad (3.5.8)$$

Diş dibinde taşınabilecek maksimum gerilme;

$$\sigma_{Fmaks} = \sigma_{Flim} \cdot Y_N \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_X \quad (3.5.9)$$

σ_{Flim} ; çentiksiz numuneden elde edilmiş eğilme sürekli mukavemet değeridir. (Çizelge 3.1.11)

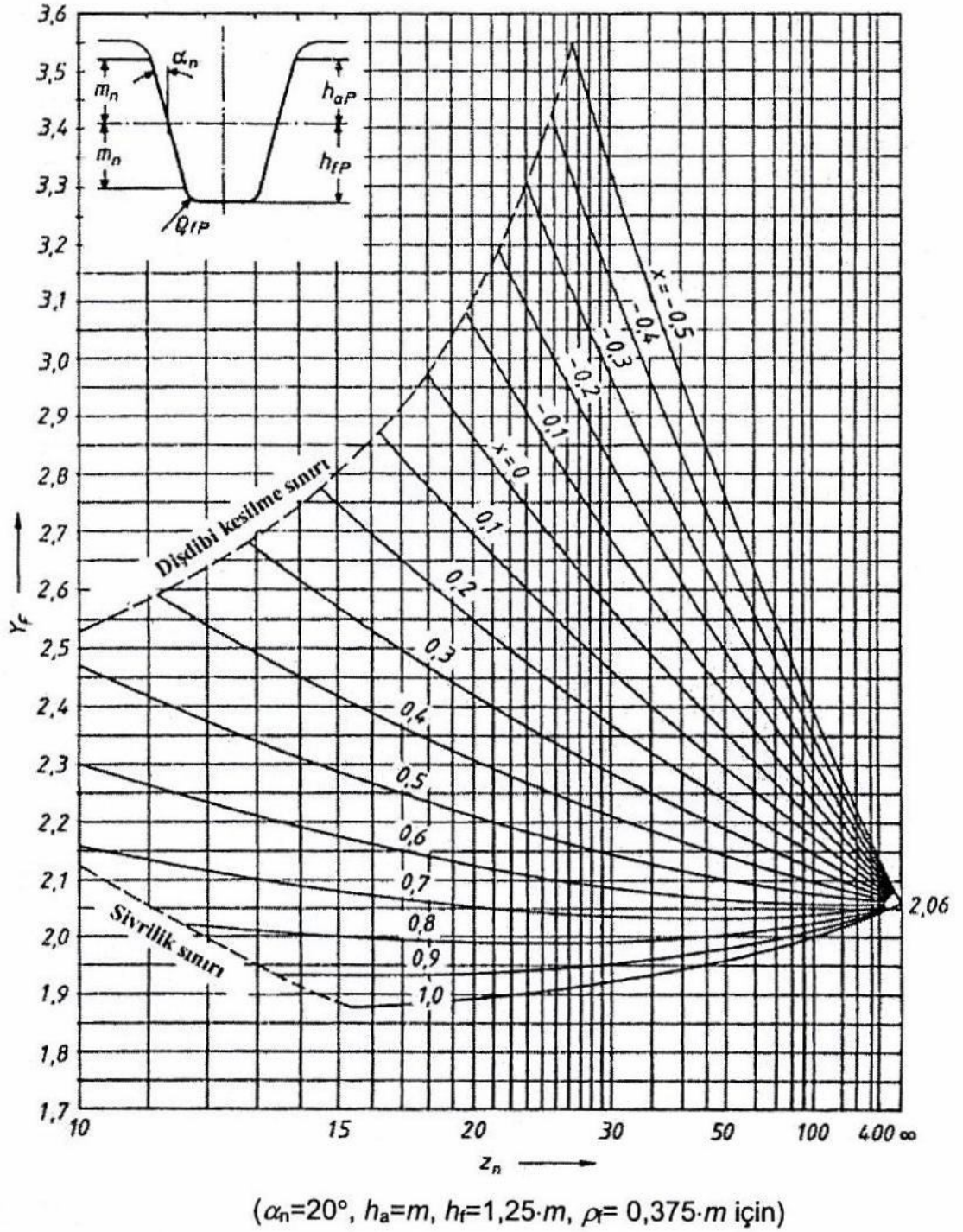
Y_N ; ömür faktörüdür. Dişli çark sonsuz mukavim olacaksa 1 alınır. Belirli bir yük tekrarı sayısı kadar ömür yeterli görülüyorsa Şekil 3.5.4 den okunan değerler kullanılır.

Y_δ ; göreceli destek sayısıdır. Dişli malzemesinin çentiğe duyarlılığını ifade eder.

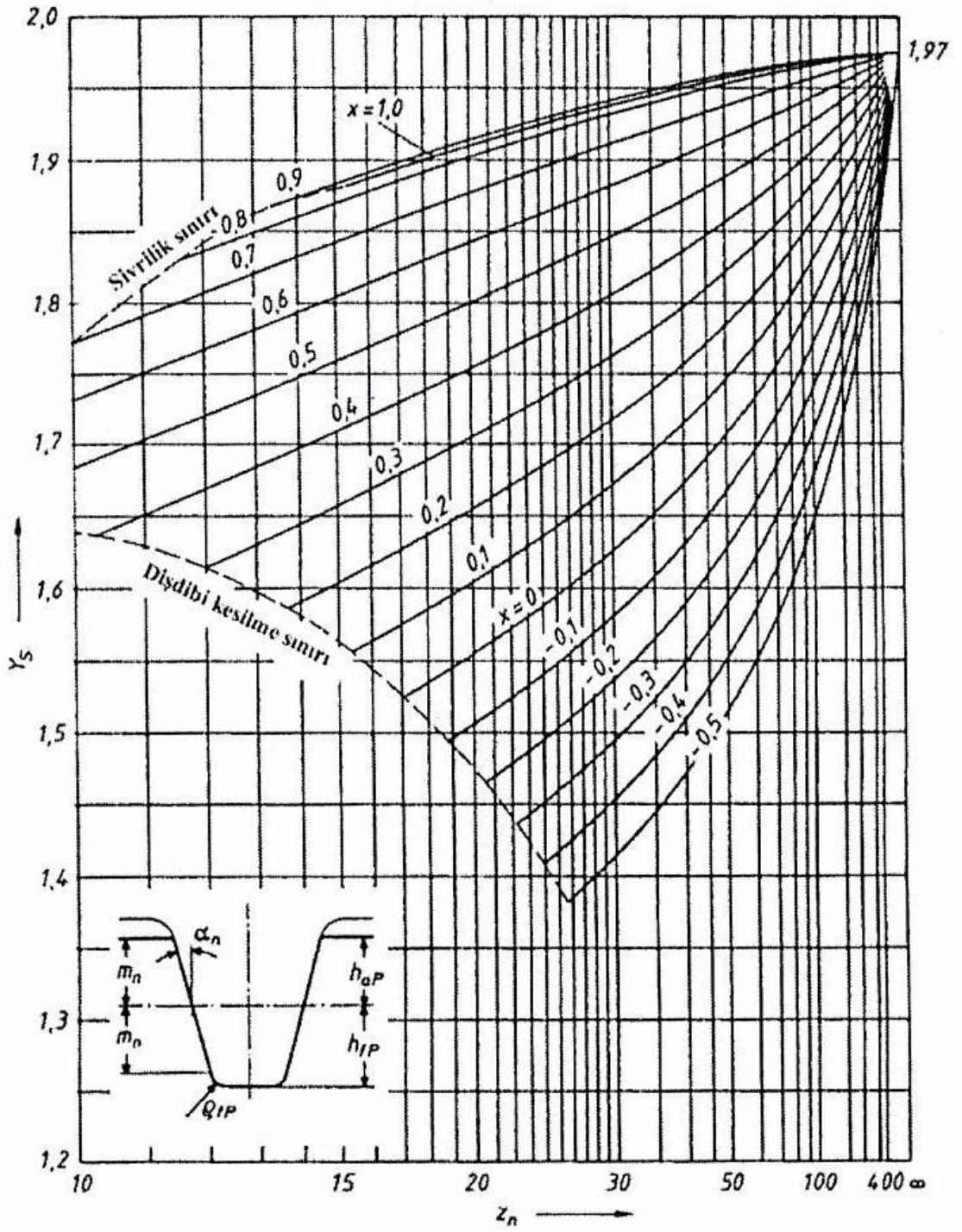
Y_R ; göreceli yüzey faktörüdür. Diş dibi kavisindeki yüzey pürüzlerini dikkate alır.

Y_X ; büyüklük faktörüdür.

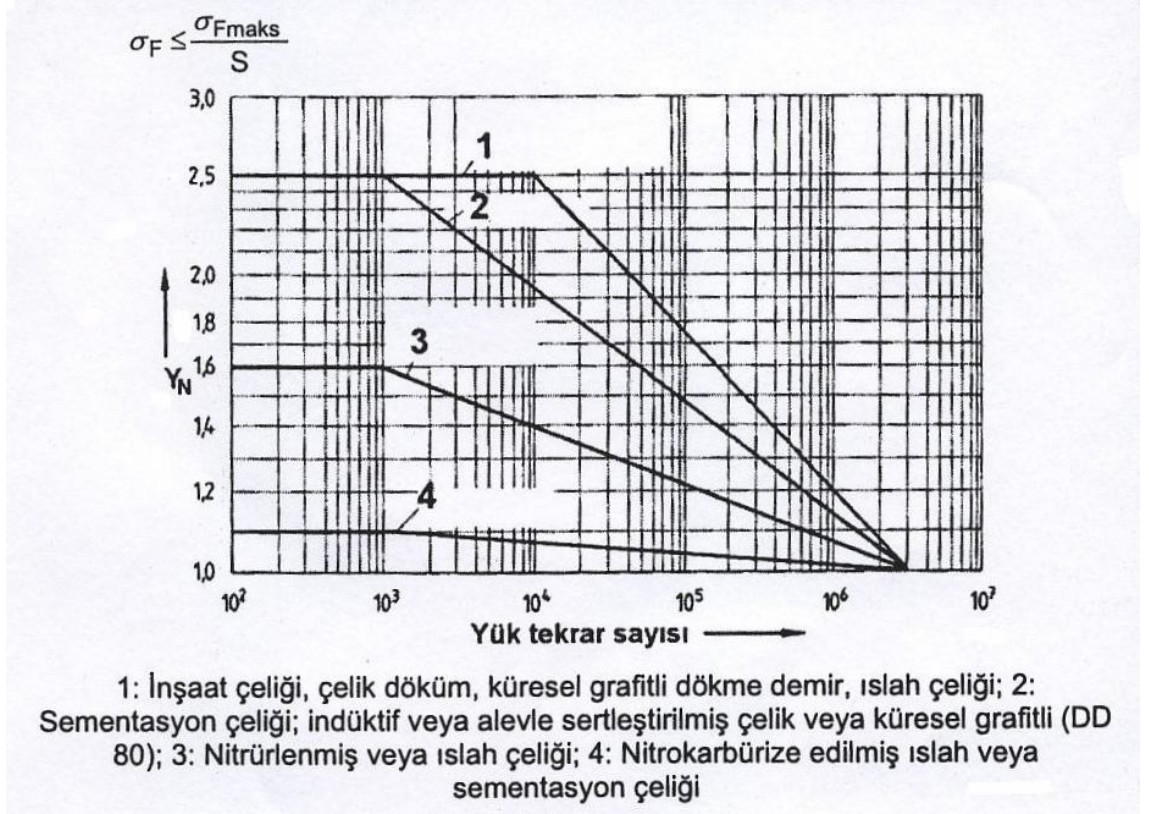
Y_δ, Y_R ve Y_X faktörlerinin değeri 1'e çok yakındır. Çok büyük hassasiyet gerektirmeyen hallerde $Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_X \cong 1$ alınabilir.



Şekil 3.5.3 Dış Form Faktörü Y_f



Şekil 3.5.4 Gerilim Düzeltme Faktörü Y_s



Şekil 3.5.5 Ömür Faktörü Y_N

3.5.2. Yan Yüzey Mukavemeti Kontrolü

Dişli çarkın mukavemet kontrolünde incelenmesi gereken ikinci konu, yan yüzeylerde oluşan basınçtır. Dişlerin birbirlerine temas ettikleri noktalarda diş kuvveti F_D nin etkisi ile dişler deformasyona uğrarlar. Bundan dolayı dişler arasındaki temas çizgi teması değil yüzey temasıdır. Hertz Teorisi 'ne göre hesaplanan yüzey basıncı izin verilen değeri aşınca yüzeyde, özellikle yuvarlanma dairesi civarında çukurcuklar oluşur. Pitting denilen bu olay ile yüzey bozulmaya başlar.

Dişli çarklarda; özellikle tehlikeli nokta olarak belirlenen yuvarlanma noktasındaki yüzey basıncı kuvvet, çevrim oranı ve geometriye bağlıdır. Geometri yan yüzeylerin eğrilik çapı ile ilişkilidir ve buna bölge faktörü adı verilir.

Bölge faktörü Z_H değerleri Şekil 2.1.28 den okunabilir veya hesaplanabilir.

Elastisite faktörü Z_E ; dişlinin üretildiği malzemelere bağlıdır. Çeşitli malzeme çiftleri için elastisite faktörleri değerleri Çizelge 2.1.13 den okunabilir.

Kavrama faktörü Z_ϵ ; düzgün dönen dişli mekanizmalarında kuvvet bir yada iki diş tarafından karşılanır. Dolayısıyla kuvvet dağılımı hep aynı olmaz. Kavrama faktörü Şekil 2.2.29 den veya düz dişli ve $\epsilon_\beta < 1$ olan helisel dişlilerde;

$$Z_\epsilon = \sqrt{\frac{4 - \epsilon_\alpha \cdot (1 - \epsilon_\beta) + \frac{\epsilon_\beta}{\epsilon_\alpha}}{3}} \quad (3.5.10)$$

$\epsilon_\beta \geq 1$ olan helisel dişlilerde;

$$Z_\epsilon = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_\alpha}} \quad (3.5.11)$$

Eğim faktörü Z_β ;

$$Z_\beta = \sqrt{\cos \beta} \quad (3.5.12)$$

Hatasız imal edilmiş dişlideki yüzey basıncı;

$$\sigma_{HC} = \sqrt{\frac{F_t}{b \cdot d_{t1}} \cdot \frac{z_2 + z_1}{z_2}} \cdot Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\epsilon \cdot Z_\beta \quad (3.5.13)$$

Diş dibi mukavemetinde olduğu gibi burada da iç ve dış ek kuvvetlerin etkilerini hesaba katmamız gerekir. Bu faktörler;

K_A : İşletme faktörü, Çizelge 2.2.6

K_V : Dinamik faktör

$K_{H\beta}$: Genişlik faktörü, $K_{H\beta} \approx K_{F\beta}^{1,39}$

$K_{H\alpha}$: Alın faktörü

Bu faktörlerinde etkisiyle yan yüzey basıncı;

$$\sigma_H = \sigma_{HC} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}} \quad (3.5.14)$$

Yan yüzeyde oluşan basınç σ_H , dişli çiftinden mukavemet değeri daha küçük olanın taşıyabileceği en büyük bası gerilmesi σ_{Hmaks} dan küçük olmalıdır. σ_{Hmaks} malzeme değerinin dışında pek çok faktöre bağlıdır.

Ömür faktörü Z_N ; sürekli mukavemet isteniyorsa $Z_N = 1$ alınır. Zaman mukavemeti isteniyorsa daha büyük değerler alınır. (Şekil 3.5.5)

Yağlama faktörü Z_L ; kullanılan yağın viskozitesine bağlıdır.

Hız faktörü Z_V ; kayma hızının dişler arasında yağ filmi oluşturma etkisini ifade eder.

Pürüz faktörü Z_R ; yüzey pürüzlerinin etkisini gösterir.

Malzeme çifti faktörü Z_W ; dişli malzemelerinin aynı yada farklı sertlikte oldukları durumdaki etkileşimi belirtir. Eğer eş çalışan iki dişli de sertleştirilmiş veya her ikisi de sertleştirilmemiş ise $Z_W = 1$ alınır. Aksi halde yumuşak dişlinin Brinell sertliğine göre 1-1,2 arasında değişir. (Çizelge 2.1.12)

Büyüklik faktörü Z_X ; malzemeye ve dişli modülüne bağlıdır. 0,7 ile 1 arasında değişir.

Dişli çarkın hasarsız dayanabileceği maksimum yüzey basıncı;

$$\sigma_{Hmaks} = \sigma_{Hlim} \cdot Z_N \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X \quad (3.5.15)$$

Z_L, Z_V, Z_R, Z_W ve Z_X faktörlerinin değerleri 1 civarında olduğundan ve çoğu zaman birbirlerini dengeledikleri için;

$$Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X = 1 \quad (3.5.16)$$

alınarak yapılan hesaplar oldukça doğru sonuçlar verir.

Diş dibi mukavemeti hesabına benzer şekilde dişte oluşan yüzey basıncı σ_H , dişin dayanabileceği maksimum basınç değerinden küçük olmalıdır.

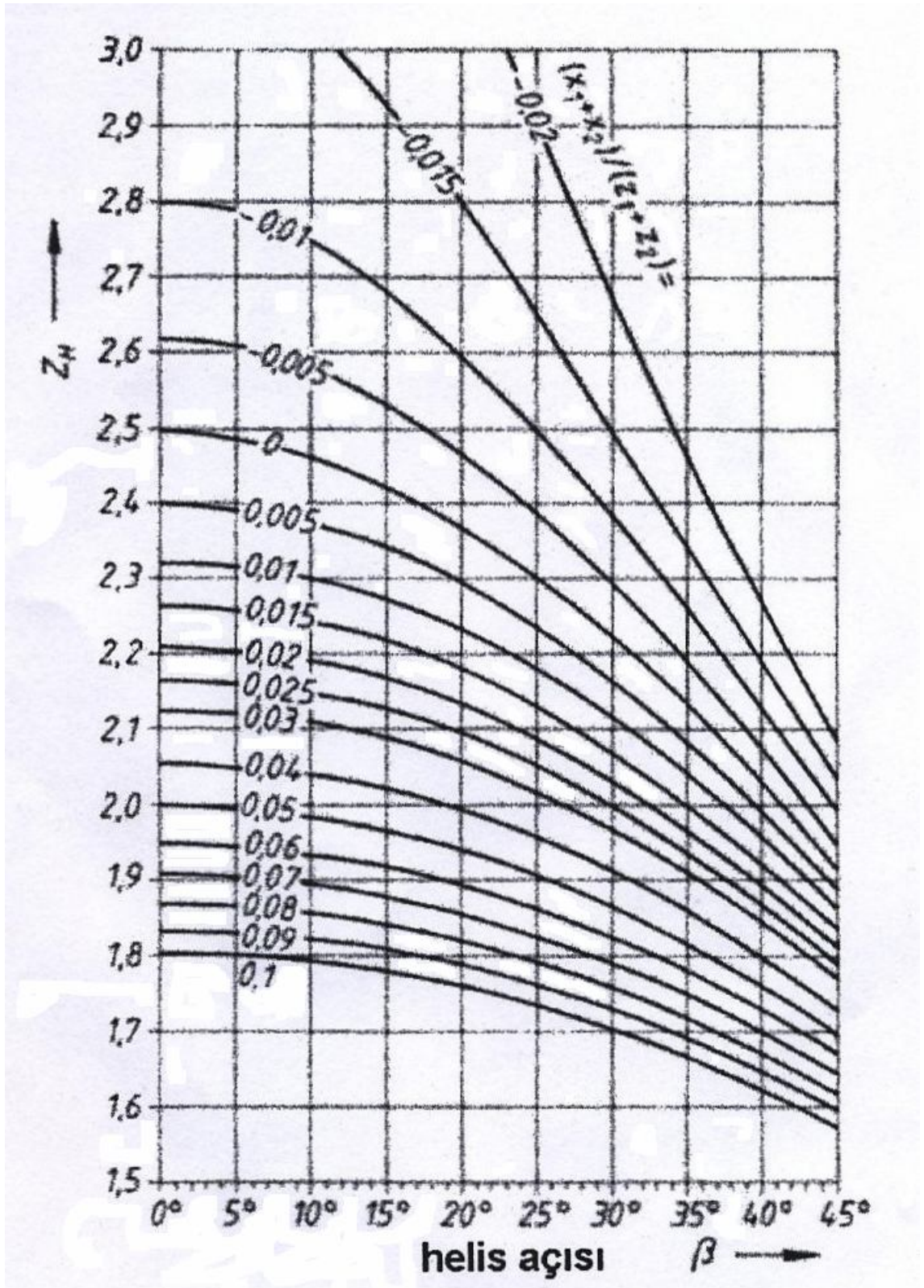
Dişlinin dayanabileceği maksimum basıncın mevcut basınca oranı emniyet katsayısı;

$$S = \frac{\sigma_{Hmaks}}{\sigma_H} \quad (3.5.17)$$

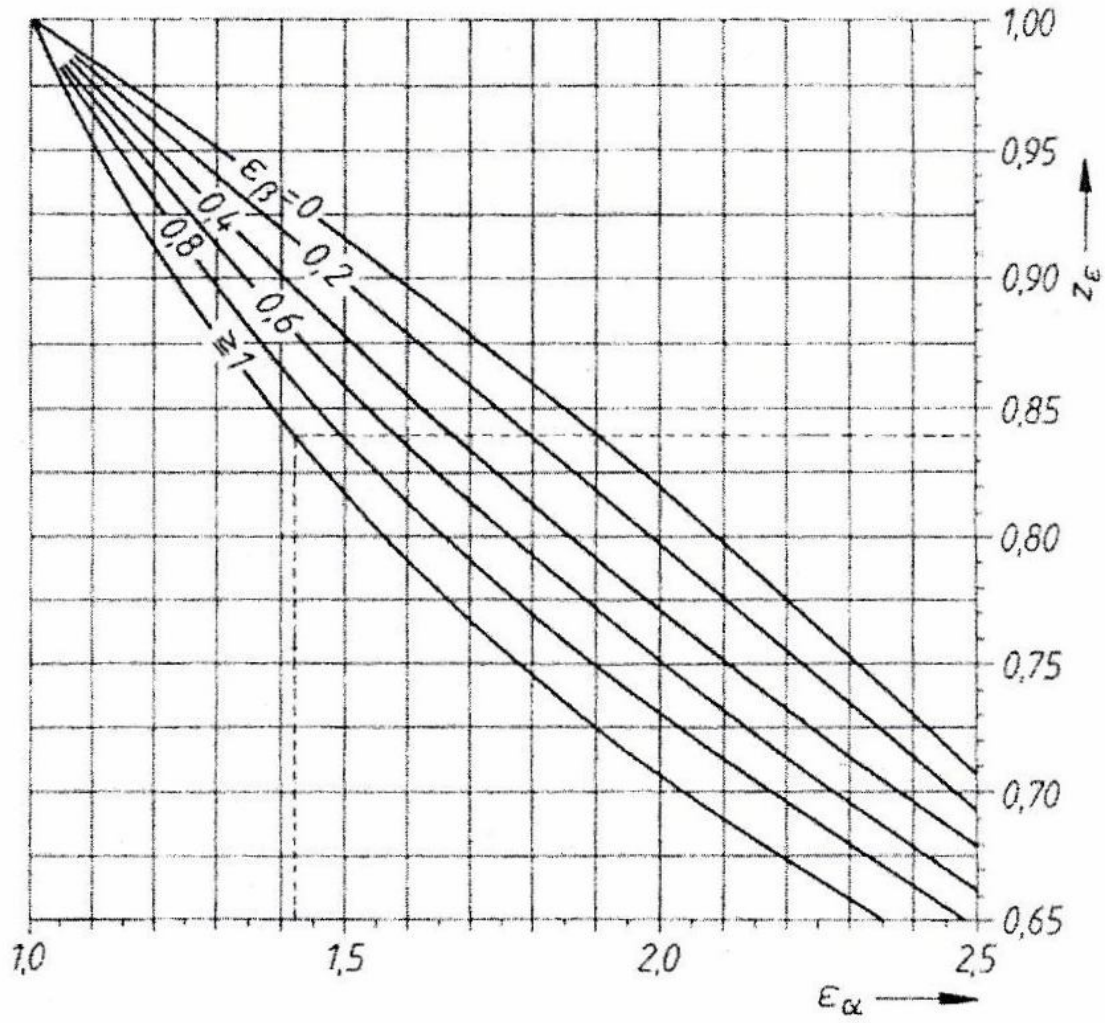
$\sigma_H \leq \frac{\sigma_{Hmaks}}{S}$ olmalıdır. Eş çalışan iki dişli çark farklı malzemelerden yapıldıysa σ_{Hlim} değeri küçük olan dişli için emniyet katsayısı kontrol edilmelidir. Önerilen emniyet katsayısı $S \approx 1,3$ olup, hasar halinde doğacak sorunlar büyük ise $S \approx 1,6$ alınmalıdır.

Çizelge 3.5.7 Dişli Çark Malzeme Değerleri

Malzeme	Sembol		Yüzey Sertliği	$\sigma_{F\lim}$ N/mm ²	$\sigma_{H\lim}$ N/mm ²
	Eski (DIN)	Yeni (EN)			
Lamel grafitli dökme demir	GG 20	GJL-200	180 HB	40	300
	GG 25	GJL-250	220 HB	55	360
Siyah temper döküm	GTS 35-10	GJMB-350	150 HB	165	320
	GTS 65	GJM-650	220 HB	205	460
Küresel grafitli DD	GGG 40	GJS-400	180 HB	185	370
	GGG 60	GJS-600	250 HB	225	490
Alaşımız çelik döküm	GS 52	GS 52.1	160 HB	140	320
	GS 60	GS 60.1	180 HB	160	380
Genel imalat çeliği	St50-2	E295	160 HB	160	370
	St60-2	E335	190 HB	175	430
	St70-2	E360	210 HB	205	460
İslah çelikleri (çelik döküm ise $\sigma_{H\lim}$ 80 N/mm ² $\sigma_{F\lim}$ 40 N/mm ² daha az)	Ck45	C45EN	190 HB	155...200	470...530
	34CrMo4	34CrMo4QT	270 HB	220...290	630...710
	42CrMo4	42CrMo4QT	300 HB	225...310	680...760
	34CrNiMo6	34CrNiMo6QT	310 HB	225...315	680...770
	34CrNiMo16	34CrNiMo16QT	350 HB	240...325	750...830
İslah çelikleri, alevle veya indüksiyonla sertleştirilmiş	Ck45	C45E	50...55 HRC	Diş dibi de sertleştirilmiş 250...375 Diş dibi serleştirilmemiş 150...225	1000...1230
	34CrMo4	Dişler tek tek sertleştirilmiş			
	34CrNiMo6	Dişler tek tek sertleştirilmiş			
Uzun süre gazla nitrülenmiş ıslah ve sementasyon çeliği	42CrMo4	42CrMo4QT	48...57 HRC	270...370	780...1000
	Sertlik derinliği < 0,6 mm $R_m > 800$ N/mm ² m < 16 mm				
	16MnCr5	16MnCr5QY			
	Sertlik derinliği < 0,6 mm $R_m > 700$ N/mm ² m < 10 mm				
Sertleştirilmiş sementasyon çelikleri	16MnCr5 m < 20 mm	58...62 HRC	310...500	1300...1500	
	15CrNi6 m > 16 mm Darbeli çalışmada m > 5 mm				



Şekil 3.5.6 Bölge Faktörü Z_H



Şekil 3.5.7 Kavrama Faktörü Z_ϵ

Çizelge 3.5.8 Malzeme Çifti Faktörü Z_w

Yumuşak Dişlinin Brinell Sertliği	130	200	300	400	470
Z_w	1,2	1,12	1,1	1,04	1

Çizelge 3.5.9 Elastisite Faktörü Z_E

Pinyon				Dişli Çark				Elastisite (Malzeme) faktörü Z_E $\sqrt{N/mm^2}$
İsim	Sem bol	Elastisite modülü N/mm ²	Poisson oranı	İsim	Sem bol	Elastisite modülü N/mm ²	Poisson oranı	
Çelik	St	206000	0,3	Çelik	St	206000	0,3	189,8
				Çelik Döküm	GS	202000		188,9
				Küresel Grafitli Dökme Demir	GGG	173000		181,4
				Kalay Bronz Döküm	G- Sn Bz	103000		155
				Bakır Kalay (Kalay bronz)	Cu Sn	113000		159,8
				Lamel Grafitli Dökme Demir	GG	118000 126000		162,0 165,4
Çelik Döküm	GS	202000	0,3	Çelik Döküm	GS	202000	0,3	188
				Küresel Grafitli Dökme Demir	GGG	173000		180,5
				Lamel Grafitli Dökme Demir	GG	118000		161,4
Küresel Grafitli Dökme Demir	GGG	173000	0,3	Küresel Grafitli Dökme Demir	GGG	173000	0,3	173,9
				Lamel Grafitli Dökme Demir	GG	118000		156,6
Lamel Grafitli Dökme Demir	GG	118000	0,3	Lamel Grafitli Dökme Demir	GG	118000	0,3	143,7
		126000						146
Çelik	St		0,3	Duroplast		≈ 7850	0,5	56,4

Çizelge 3.5.10. Mekanizma Verimleri

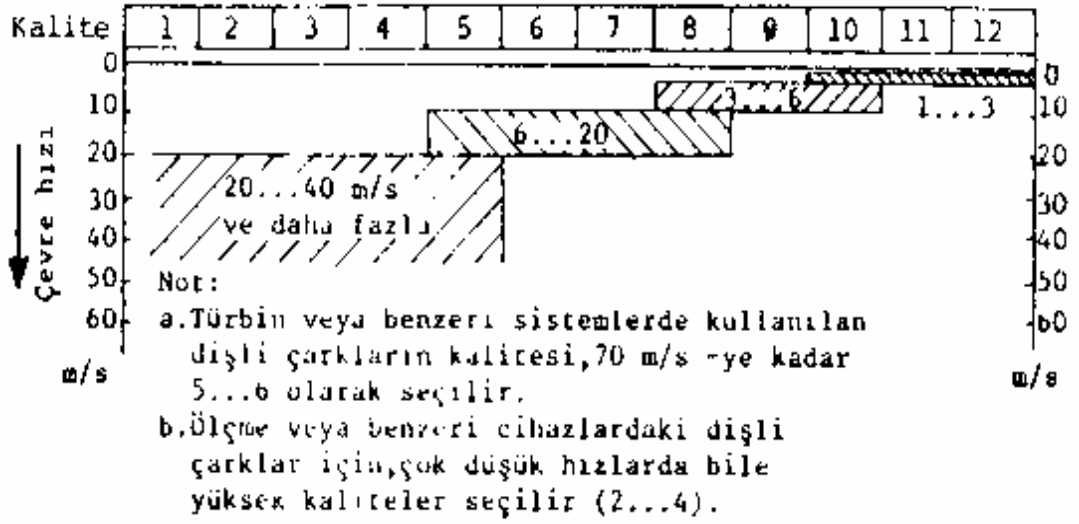
Mekanizma Tipi	Verim (η)	Mekanizma Tipi	Verim (η)
Silindirik Dişli Çarklar	0,97...0,99	Düz Kayış Kasnak Mekanizması	0,95...0,98
Konik Dişli Çarklar	0,97...0,99	V Kayış Mekanizması	0,92...0,94
Sonsuz Vida Mekanizması;		Dişli Kayış Mekanizması	0,96...0,98
1- Kilitlenmesiz	0,65...0,85	Zincir Mekanizması	0,96...0,98
2- Kilitlenmeli	0,30...0,45	Sürtümlü Çark Mekanizması	0,90...0,96

3.6. Dişli Çarkların Kaliteleri

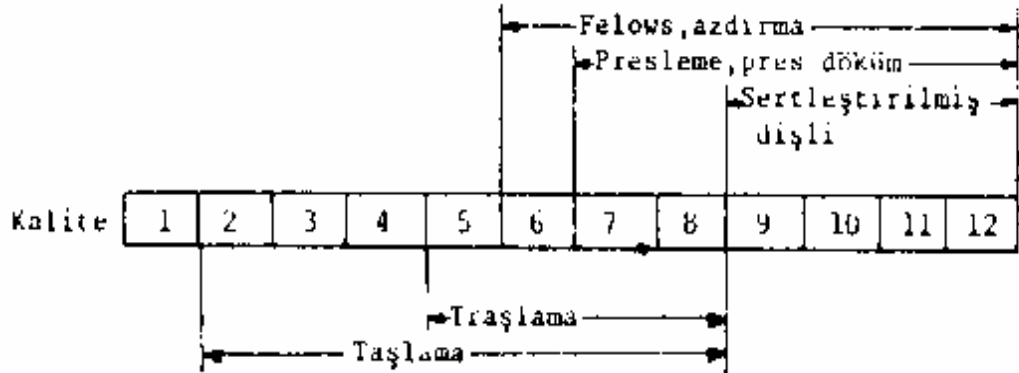
İmalat ve montaj esnasında dişli çarklarda bir takım hatalar meydana gelmektedir. Bu hatalar; özellikle yüksek hızlarda, dişlere ait kuvveti etkileyerek dinamik kuvvet denilen ek bir kuvvet oluşumu ve tüm dişli kutusu sisteminde titreşim ve bunun sonucu olan gürültünün oluşmasıdır.

Bu nedenle dişli çarkların daha iyi bir şekilde çalışması için hataların sınırlandırılması gerekir. Ölçme yolu ile belirlenen hatalar, aslında dişli çarkların doğruluğunu ifade etmektedir. Doğruluğun derecesi ise dişli çarkların kalitesini belirlemektedir. Pratikte hataların sınırlandırılması, asıl olarak dişli çarkların kalite bakımından sınıflandırılması ile gerçekleşir.

DIN standardında 1 ile 12 arasındaki rakamlarla simgelenen 12 kalite sınıfı belirlenmiştir. 1. kalitenin doğruluk derecesi en yüksek ve buna karşılık gelen hatalar en küçük, 12. kalitenin doğruluk derecesi en kaba ve buna karşılık gelen hataların değeri en büyüktür. Şekil 2.1.30 ve Şekil 2.1.31 'de dişli çarkların kullanma alanlarına (a), çevre hızlarına (b) ve imalat yöntemlerine karşılık gelen kaliteleri gösterilmiştir. Genellikle makine konstrüksiyonunda kullanılan dişliler 5. kaliteden daha düşük yani 6., 7. ve 8. kalitedendir. 5. kalitenin üstünde olan kaliteler (3, 4) alet ve ölçme cihazlarında kullanılan dişliler içindir.



b. Çevre hızına göre



c. İmalat yöntemine göre

Şekil 3.6.2 Dişli Kaliteleri

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Sonuçları

Bu çalışmada hazırlanan bilgisayar programı üzerinde çeşitli parametreler değiştirilerek helisel dişli çarkların performansları incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Referans olarak alınan helisel dişli çarka ait parametre verileri aşağıda verilmiştir.

Veriler

$$P_1 = 63 \text{ kW}$$

$$n_1 = 1450 \text{ dev/dak}$$

$$n_2 = 350 \pm 5 \text{ dev/dak}$$

$$z_1 = 17$$

$$\beta = 10^\circ$$

$$\text{Malzemeler: 18CrNiMo} \quad \left(\sigma_{F \text{ lim}} = 430 \frac{N}{mm^2}, \quad \sigma_{H \text{ lim}} = 1500 \frac{N}{mm^2} \right)$$

Tahrik: Elektrik motoru

İş makinesi: Orta darbeli tezgah

İşletme Faktörü (K_A): 1,25

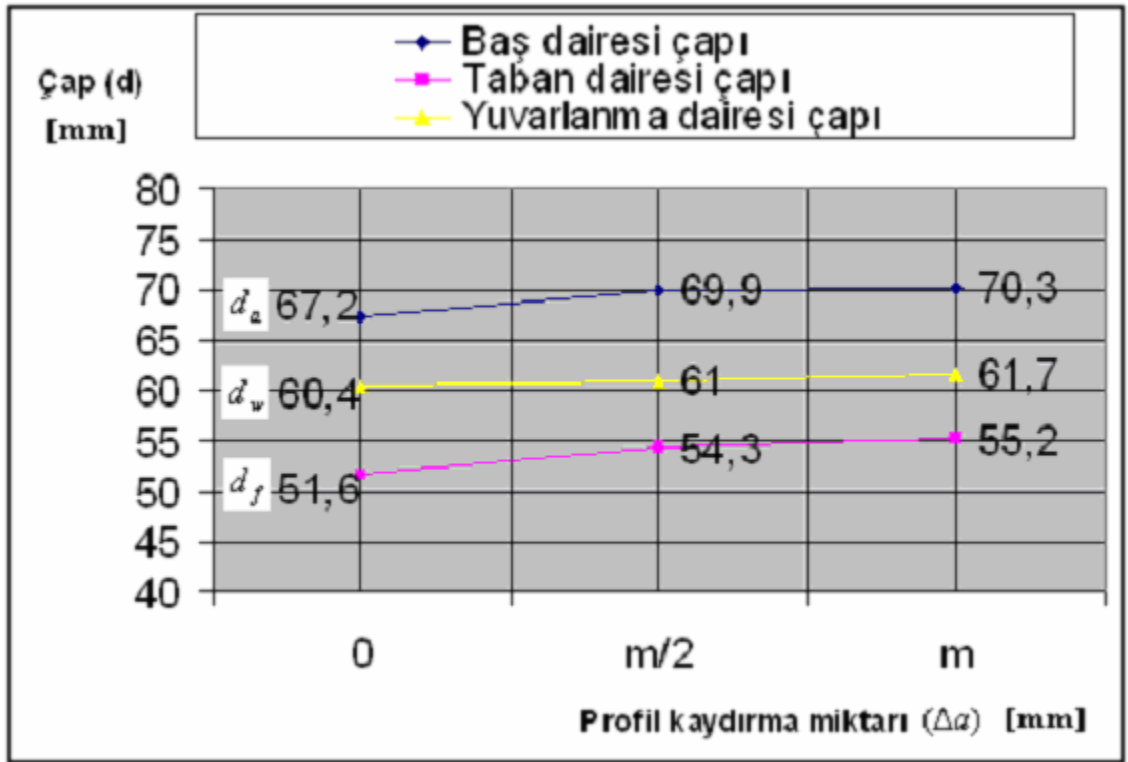
Kalite: 6

Referans dişli çarka ve diğerlerine ait tasarım sonuçları aşağıdaki tablolarda ayrıca verilmiştir.

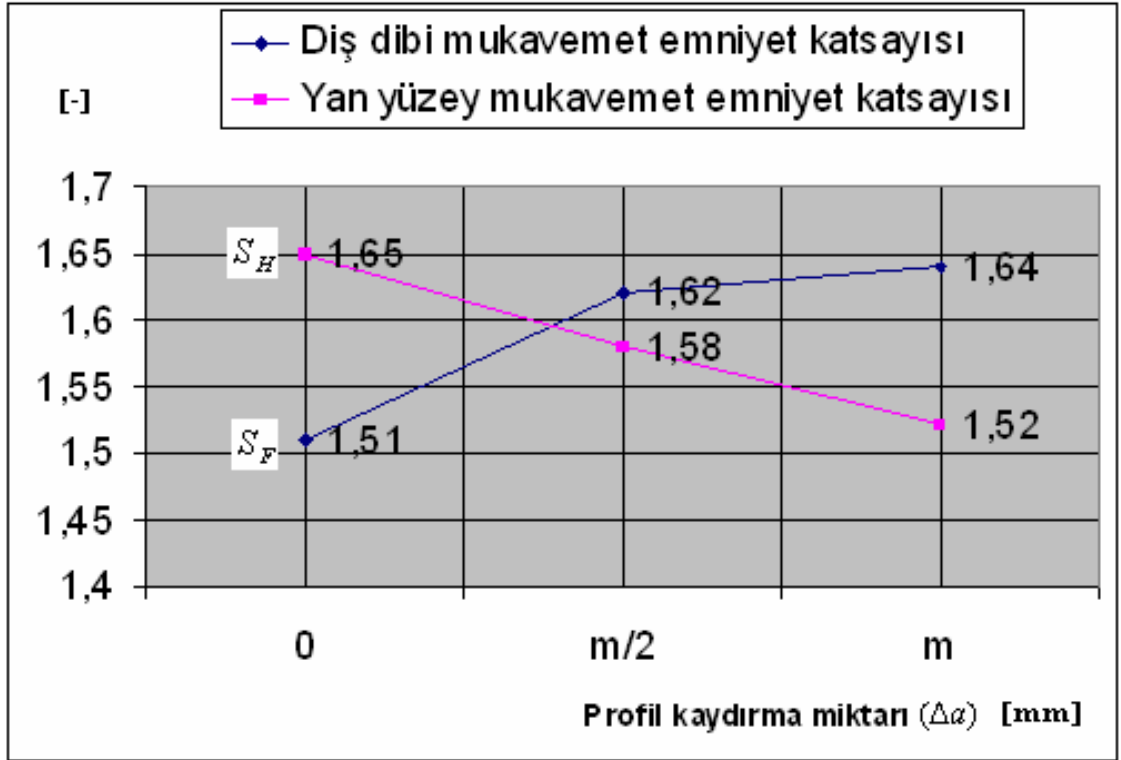
Profil Kaydırma

6. kalitedeki referans dişliye $m_n/2$ kadar profil kaydırma uygulandığında; eksenler arası mesafe %1 oranında artmıştır. Kavrama açısı % 6,7 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.3) Baş dairesi çapı % 4 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 5 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 1 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.1) Profil kavrama oranı % 8,4 oranında azalmıştır. Diş dibi mukavemeti % 7,7 oranında artmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 4 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.2)

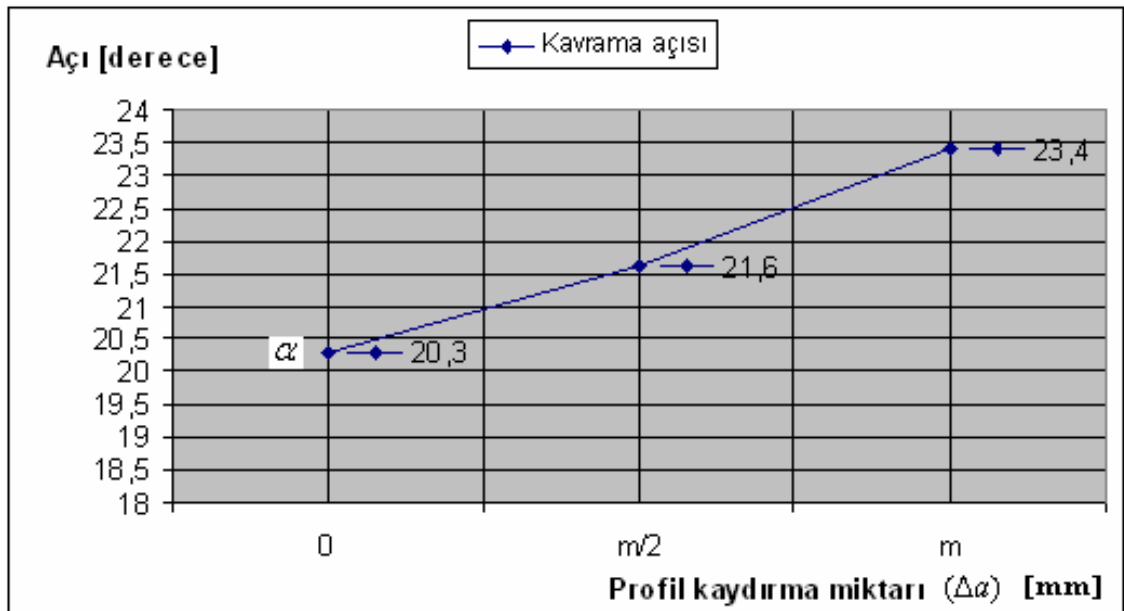
6. kalitedeki referans dişliye m_n kadar profil kaydırma uygulandığında; eksenler arası mesafe %2,3 oranında artmıştır. Kavrama açısı % 15,3 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.3) Baş dairesi çapı % 4,7 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 6,9 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 2,3 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.1) Profil kavrama oranı % 14,8 oranında azalmıştır. Diş dibi mukavemeti % 8,7 oranında artmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 7,7 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.2)



Şekil 4.1.1 6. Kalite dişli için profil kaydırma miktarına göre çapların değişimi



Şekil 4.1.2 6. Kalite dişli için profil kaydırma miktarına göre emniyet katsayılarının değişimi



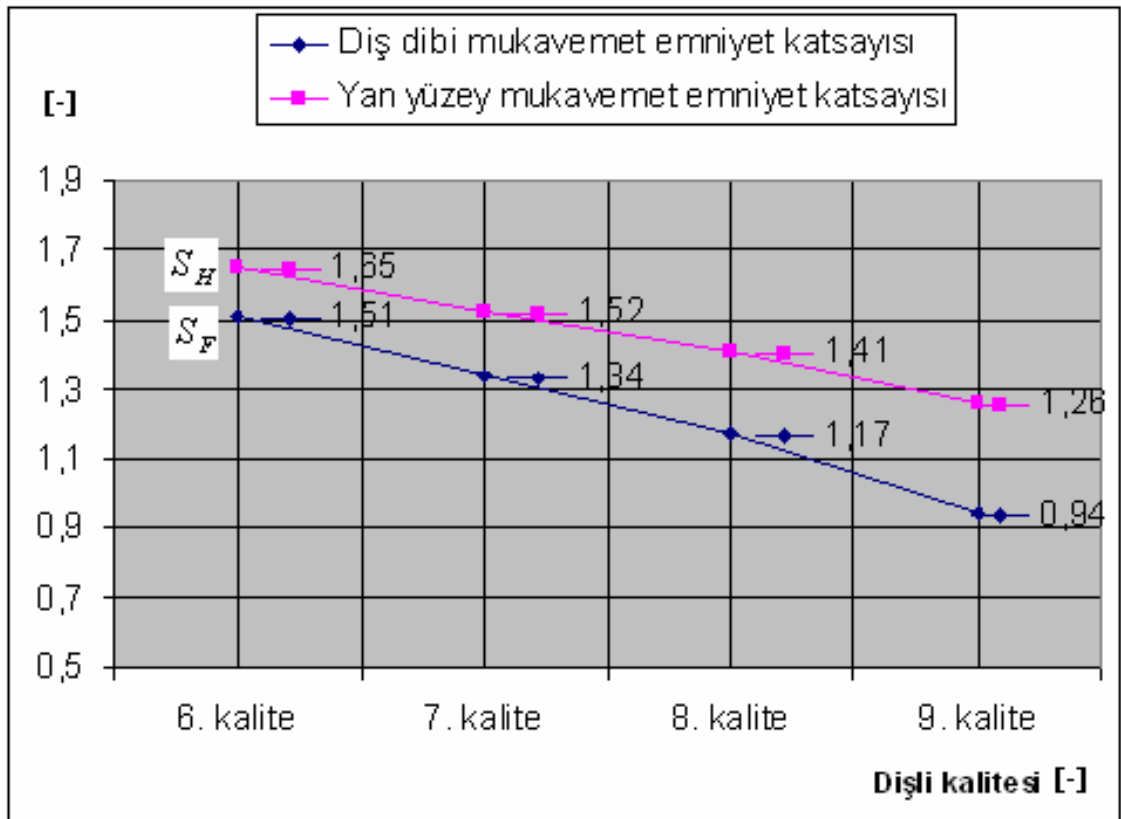
Şekil 4.1.3 6. Kalite dişli için profil kaydırma miktarına göre kavrama açısının değişimi

Kalite

6. kalitedeki referans dişli, 7. kalitedeki dişli ile kıyaslandığında; diş dibi mukavemeti % 11 oranında azalmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 8 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.4)

6. kalitedeki referans dişli, 8. kalitedeki dişli ile kıyaslandığında; diş dibi mukavemeti % 22,4 oranında azalmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 14,6 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.4)

6. kalitedeki referans dişli, 9. kalitedeki dişli ile kıyaslandığında; diş dibi mukavemeti % 37,6 oranında azalmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 24 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.4)



Şekil 4.1.4 Dişli kalitelerine bağlı olarak emniyet katsayılarının değişimi

Modül

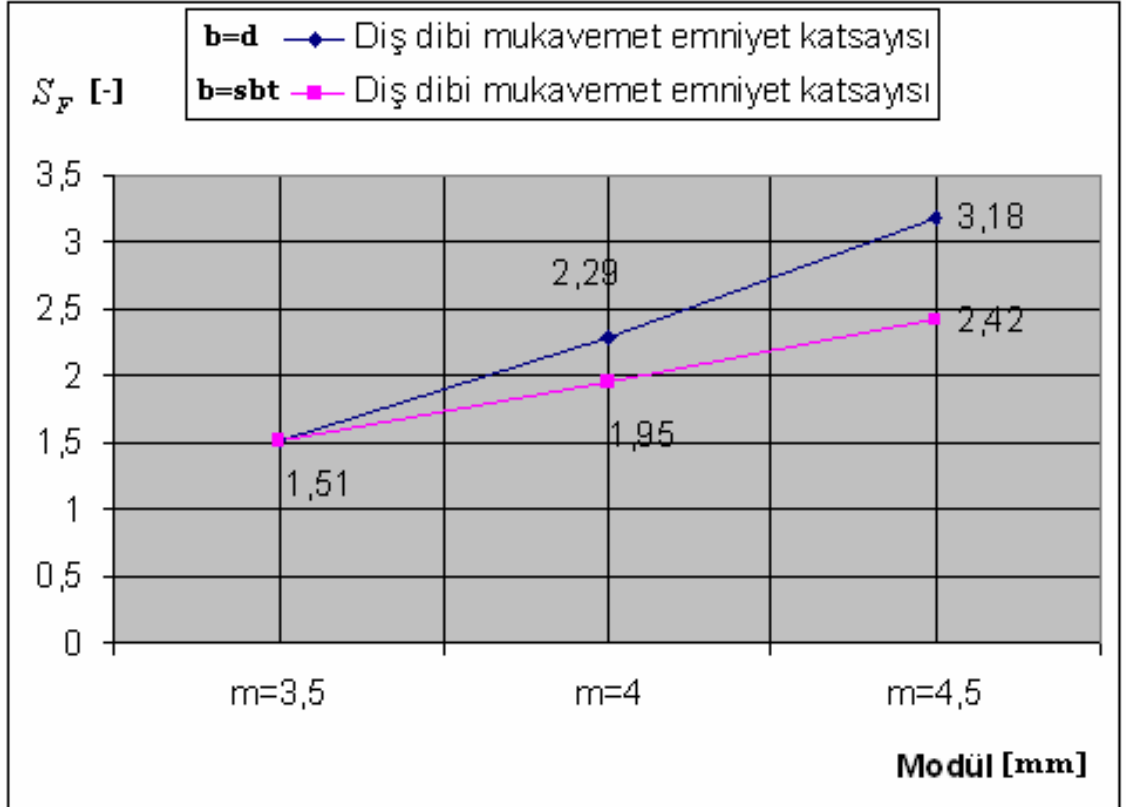
6. kalitedeki referans dişli, $m_n=4$ ve $b=d$ olan dişli ile kıyaslandığında; eksenler arası mesafe % 14 oranında artmıştır. Teğetsel kuvvet % 12,5 oranında azalmıştır. Eksenel kuvvet % 12,5 oranında azalmıştır. Radyal kuvvet % 12,5 oranında azalmıştır. Baş dairesi çapı % 14 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 14 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 14 oranında artmıştır. Profil kavrama oranı % 0,8 oranında artmıştır. Helis kavrama oranı % 2 oranında artmıştır. Diş dibi mukavemeti % 51,5 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.5) Yan yüzey mukavemeti ise % 19 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.6)

6. kalitedeki referans dişli, $m_n=4$ ve $b=sbt$ olan dişli ile kıyaslandığında; eksenler arası mesafe % 14 oranında artmıştır. Teğetsel kuvvet % 12,5 oranında azalmıştır. Eksenel kuvvet % 12,5 oranında azalmıştır. Radyal kuvvet % 12,5 oranında azalmıştır. Baş dairesi çapı % 14 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 14 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 14 oranında artmıştır. Profil kavrama oranı % 0,8 oranında artmıştır. Helis kavrama oranı % 12,5 oranında azalmıştır. Diş dibi mukavemeti % 29 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.5) Yan yüzey mukavemeti ise % 14,3 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.6)

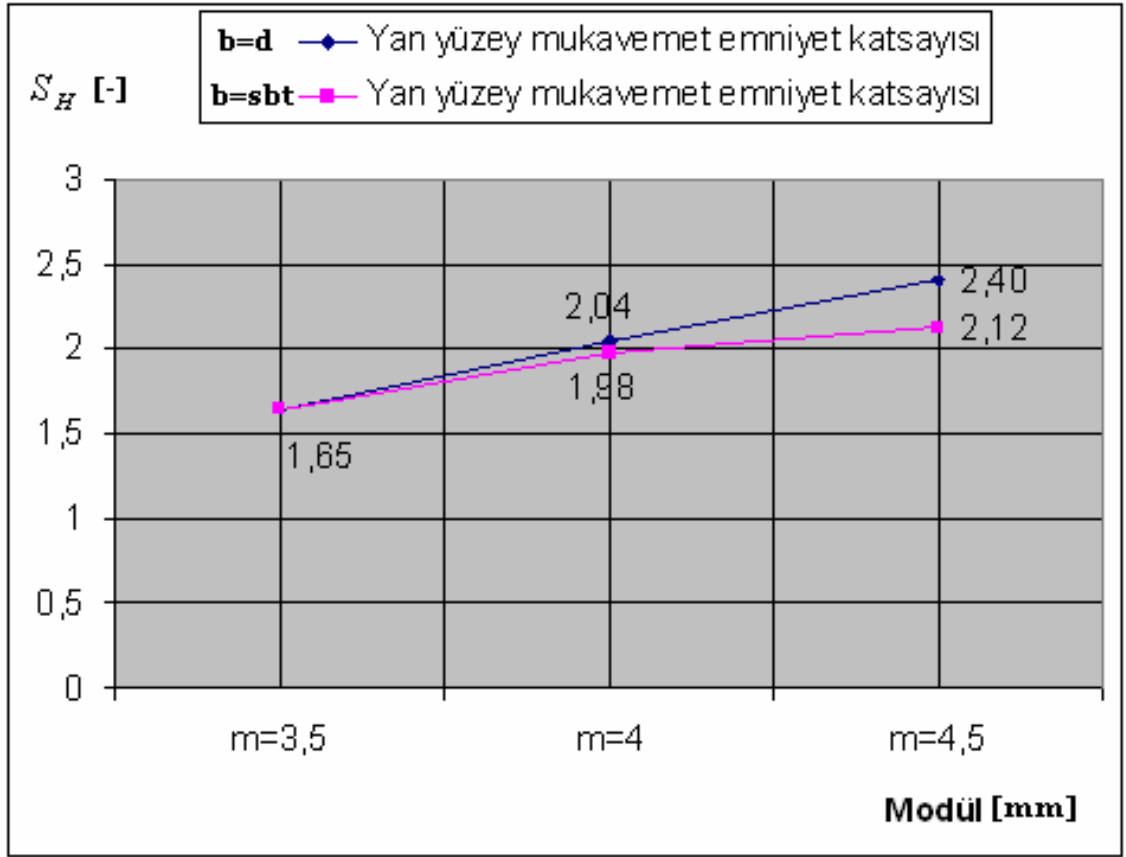
6. kalitedeki referans dişli, $m_n=4,5$ ve $b=d$ olan dişli ile kıyaslandığında; eksenler arası mesafe % 28 oranında artmıştır. Teğetsel kuvvet % 22 oranında azalmıştır. Eksenel kuvvet % 22 oranında azalmıştır. Radyal kuvvet % 22 oranında azalmıştır. Baş dairesi çapı % 28 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 28 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 28 oranında artmıştır. Profil kavrama oranı % 0,8 oranında artmıştır. Helis kavrama oranı % 1 oranında artmıştır. Diş dibi mukavemeti % 110,5 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.5) Yan yüzey mukavemeti ise % 45,3 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.6)

6. kalitedeki referans dişli, $m_n=4,5$ ve $b=sbt$ olan dişli ile kıyaslandığında; eksenler arası mesafe % 28 oranında artmıştır. Teğetsel kuvvet % 22 oranında azalmıştır. Eksenel kuvvet % 22 oranında azalmıştır. Radyal kuvvet % 22 oranında azalmıştır. Baş

dairesi çapı % 28 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 28 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 28 oranında artmıştır. Profil kavrama oranı % 0,8 oranında artmıştır. Helis kavrama oranı % 22,2 oranında azalmıştır. Diş dibi mukavemeti % 60,5 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.5) Yan yüzey mukavemeti ise % 28 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.6)



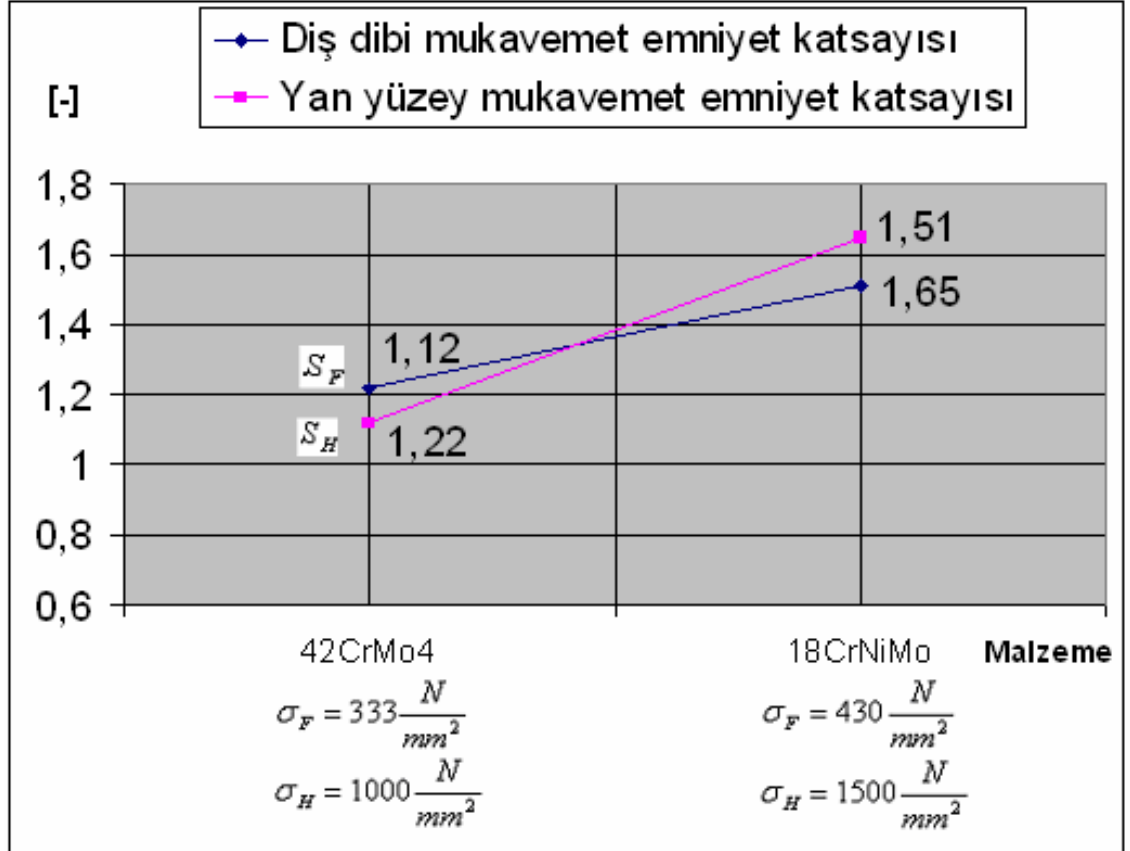
Şekil 4.1.5 Emniyet katsayılarının modül ve diş genişliğine bağlı olarak değişimi



Şekil 4.1.6 Emniyet katsayılarının modül ve diş genişliğine bağlı olarak değişimi

Malzeme

6. kalitedeki referans dişli, malzemesi 42CrMo4 olan dişli ile kıyaslandığında; Profil kavrama oranı % 0,8 oranında artmıştır. Diş dibi mukavemeti % 19,3 oranında azalmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 32,5 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.7)



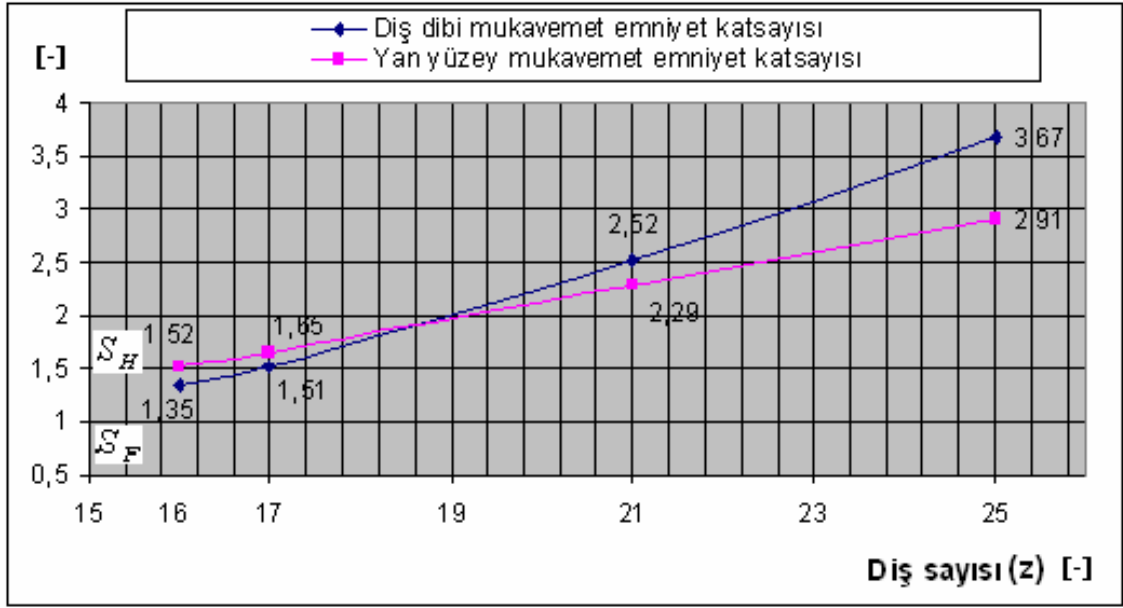
Şekil 4.1.7 Emniyet katsayılarının malzemeye bağlı olarak değişimi

Diş Sayısı

6. kalitedeki referans dişli, diş sayısı 16 olan dişli ile kıyaslandığında; taksimat dairesi çapı % 6 oranında azalmıştır. Eksenler arası mesafe % 6 oranında azalmıştır. Teğetsel kuvvet % 6,3 oranında artmıştır. Eksenel kuvvet % 6,3 oranında artmıştır. Radyal kuvvet % 6,3 oranında artmıştır. Baş dairesi çapı % 5 oranında azalmıştır. Temel dairesi çapı % 6 oranında azalmıştır. Taban dairesi çapı % 7 oranında azalmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 6 oranında azalmıştır. Profil kavrama oranı % 0,1 oranında artmıştır. Helis kavrama oranı % 5 oranında azalmıştır. Diş dibi mukavemeti % 10,5 oranında azalmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 8 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.8)

6. kalitedeki referans dişli, diş sayısı 21 olan dişli ile kıyaslandığında; taksimat dairesi çapı % 23,5 oranında artmıştır. Eksenler arası mesafe % 24,2 oranında artmıştır. Teğetsel kuvvet % 19 oranında azalmıştır. Eksenel kuvvet % 19 oranında azalmıştır. Radyal kuvvet % 19 oranında azalmıştır. Baş dairesi çapı % 21,5 oranında artmıştır. Temel dairesi çapı % 23,5 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 27,5 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 23,6 oranında artmıştır. Profil kavrama oranı % 3,3 oranında artmıştır. Helis kavrama oranı % 25 oranında artmıştır. Diş dibi mukavemeti % 66,6 oranında artmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 38,2 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.8)

6. kalitedeki referans dişli, diş sayısı 25 olan dişli ile kıyaslandığında; taksimat dairesi çapı % 47 oranında artmıştır. Eksenler arası mesafe % 48,4 oranında artmıştır. Teğetsel kuvvet % 32 oranında azalmıştır. Eksenel kuvvet % 32 oranında azalmıştır. Radyal kuvvet % 32 oranında azalmıştır. Baş dairesi çapı % 42,6 oranında artmıştır. Temel dairesi çapı % 47 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 55 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 47,2 oranında artmıştır. Profil kavrama oranı % 5,2 oranında artmıştır. Helis kavrama oranı % 48,3 oranında artmıştır. Diş dibi mukavemeti % 143,4 oranında artmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 76,2 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.8)



Şekil 4.1.8 Emniyet katsayılarının diş sayısına bağlı olarak değişimi

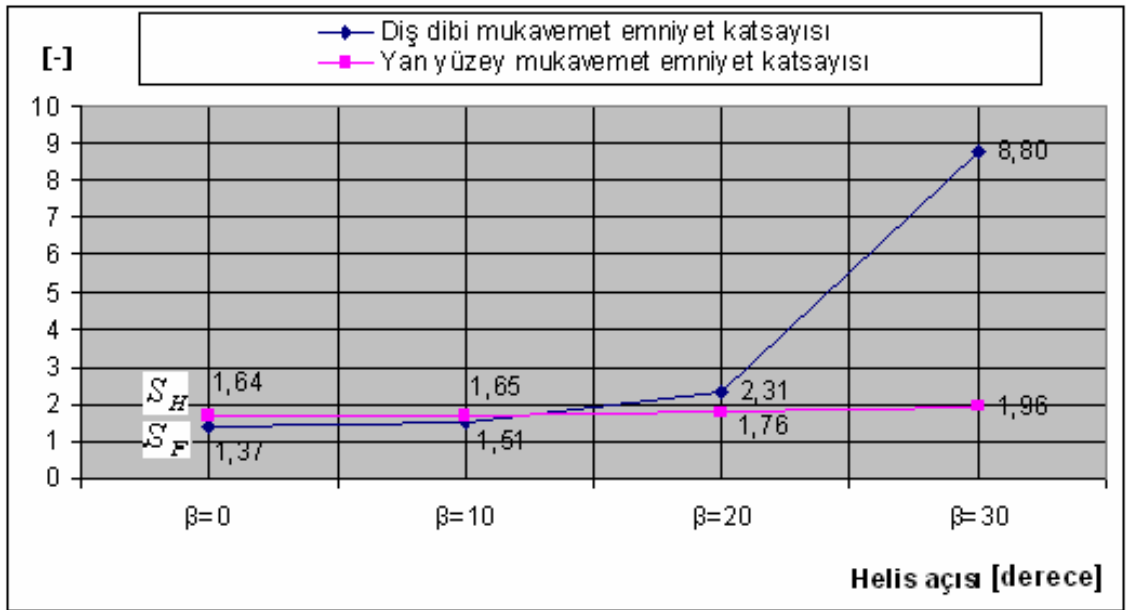
Helis Açısı

6. kalitedeki referans dişli, helis açısı 0 olan dişli ile kıyaslandığında; taksimat dairesi çapı % 1,5 oranında azalmıştır. Eksenler arası mesafe % 1,5 oranında azalmıştır. Kavrama açısı % 1,4 oranında azalmıştır. Teğetsel kuvvet % 1,5 oranında artmıştır. Eksenel kuvvet % 100 oranında azalmıştır. Radyal kuvvet değişmemiştir. Baş dairesi çapı % 1 oranında azalmıştır. Temel dairesi çapı % 1,3 oranında azalmıştır. Taban dairesi çapı % 1,8 oranında azalmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 1,5 oranında azalmıştır. Profil kavrama oranı % 3 oranında artmıştır. Helis kavrama oranı % 100 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.10) Diş dibi mukavemeti % 9,3 oranında azalmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 0,8 oranında azalmıştır. (Şekil 4.1.9)

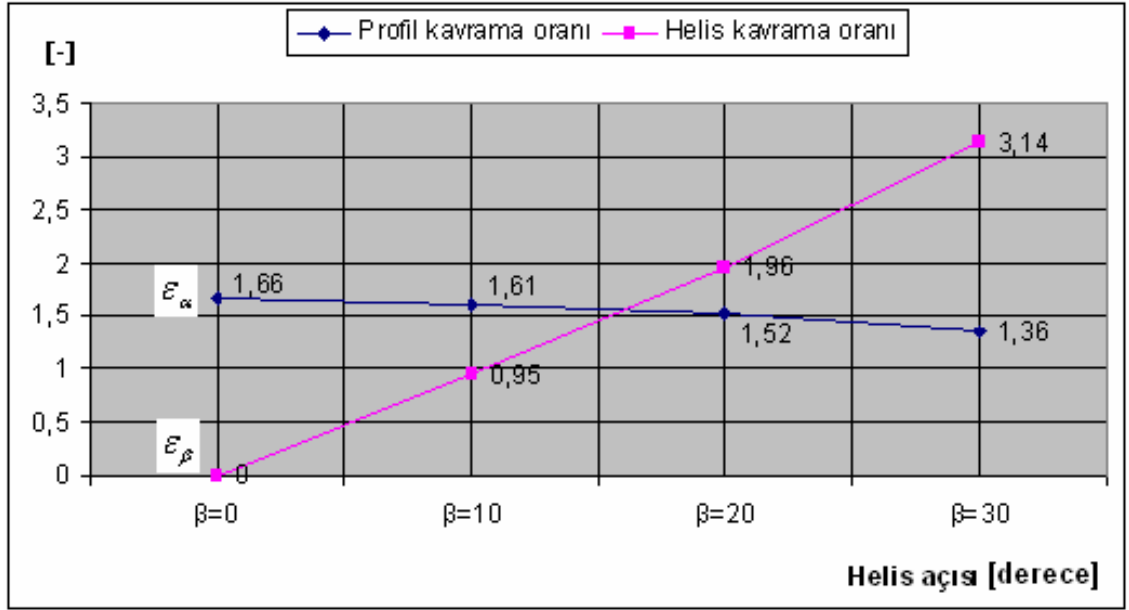
6. kalitedeki referans dişli, helis açısı 20 olan dişli ile kıyaslandığında; taksimat dairesi çapı % 5 oranında artmıştır. Eksenler arası mesafe % 5 oranında artmıştır. Kavrama açısı % 4,4 oranında artmıştır. Teğetsel kuvvet % 4,6 oranında azalmıştır. Eksenel kuvvet % 97 oranında artmıştır. Radyal kuvvet değişmemiştir. Baş dairesi çapı % 4,6 oranında artmıştır. Temel dairesi çapı % 4,2 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı

% 5,6 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 4,7 oranında artmıştır. Profil kavrama oranı % 5,5 oranında azalmıştır. Helis kavrama oranı % 106,8 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.10) Diş dibi mukavemeti % 53,5 oranında artmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 6,6 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.9)

6. kalitedeki referans dişli, helis açısı 30 olan dişli ile kıyaslandığında; taksimat dairesi çapı % 13,7 oranında artmıştır. Eksenler arası mesafe % 13,8 oranında artmıştır. Kavrama açısı % 12,4 oranında artmıştır. Teğetsel kuvvet % 12 oranında azalmıştır. Eksenel kuvvet % 188 oranında artmıştır. Radyal kuvvet değişmemiştir. Baş dairesi çapı % 12,6 oranında artmıştır. Temel dairesi çapı % 11,8 oranında artmıştır. Taban dairesi çapı % 16 oranında artmıştır. Yuvarlanma dairesi çapı % 13,8 oranında artmıştır. Profil kavrama oranı % 15,7 oranında azalmıştır. Helis kavrama oranı % 231 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.10) Diş dibi mukavemeti % 483 oranında artmıştır. Yan yüzey mukavemeti ise % 18,7 oranında artmıştır. (Şekil 4.1.9)



Şekil 4.1.9 Emniyet katsayılarının helis açısına bağlı olarak değişimi



Şekil 4.1.10 Kavrama oranlarının helis açısına bağlı olarak değişimi

DİŞLİ KALİTESİ	6	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Mn/2) Profil Kaydırmalı Mekanizma		(Mn) Profil Kaydırmalı Mekanizma	
		Profil Kaydırma Miktarı	0	Profil Kaydırma Miktarı	Mn/2	Profil Kaydırma Miktarı	Mn
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	60,4178		60,4178		60,4178	
dt2		248,7795		248,7795		248,7795	
a	Eksenler arası mesafe	154,5		156		158	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		21,6332		23,394	
x1+x2	Profil kayd. faktörleri	0		0,4147		1,0481	
Ft	Teğetsel kuvvet	13741,326		13741,326		13741,326	
Fe	Eksenel kuvvet	2422,9665		2422,9665		2422,9665	
Fr	Radyal kuvvet	5078,5888		5078,5888		5078,5888	
k*mn	Baş kısaltma miktarı	?0		-0,0501		-0,267	
da1	Baş dairesi çapları	67,2205		69,9399		70,384	
da2		255,5821		255,96		259,0816	
db1	Temel daire çapları	56,6713		56,6713		56,6713	
db2		233,3523		233,3523		233,3523	
df1	Taban dairesi çapları	51,6679		54,29		55,24	
df2		240,0295		240,3102		243,7939	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	60,3793		60,9655		61,7471	
dw2		248,6207		251,0345		254,2529	
ea	Profil kavrama oranı	1,6131		1,4868		1,3745	
e β	Helis kavrama oranı	0,9476		0,9476		0,9476	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	284,8265		264,259		261,8338	
σ_{F2}		243,8742		263,2668		269,3574	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	1,51		1,627		1,642	
Sf2		1,763		1,633		1,596	
σ_H	Yan yüzey gerilmesi	906,7942		944,5498		982,3597	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,654		1,588		1,527	

DİŞLİ KALİTESİ	7	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Mn/2) Profil Kaydırmalı Mekanizma		(Mn) Profil Kaydırmalı Mekanizma	
		Profil Kaydırma Miktarı	0	Profil Kaydırma Miktarı	Mn/2	Profil Kaydırma Miktarı	Mn
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		5,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	60,4179		60,4179		60,4179	
dt2		284,7795		284,7795		284,7795	
a	Eksenler arası mesafe	154,5987		156		158	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		21,6332		23,394	
x_1+x_2	Profil kayd. faktörleri	0		0,4147		1,0481	
Ft	Teğetsel kuvvet	13741,326		13741,326		13741,326	
Fe	Eksenel kuvvet	2422,9665		2422,9665		2422,9665	
Fr	Radyal kuvvet	5078,5888		5078,5888		5078,5888	
k^*mn	Baş kısaltma miktarı	?0		-0,0501		-0,267	
da1	Baş dairesi çapları	67,4179		69,9399		70,4561	
da2		255,7795		255,96		259,0102	
db1	Temel daire çapları	56,6713		56,6713		56,6713	
db2		233,3523		233,3523		233,3523	
df1	Taban dairesi çapları	51,6679		54,29		55,24	
df2		240,0295		240,3502		243,7939	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	60,4179		60,9655		61,7471	
dw2		248,7795		251,0345		254,2529	
ϵ_a	Profil kavrama oranı	1,6264		1,4868		1,3745	
ϵ_β	Helis kavrama oranı	0,9476		0,9476		0,9476	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	319,9848		308,208		312,3835	
σ_{F2}		287,1369		290,0649		314,1542	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	1,344		1,395		1,377	
Sf2		1,498		1,482		1,369	
σ_h	Yan yüzey gerilmesi	983,9886		1029,1658		1070,3639	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,524		1,457		1,401	

DİŞLİ KALİTESİ	8	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Mn/2) Profil Kaydırmalı Mekanizma		(Mn) Profil Kaydırmalı Mekanizma	
		Profil Kaydırma Miktarı	0	Profil Kaydırma Miktarı	Mn/2	Profil Kaydırma Miktarı	Mn
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	60,4179		60,4179		60,4179	
dt2		248,7795		248,7795		248,7795	
a	Eksenler arası mesafe	154,5987		156		158	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		21,6332		23,394	
x1+x2	Profil kayd. faktörleri	0		0,4147		1,0481	
Ft	Teğetsel kuvvet	13741,326		13741,326		13741,326	
Fe	Eksenel kuvvet	2422,9665		2422,9665		2422,9665	
Fr	Radyal kuvvet	5078,5888		5078,5888		5078,5888	
k*mn	Baş kısaltma miktarı	20		-0,0501		-0,267	
da1	Baş dairesi çapları	67,4179		69,9399		70,4561	
da2		255,7795		255,96		259,0102	
db1	Temel daire çapları	56,6713		56,6713		56,6713	
db2		233,3523		233,3523		233,3523	
df1	Taban dairesi çapları	51,6679		54,29		55,24	
df2		240,0295		240,3102		243,7939	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	60,4179		60,9655		61,7471	
dw2		248,7795		251,0345		254,2529	
ea	Profil kavrama oranı	1,6264		1,4868		1,3745	
e β	Helis kavrama oranı	0,9476		0,9476		0,9476	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	367,0014		359,7122		354,6463	
σ_{F2}		361,6287		360,4253		354,6011	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	1,172		1,195		2,213	
Sf2		1,189		1,193		2,213	
σ_H	Yan yüzey gerilmesi	1062,3413		1111,1158		1155,5933	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,412		1,35		1,298	

DİŞLİ KALİTESİ	9	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Mn/2) Profil Kaydırmalı Mekanizma		(Mn) Profil Kaydırmalı Mekanizma	
		Profil Kaydırma Miktarı	0	Profil Kaydırma Miktarı	Mn/2	Profil Kaydırma Miktarı	Mn
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σF lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σH lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	60,4179		60,4179		60,4179	
dt2		248,7795		248,7795		248,7795	
a	Eksenler arası mesafe	154,5987		156		158	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		21,6332		23,394	
x1+x2	Profil kayd. faktörleri	0		0,4147		1,0481	
Ft	Teğetsel kuvvet	13741,326		13741,326		13741,326	
Fe	Eksenel kuvvet	2422,9665		2422,9665		2422,9665	
Fr	Radyal kuvvet	5078,5888		5078,5888		5078,5888	
k*mn	Baş kısaltma miktarı	20		-0,0501		-0,267	
da1	Baş dairesi çapları	67,4179		69,9399		70,4561	
da2		255,7795		255,96		259,0102	
db1	Temel daire çapları	56,6713		56,6713		56,6713	
db2		233,3523		233,3523		233,3523	
df1	Taban dairesi çapları	51,6679		54,29		55,24	
df2		240,0295		240,3102		243,7939	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	60,4179		60,9655		61,7471	
dw2		248,7795		251,0345		254,2529	
ea	Profil kavrama oranı	1,6264		1,4868		1,3745	
e β	Helis kavrama oranı	0,9476		0,9476		0,9476	
$\sigma F1$	Diş dibi gerilmeleri	456,4848		447,4183		447,1325	
$\sigma F2$		449,8021		448,3054		449,667	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	0,942		0,961		0,962	
Sf2		0,956		0,959		0,956	
σh	Yan yüzey gerilmesi	1194,5727		1249,4182		1299,4319	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,256		1,201		1,154	

DİŞLİ MALZEMESİ	42CrMo4	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	42CrMo4 (Nitrürlenmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	333 N/mm ²		333 N/mm ²		333 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1000 N/mm ²		1000 N/mm ²		1000 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	4		4		4	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	69,049		69,049		69,049	
dt2		284,3194		284,3194		284,3194	
a	Eksenler arası mesafe	176,6842		176,6842		176,6842	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
x1+x2	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	12023,6602		12023,6602		12023,6602	
Fe	Eksenel kuvvet	2120,0957		2120,0957		2120,0957	
Fr	Radyal kuvvet	4443,7652		4443,7652		4443,7652	
k*mn	Baş kısaltma miktarı	?0		?0		?0	
da1	Baş dairesi çapları	77,0489		77,0489		77,0489	
da2		292,3193		292,3193		292,3193	
db1	Temel daire çapları	64,7671		64,7671		64,7671	
db2		266,6883		266,6883		266,6883	
df1	Taban dairesi çapları	59,049		59,049		59,049	
df2		274,3194		274,3194		274,3194	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	69,0489		69,0489		69,0489	
dw2		284,3194		284,3194		284,3194	
ea	Profil kavrama oranı	1,6264		1,6264		1,6264	
e β	Helis kavrama oranı	0,9672		0,9672		0,9672	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	181,2537		245,3881		307,1547	
σ_{F2}		168,0414		227,5		284,765	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	1,837		1,357		1,084	
Sf2		1,982		1,464		1,169	
σ_h	Yan yüzey gerilmesi	729,9		861,0133		970,4867	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,37		1,161		1,03	

Modül	4	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
		b=d		b=d		b=d	
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	4		4		4	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	69,049		69,049		69,049	
dt2		284,3194		284,3194		284,3194	
a	Eksenler arası mesafe	176,6842		176,6842		176,6842	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
x1+x2	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	12023,6602		12023,6602		12023,6602	
Fe	Eksenel kuvvet	2120,0957		2120,0957		2120,0957	
Fr	Radyal kuvvet	4443,7652		4443,7652		4443,7652	
k*mn	Baş kısaltma miktarı	?0		?0		?0	
da1	Baş dairesi çapları	77,0489		77,0489		77,0489	
da2		292,3193		292,3193		292,3193	
db1	Temel daire çapları	64,7671		64,7671		64,7671	
db2		266,6883		266,6883		266,6883	
df1	Taban dairesi çapları	59,049		59,049		59,049	
df2		274,3194		274,3194		274,3194	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	69,0489		69,0489		69,0489	
dw2		284,3194		284,3194		284,3194	
ϵ_α	Profil kavrama oranı	1,6264		1,6264		1,6264	
ϵ_β	Helis kavrama oranı	0,9672		0,9672		0,9672	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	187,8997		256,4054		322,2412	
σ_{F2}		177,1846		241,7836		303,8651	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	2,288		1,677		1,334	
Sf2		2,427		1,778		1,415	
σ_H	Yan yüzey gerilmesi	736,0948		873,1059		986,8771	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	2,038		1,718		1,52	

Modül	4	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
		b=sbt		b=sbt		b=sbt	
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σF lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σH lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	4		4		4	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	69,049		69,049		69,049	
dt2		284,3194		284,3194		284,3194	
a	Eksenler arası mesafe	176,6842		176,6842		176,6842	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
x1+x2	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	12023,6602		12023,6602		12023,6602	
Fe	Eksenel kuvvet	2120,0957		2120,0957		2120,0957	
Fr	Radyal kuvvet	4443,7652		4443,7652		4443,7652	
k*mn	Baş kısaltma miktarı	?0		?0		?0	
da1	Baş dairesi çapları	77,0489		77,0489		77,0489	
da2		292,3193		292,3193		292,3193	
db1	Temel daire çapları	64,7671		64,7671		64,7671	
db2		266,6883		266,6883		266,6883	
df1	Taban dairesi çapları	59,049		59,049		59,049	
df2		274,3194		274,3194		274,3194	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	69,0489		69,0489		69,0489	
dw2		284,3194		284,3194		284,3194	
$\epsilon\alpha$	Profil kavrama oranı	1,6264		1,6264		1,6264	
$\epsilon\beta$	Helis kavrama oranı	0,8291		0,8291		0,8291	
$\sigma F1$	Diş dibi gerilmeleri	220,9185		299,4132		374,7049	
$\sigma F2$		208,3204		282,3389		353,337	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	1,946		1,436		1,148	
Sf2		2,064		1,523		1,217	
σh	Yan yüzey gerilmesi	793,2022		937,6397		1057,5828	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,891		1,6		1,418	

Modül	4,5	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma					
		Kalite	6				
		b=d					
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW					
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak					
Z1	Diş Sayısı	17					
β	Helis Açısı	10 derece					
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak					
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²					
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²					
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25					
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109					
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946					
i	Çevrim oranı	4					
Z _{2g}	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70					
Mn	Standart modül değeri	4,5					
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835					
dt1	Taksimat dai. çapları	77,6801					
dt2		319,8593					
a	Eksenler arası mesafe	198,7698					
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835					
x1+x2	Profil kayd. faktörleri	0					
F _t	Teğetsel kuvvet	10687,698					
F _e	Eksenel kuvvet	1884,5285					
F _r	Radyal kuvvet	3950,0135					
k*mn	Baş kısaltma miktarı	?0					
da1	Baş dairesi çapları	86,6802					
da2		328,8594					
db1	Temel daire çapları	72,863					
db2		300,0244					
df1	Taban dairesi çapları	66,4301					
df2		308,6093					
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	77,6801					
dw2		319,8594					
ϵ_a	Profil kavrama oranı	1,6264					
ϵ_β	Helis kavrama oranı	0,958					
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	135,2686					
σ_{F2}		127,5548					
S _{f1}	Diş dibi muk. kontrolü	3,179					
S _{f2}		3,371					
σ_H	Yan yüzey gerilmesi	624,2918					
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	2,403					

Modül	4,5	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma					
		Kalite	6				
		b=sbt					
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW					
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak					
Z1	Diş Sayısı	17					
β	Helis Açısı	10 derece					
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak					
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σF lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²					
σH lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²					
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25					
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109					
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946					
i	Çevrim oranı	4					
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70					
Mn	Standart modül değeri	4,5					
αt	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835					
dt1	Taksimat dai. çapları	77,6801					
dt2		319,8593					
a	Eksenler arası mesafe	198,7698					
αwt	İşletme kavrama açısı	20,2835					
x1+x2	Profil kayd. faktörleri	0					
Ft	Teğetsel kuvvet	10687,698					
Fe	Eksenel kuvvet	1884,5285					
Fr	Radyal kuvvet	3950,0135					
k*mn	Baş kısaltma miktarı	0					
da1	Baş dairesi çapları	86,6802					
da2		328,8594					
db1	Temel daire çapları	72,863					
db2		300,0244					
df1	Taban dairesi çapları	66,4301					
df2		308,6093					
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	77,6801					
dw2		319,8594					
ea	Profil kavrama oranı	1,6264					
e β	Helis kavrama oranı	0,7369					
$\sigma F1$	Diş dibi gerilmeleri	177,4766					
$\sigma F2$		167,3558					
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	2,423					
Sf2		2,569					
σh	Yan yüzey gerilmesi	708,0347					
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	2,119					

HELİS AÇISI	0	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
		$\beta=0$		$\beta=0$		$\beta=0$	
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	0 derece		0 derece		0 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20		20		20	
dt1	Taksimat dai. çapları	69,049		69,049		69,049	
dt2		284,3194		284,3194		284,3194	
a	Eksenler arası mesafe	152,25		152,25		152,25	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20		20		20	
x_1+x_2	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	13953,3081		13953,3081		13953,3081	
Fe	Eksenel kuvvet	0		0		0	
Fr	Radyal kuvvet	5078,5888		5078,5888		5078,5888	
k^*mn	Baş kısaltma miktarı	0		0		0	
da1	Baş dairesi çapları	66,5		66,5		66,5	
da2		252		252		252	
db1	Temel daire çapları	55,9117		55,9117		55,9117	
db2		230,2246		230,2246		230,2246	
df1	Taban dairesi çapları	50,75		50,75		50,75	
df2		236,25		236,25		236,25	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	59,5		59,5		59,5	
dw2		245		245		245	
$\epsilon\alpha$	Profil kavrama oranı	1,6612		1,6612		1,6612	
$\epsilon\beta$	Helis kavrama oranı	0		0		0	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	314,0304		421,0682		523,4114	
σ_{F2}		296,1225		397,0564		493,5633	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	1,369		1,021		0,822	
Sf2		1,452		1,083		0,871	
σ_h	Yan yüzey gerilmesi	913,9862		1074,6392		1208,0287	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,641		1,396		1,242	

HELİS AÇISI	10	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
		$\beta=10$		$\beta=10$		$\beta=10$	
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	60,4178		60,4178		60,4178	
dt2		248,7795		248,7795		248,7795	
a	Eksenler arası mesafe	154,5987		154,5987		154,5987	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
x_1+x_2	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	13741,3259		13741,3259		13741,3259	
Fe	Eksenel kuvvet	2422,9665		2422,9665		2422,9665	
Fr	Radyal kuvvet	5078,5888		5078,5888		5078,5888	
k^*mn	Baş kısaltma miktarı	0		0		0	
da1	Baş dairesi çapları	67,4178		67,4178		67,4178	
da2		255,7795		255,7795		255,7795	
db1	Temel daire çapları	56,6712		56,6712		56,6712	
db2		233,3523		233,3523		233,3523	
df1	Taban dairesi çapları	51,6678		51,6678		51,6678	
df2		240,0295		240,0295		240,0295	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	60,4178		60,4178		60,4178	
dw2		248,7795		248,7795		248,7795	
ϵ_α	Profil kavrama oranı	1,6264		1,6264		1,6264	
ϵ_β	Helis kavrama oranı	0,9475		0,9475		0,9475	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	283,3313		380,2753		472,9952	
σ_{F2}		267,174		358,5897		446,0222	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	1,518		1,131		0,909	
Sf2		1,609		1,199		0,964	
σ_h	Yan yüzey gerilmesi	903,087		1062,3413		1194,5726	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,661		1,412		1,256	

HELİS AÇISI	20	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
		$\beta=20$		$\beta=20$		$\beta=20$	
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	20 derece		20 derece		20 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	21,1728		21,1728		21,1728	
dt1	Taksimat dai. çapları	63,3185		63,3185		63,3185	
dt2		260,7235		260,7235		260,7235	
a	Eksenler arası mesafe	162,0211		162,0211		162,0211	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	21,1728		21,1728		21,1728	
x_1+x_2	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	13111,8206		13111,8206		13111,8206	
Fe	Eksenel kuvvet	4772,3124		4772,3124		4772,3124	
Fr	Radyal kuvvet	5078,5888		5078,5888		5078,5888	
k^*mn	Baş kısaltma miktarı	0		0		0	
da1	Baş dairesi çapları	70,3186		70,3186		70,3186	
da2		267,7236		267,7236		267,7236	
db1	Temel daire çapları	59,0442		59,0442		59,0442	
db2		243,1234		243,1234		243,1234	
df1	Taban dairesi çapları	54,5685		54,5685		54,5685	
df2		251,9735		251,9735		251,9735	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	63,3185		63,3185		63,3185	
dw2		260,7236		260,7236		260,7236	
ϵ_α	Profil kavrama oranı	1,5238		1,5238		1,5238	
ϵ_β	Helis kavrama oranı	1,9596		1,9596		1,9596	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	185,5169		250,2204		312,1964	
σ_{F2}		174,9376		235,9514		294,3931	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	2,318		1,718		1,377	
Sf2		2,458		1,822		1,461	
σ_h	Yan yüzey gerilmesi	850,2137		1002,6063		1129,1516	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,764		1,496		1,328	

HELİS AÇISI	30	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
		$\beta=30$		$\beta=30$		$\beta=30$	
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	17		17		17	
β	Helis Açısı	30 derece		30 derece		30 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm ²		430 N/mm ²		430 N/mm ²	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm ²		1500 N/mm ²		1500 N/mm ²	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1675,0946		1675,0946		1675,0946	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	70		70		70	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	22,7958		22,7958		22,7958	
dt1	Taksimat dai. çapları	68,7046		68,7046		68,7046	
dt2		282,9016		282,9016		282,9016	
a	Eksenler arası mesafe	175,8032		175,8032		175,8032	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	22,7958		22,7958		22,7958	
x_1+x_2	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	12083,9192		12083,9192		12083,9192	
Fe	Eksenel kuvvet	6976,654		6976,654		6976,654	
Fr	Radyal kuvvet	5078,5888		5078,5888		5078,5888	
k^*mn	Baş kısaltma miktarı	0		0		0	
da1	Baş dairesi çapları	75,7047		75,7047		75,7047	
da2		289,9017		289,9017		289,9017	
db1	Temel daire çapları	63,3382		63,3382		63,3382	
db2		260,8044		260,8044		260,8044	
df1	Taban dairesi çapları	59,9546		59,9546		59,9546	
df2		274,1516		274,1516		274,1516	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	68,7046		68,7046		68,7046	
dw2		282,9017		282,9017		282,9017	
$\epsilon\alpha$	Profil kavrama oranı	1,3593		1,3593		1,3593	
$\epsilon\beta$	Helis kavrama oranı	3,1376		3,1376		3,1376	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	48,8389		66,5689		83,6026	
σ_{F2}		46,0538		62,7727		78,8351	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	8,804		6,459		5,143	
Sf2		9,337		6,85		5,454	
σ_h	Yan yüzey gerilmesi	763,9819		905,6669		1023,3209	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,963		1,656		1,466	

DİŞ SAYISI	16	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	16		16		16	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σF lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm2		430 N/mm2		430 N/mm2	
σH lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm2		1500 N/mm2		1500 N/mm2	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1678,0858		1678,0858		1678,0858	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	66		66		66	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
αt	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	56,8638		56,8638		56,8638	
dt2		234,5635		234,5635		234,5635	
a	Eksenler arası mesafe	145,7137		145,7137		145,7137	
αwt	İşletme kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
$x1+x2$	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	14600,1588		14600,1588		14600,1588	
Fe	Eksenel kuvvet	2574,4019		2574,4019		2574,4019	
Fr	Radyal kuvvet	5396		5396		5396	
k^*mn	Baş kısaltma miktarı	?0		?0		?0	
da1	Baş dairesi çapları	63,8638		63,8638		63,8638	
da2		241,5635		241,5635		241,5635	
db1	Temel daire çapları	53,3376		53,3376		53,3376	
db2		220,0178		220,0178		220,0178	
df1	Taban dairesi çapları	48,1138		48,1138		48,1138	
df2		225,8135		225,8135		225,8135	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	56,8638		56,8638		56,8638	
dw2		234,5635		234,5635		234,5635	
$\epsilon \alpha$	Profil kavrama oranı	1,6146		1,6146		1,6146	
$\epsilon \beta$	Helis kavrama oranı	0,9001		0,9001		0,9001	
$\sigma F1$	Diş dibi gerilmeleri	318,0376		423,9805		525,0922	
$\sigma F2$		299,9012		399,8026		495,1483	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	1,352		1,014		0,819	
Sf2		1,434		1,076		0,868	
σh	Yan yüzey gerilmesi	985,2437		1155,0747		1296,0569	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	1,522		1,299		1,157	

DİŞ SAYISI	25	(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma		(Sıfır) Profil Kaydırmaz Mekanizma	
		Kalite	6	Kalite	8	Kalite	9
VERİLER							
P1	Giriş Gücü	63 kW		63 kW		63 kW	
N1	Giriş Devir Sayısı	1450 dev/dak		1450 dev/dak		1450 dev/dak	
Z1	Diş Sayısı	25		25		25	
β	Helis Açısı	10 derece		10 derece		10 derece	
n2	Çıkış Devir Sayısı	350 dev/dak		350 dev/dak		350 dev/dak	
Malzeme	18CrNiMo (Sertleştirilmiş)						
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430 N/mm2		430 N/mm2		430 N/mm2	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500 N/mm2		1500 N/mm2		1500 N/mm2	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeli tezgah)	1,25		1,25		1,25	
SONUÇLAR							
Md1	Pinyon dişli momenti	415,1109		415,1109		415,1109	
Md2	İkinci dişli momenti	1692,3241		1692,3241		1692,3241	
i	Çevrim oranı	4		4		4	
Z2g	İkinci dişli gerçek diş sayısı	104		104		104	
Mn	Standart modül değeri	3,5		3,5		3,5	
α_t	Alın yüzeyi kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
dt1	Taksimat dai. çapları	88,8498		88,8498		88,8498	
dt2		369,6152		369,6152		369,6152	
a	Eksenler arası mesafe	229,2326		229,2326		229,2326	
α_{wt}	İşletme kavrama açısı	20,2835		20,2835		20,2835	
x_1+x_2	Profil kayd. faktörleri	0		0		0	
Ft	Teğetsel kuvvet	9344,1016		9344,1016		9344,1016	
Fe	Eksenel kuvvet	1647,6172		1647,6172		1647,6172	
Fr	Radyal kuvvet	3453,4403		3453,4403		3453,4403	
k^*mn	Baş kısaltma miktarı	?0		?0		?0	
da1	Baş dairesi çapları	95,8499		95,8499		95,8499	
da2		376,6153		376,6153		376,6153	
db1	Temel daire çapları	83,3401		83,3401		83,3401	
db2		346,6948		346,6948		346,6948	
df1	Taban dairesi çapları	80,0998		80,0998		80,0998	
df2		360,8652		360,8652		360,8652	
dw1	Yuvarlanma dairesi çapları	88,8498		88,8498		88,8498	
dw2		3696153		3696153		3696153	
ϵ_a	Profil kavrama oranı	1,6959		1,6959		1,6959	
ϵ_β	Helis kavrama oranı	1,4055		1,4055		1,4055	
σ_{F1}	Diş dibi gerilmeleri	117,0134		174,3768		230,5361	
σ_{F2}		111,7		166,4585		220,0677	
Sf1	Diş dibi muk. kontrolü	3,675		2,466		1,865	
Sf2		3,85		2,583		1,954	
σ_h	Yan yüzey gerilmesi	514,7174		638,0107		739,6432	
Sh	Yan yüzey mukavemeti kontrolü	2,914		2,351		2,028	

4.2. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada referans dişliye önce modülün yarısı kadar profil kaydırma uygulanmış, daha sonra modül kadar profil kaydırma uygulanmıştır. Eksenler arası mesafe ve kavrama açısı aynı oranda artmıştır. Taban dairesi çapı ve yuvarlanma dairesi çapı daha az oranda artış göstermiştir. Profil kavrama oranı aynı oranda artmıştır. Diş dibi mukavemeti artarken yan yüzey mukavemeti azalmıştır.

Dişli kaliteleri değiştirilerek yapılan uygulamada, 6. kaliteden 7. 8. ve 9. kalitelere geçildiğinde diş dibi ve yan yüzey mukavemet değerlerinin yaklaşık aynı oranda azaldıkları görülmüştür. Diş dibi mukavemetinin daha hızlı azaldığı görülmüştür. Burada emniyet katsayısı 1,3-1,5 olması istendiği için 6. ve 7. kaliteler uygun, 8. ve 9. kaliteler uygun değildir. Burada 7. kalite üretim açısından daha ekonomiktir.

Modülü 0,5 mm artırılarak yapılan uygulamada diş dibi mukavemeti $b=d$ iken daha fazla oranda artış göstermiştir. $b=sbt$ iken artış daha az olmuştur. Yan yüzey mukavemeti de $b=d$ iken daha fazla oranda artış göstermiştir.

Üretimi yapılacak dişlinin malzeme özelliklerine bağlı olarak, mukavemet sınırı daha yüksek bir malzeme seçildiği zaman diş dibi ve yan yüzey mukavemetlerinin arttığı görülmüştür fakat, yan yüzey mukavemeti daha hızlı artış sağlamıştır.

Dişli çarkın diş sayılarını azalttığımızda diş dibi ve yan yüzey mukavemetlerinin azaldığı görülmüştür. Burada diş dibi mukavemeti daha fazla oranda azalmıştır. İş sayılarını artırdığımızda diş dibi ve yan yüzey mukavemetlerinin arttığını görmekteyiz. Burada diş dibi mukavemetinin daha fazla oranda arttığını görmekteyiz.

Helisel dişli çarkın helis açısını arttırdığımızda; 20° 'ye kadar yaklaşık aynı oranlarda artan diş dibi ve yan yüzey mukavemetleri, 20° 'den sonra farklılık göstermiştir. 20° 'den sonra yan yüzey mukavemetinin artış oranı değişmemiş fakat diş dibi mukavemeti çok hızlı artış göstermiştir. helis açısının artmasıyla profil kavrama oranında yavaş bir artış olduğu görülmüş, helis kavrama oranında ise çok hızlı bir artış olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

MAAG, (1963), Maag Gear-Wheel Company LTD.ZURICH Switzerland.

BABALIK, F.C., (1997), Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Cilt 1, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 17, Bursa.

BABALIK, F.C., (2000), Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Cilt 2, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 169, Bursa.

BABALIK, F.C., (2002), Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Cilt 3, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 193, Bursa.

AKKURT, M., (2000), Makine Elemanları, Birsen Yayınevi, İstanbul.

GEDİKTAŞ, M., (1999), Makine Elemanları Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

RENDE, H., (2005), Makina Elemanları, Cilt 2, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul.

KARPAT F, ÇAVDAR K, BABALIK F.C., (2004), Asimetrik Evolvent Düz Dişlilerin Bilgisayar Yardımı İle Tasarımı. *Uludag Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, Sayı 1.

Gear Trains, Deutsches Institut für Normung, Germany.

TS 3350, Dişli Çarklar-Terimler ve Semboller, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

JACK A. COLLINS, (2003), Mechanical design of machine elements and machines : a failure prevention perspective, John Wiley & Sons, New York

SHIGLEY, JOSEPH EDWARD, (2004), Mechanical engineering design, McGraw-Hill Higher Education, Boston

NORTON, ROBERT L., (2000), Machine design : an integrated approach, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

ESPOSITO, ANTHONY, (1991), Machine Design, Delmar Publishers Inc., NewYork

DIMAROGONAS, ANDREW D., (1989), Computer Aided Machine Design, Prentice Hall, New York

HALL, ALLEN S., (1983), Machine Design : Theory and Problems, Schaum'Outline Series, Singapore

BLACK, PAUL H., (1981), Machine Design, McGraw-Hill International Book Company, Auckland

EKLER

1. 6. kalite profil kaydırmazsıfır mekanizma helisel dişliye ait hesaplamalardır.

Veriler	Değerler	Birim	Tolerans
P1	Giriş Gücü	63	kw
N1	Giriş Devri	1450	dev/dak
Z1	Diş Sayısı	17	
β	Helis Açısı	10	derece
n2	Çıkış Devir Sayısı	350	dev/dak
Malzeme	18CrNiMo		5
σ_F lim	Diş Dibi Mukavemeti	430	
σ_H lim	Yan Yüzey Mukavemeti	1500	
Ka	İşletme Faktörü (Elektrik motoru, orta darbeleri tezgah)	1,25	
HESAP			
Md1	Pinyon Dişli Moment(Nm)	$M_{d1} = \frac{P_1}{w_1}$	415,1109159
i	Çevrim Oranı	$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$	4,142857143
Z2	İkinci Dişlinin Diş sayısı	$z_{2g} = \frac{z_1 \cdot n_1}{n_2}$	70,42857143
Seçilen Değerlerin Uygunluğunun Kontrolü			
ig	Gerçek çevrim oranı	$i_g = u = \frac{z_2}{z_1}$	4,117647059
Z2g	Gerçek Diş Sayısı		70 (Seçilir)
n2g	Gerçek Çıkış Devir sayısı	$n_{2g} = \frac{n_1}{z_2 / z_1}$	352,1428571 UYGUN
Minimum diş sayısı			
Malzeme	Sementasyon çeliği		
i	Çevrim Oranı		4
Z1	Diş Sayısı		16 25 UYGUN (Okunur)
η	Verim	$\eta = \frac{P_2}{P_1}$	0,98 (Seçilir)
Md2	Moment(Nm)	$M_{d2} = M_{d1} \cdot i_g \cdot \eta$	1675,094637
Sert Dişli için diş dibi mukavemeti açısından minimum modül			
Zse1	Sanal eşdeğer diş sayısı	$z_{se1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta}$	17,79895662
Zse2	Sanal eşdeğer diş sayısı	$z_{se2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta}$	73,28982136
Yf1	Diş Form faktörü		2,97 (Okunur)
Mn?	Minimum modül	$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{3 \cdot M_{d1} \cdot \cos^2 \beta \cdot Y_{F1} \cdot K_A}{z_1^2 \cdot \sigma_{Flim}}}$	3,304427011
Mn	Standart modül değerleri		3,5 (Seçilir)
Mt	Alın Modül(mm)	$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$	3,553993142
Tgat	Sıfır dişlide alın yüzeyi kavrama açısı	$\tan \alpha_t = \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta}$	0,369585062
at		arctan tgat	20,28355945
TAKSİMAT DAİRESİ ÇAPLARI			
dt1		$d_{t1} = d_1 = m_t \cdot z_1 = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot z_1$	60,4179
dt2		$d_{t2} = d_2 = m_t \cdot z_2 = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot z_2$	248,7795

PROFİL KAYDIRMA			
ad	Sıfır merkez	$(d1+d2)/2$	154,5987
a		$a>=ad+(\text{delta } a)$	154,5987
a			154,5 (Seçilir)
Cosawt		$(ad/a)\text{xcosat}$	0,938587676
awt	İşletme kavrama açısı	\arccos	20,18428818
x1+x2	Profil kaydırma faktörleri		
invawt		$\text{tgawt-awt}\cdot\frac{1}{180}$	0,015513353
invat			0,015749636
x1+x2		$x1+x2=(z1+z2)/2\text{xtgan}(\text{invawt-invatt})$	0
x1+x2?	Profil Kaydırma faktörleri kontrolü	$zse1+zse2$	91,08877797
	Yüksek mukavemet bölgesi		100 (Okunur)
			0 (Okunur)
			UYGUN
MİNİMUM MODÜL DEĞERİ KONTROLÜ			
	6-7 kalite iki taraftan yataklama için	$b/Mmin$	20 30 (Okunur)
	İki uçtan yataklama, simetrik sementasyonla sertleştirilmiş	$b/d1 \leq 1,1$	
b(mm)	$b=d1$ (seçilir) $b=60,417=60$		60 (Seçilir)
Mmin		$b/20 \dots 30$	3 2 UYGUN
PROFİL KAYDIRMA FAKTÖRLERİNİN SEÇİMİ			
X0	A diyagramı yavaşça çevrim	$X1+X2/2$	0
Xo			0 (Seçilir)
Zseo		$Zse1+Zse2/2$	45,54438899
			45 (Seçilir)
X1			0 (Okunur)
X2		$(x1+x2)-X1$	0
DIŞLİ KALİTESİ KONTROLÜ			
V1	$\frac{1}{\sqrt{d1 \cdot x n1}} / 60000 \text{ m/sn}$		4,587035818
	Dişli Kaliteleri tablosu hıza göre kalite		(Seçilir)
TAKSİMAT DAİRESİNE GÖRE KUVVETLER			
Ft		$Md1 \times 1000 / (d1/2) \text{ (Newton)}$	13741,3260
Fe		$Ft \cdot \tan \beta$	2422,9665
Fr		$Ft \cdot \tan \alpha / \cos \beta$	5078,5888
DİNAMİK FAKTÖR			
Kva	Dinamik faktör değerleri		
	Kalite		6 8 9
Kva	Helis dişli	(Okunur)	8,5 21,8 30,7
Kvβ	Helis dişli tüm kaliteler için	(Okunur)	0,0087
Kv	Kalite 6 için	$1+(Kva/(Kax(Ft/B)))+Kv\beta) \times Z1 \times V1/100$	1,029091885
Wt	Birim Yük	$Ft/b \times Kax \times Kv(Wt=50 \dots 500 \text{ N/mm})$	294,6059806 UYGUN
	Kalite 6 için		
GENİŞLİK BOYUNCA YÜK DEĞİŞİM FAKTÖRLERİ			
F	Diş dibi hesabındaki eğilme indisi		
H	Ezilme (Yüzey basınç Hertz basıncı hesabındaki indisler)		

Kfβ	Diş dibi mukavemet hesabında genişlik faktörü	$1+(K\beta-1)xfwxfp$		
Kβ	Genişlik temel faktörü (Wt=350 N/mm için) 40<b=60 mm <100 için			
Kβ	Kalite 6 için		1,09	(Okunur)
	Yük düzeltme faktörü			
fw	Wt 225-250 arası		1,3	(Okunur)
fp	Malzeme faktörü (çelik/çelik)		1	(Okunur)
Kfβ	Kalite 6 için		1,117	
Khβ	Yan yüzey mukavemet hesabında genişlik faktörü	$Kf\beta^{1,39}$		
	Kalite 6 için		1,166256053	
ALIN YÜK DAĞILIM FAKTÖRLERİ				
	Kfa,Kha			
	Ft/bxKa=227,6>100N/mm			
	Sertleştirilmiş helisel			
Kfa =Kha	Kalite 6 için		1	(Okunur)
DIŞ DİBİNDE GERÇEK EĞİLME GERİLMESİ				
σF1		$Ft/bxmnxYfxYsxY\epsilon xY\beta xKaxKvxKf\beta xKfa$		
Yf	Diş form faktörü			
Zse1			18	
x1			0	
yf1			2,97	(Okunur)
Zse2			70	
x2			0	
yf2			2,27	(Okunur)
Ys	Gerilme düzeltme faktörü			
Ys1	Zse1 ve x1 e göre		1,58	(Okunur)
Ys2	Zse2 ve x2 e göre		1,77	(Okunur)
BAŞ KISALTMA MİKTARI				
k*mn		$(a-ad)-(x1+x2)xmn$	-0,09870166	
k	Baş kısaltma faktörü	$k*mn/mn$	-0,028200474	
2*k*mn			-0,197403319	
BAŞ DAİRESİ ÇAPLARI				
da1	Baş dairesi çapları	$dt1+2*mn+2*x1*mn+2*k*mn$	67,2205	
da2		$dt2+2*mn+2*x2*mn+2*k*mn$	255,5821	
TEMEL DAİRE ÇAPLARI				
db1		$dt1*cosat$	56,6713	
db2		$dt2*cosat$	233,3523	
TABAN DAİRESİ ÇAPLARI				
df		$df=dt-2,5*mn+2*x*mn$		
df1		$df1=dt1-2,5*mn+2*x1*mn$	51,6679	
df2		$df2=dt2-2,5*mn+2*x2*mn$	240,0295	
YUVARLANMA DAİRESİ ÇAPLARI				
dw		$dt*cosat/cosawt$		
dw1			60,3793 mm	
dw2			248,6207 mm	

PROFİL KAVRAMA ORANI			
$\epsilon\alpha$			1,6131
$\epsilon\beta$	Helis Kavrama oranı	$b \cdot \sin\beta / \eta \cdot m_n$	0,9476
$\epsilon\sigma_p$		$\epsilon\alpha + \epsilon\beta$	2,5607
$Y\beta$	Helis faktörü	$1 - \epsilon\beta^* / 120$	0,9210
	$\epsilon\beta > 1$ ise $\epsilon\beta_{max} = 1$		
	$\beta > 30$ ise $\beta_{max} = 30$		
$Y\epsilon$	Kavrama Faktörü	$0,25 + 0,75 / \epsilon\alpha \cdot \cos^2\beta$	0,7009
$\sigma F1$	Kalite 6 için (N/mm ²)	$F_t / b \cdot x_m \cdot n \cdot Y_f \cdot Y_s \cdot Y_{\epsilon} \cdot Y_{\beta} \cdot K_{ax} \cdot K_{vx} \cdot K_f \cdot \beta_x$	284,8265
$\sigma F2$	Kalite 6 için	$F_t / b \cdot x_m \cdot n \cdot Y_f \cdot Y_s \cdot Y_{\epsilon} \cdot Y_{\beta} \cdot K_{ax} \cdot K_{vx} \cdot K_f \cdot \beta_x$	243,8742
MAKSİMUM GERİLME			
σ_{fMax}		$\sigma_{flim} \cdot Y_n \cdot Y_s \cdot Y_r \cdot Y_x$	
		$\sigma_{fMax} = \sigma_{flim}$	430
	S _{fmin} = 1,3...1,5 olmalı		
S_{f1}	Kalite 6 için	$\sigma_{fMax} / \sigma_{F1}$	1,510 EMNİYETLİ
S_{f2}	Kalite 6 için	$\sigma_{fMax} / \sigma_{F2}$	1,763 EMNİYETLİ
YAN YÜZEY MUKAVEMET HESABI			
$\sigma_H C$	Hatasız imal edilmiş dişlide Hertz basıncı	$(F_t / b \cdot d \cdot t_1 \cdot (z_2 + z_1) / z_2) \cdot Z_h \cdot Z_{\epsilon} \cdot Z_{\beta}$	
Z_{ϵ}	Elastisite faktörü		189,8 N/mm ² (Okunur)
	Bölge faktörü ($\beta = 10$) ve $(x_1 + x_2 / z_{se1} + z_{se2})$		0
Z_h			2,3 (Okunur)
Z_{β}	Kavrama faktörü	$1 / \alpha$	0,78734192
Z_{β}	Eğim açısı faktörü	$\cos\beta$	0,992374805
$\sigma_H C$			740,3374139
σ_H	Gerçek gerilme	$\sigma_H C \cdot K_a \cdot K_v \cdot K_{\beta} \cdot K_{H\alpha}$	
	Kalite 6 için	n/mm ²	906,7942
σ_{Hmax}	$\sigma_{Hmax} = \sigma_{Hlim}$	$\sigma_{Hlim} \cdot Z_n \cdot Z_L \cdot Z_v \cdot Z_r \cdot Z_w \cdot Z_x$	1500
	S _H = 1,3...1,5 olmalı		
S_H	Kalite 6 için	σ_{Hmax} / σ_H	1,654 EMNİYETLİ

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kaynak temininde ve yol göstermede yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Gültekin KARADERE' ye, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve sevgili eőime, tezin yazılması aşamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, bilgilerini paylaőan meslektaőım Erman ÖZKAPLAN' a teőekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

03.11.1979'da Muş'ta doğdu. İlk ve orta öğretimini Ankara'da tamamladıktan sonra 1998 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümüne girmeye hak kazandı. 2002 yılında bu programdan mezun oldu ve 2003 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek öğrenime başladı.