

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİŞLERİ DEĞİŞTİRİLEBİLEN DÜZ DİŞLİ
İMALATININ ARAŞTIRILMASI**

7766 23

CEBELİ ÖZEK

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ELAZIĞ-2002

116623

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİŞLERİ DEĞİŞTİRİLEBİLEN DÜZ DİŞLİ
İMALATININ ARAŞTIRILMASI

CEBELİ ÖZEK

DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, / / Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından Oybirliği /
Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir

(İmza)
Danışman
Prof. Dr. Ali İNAN

(İmza)
Üye

(İmza)
Üye

(İmza)
Üye

(İmza)
Üye

Bu Tezin Kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun
...../...../.....Tarih veSayılı Kararıyla
Onaylanmıştır.

ÖZET

(Doktora Tezi)

DİŞLERİ DEĞİŞTİRİLEBİLEN DÜZ DİŞLİ İMALATININ ARAŞTIRILMASI

Cebeli ÖZEK
Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2002, Sayfa 173

Endüstride hassas olarak düz dişlilerin imal edilebilmeleri için özel amaçlı takım tezgahlarına ihtiyaç duyulması, bu dişlilere az sayıda ihtiyaçları olanlar için önemli bir engel teşkil etmektedir. Herhangi bir nedenle yenilenmesi gereken dişliler freze tezgahlarında modül çarklarla yaklaşık olarak veya azdırma tezgahlarında açılabilirdiğinden, hem çalışan dişli verimsiz olmakta, hem de birlikte çalıştığı dişlinin ömrünü aşırı derecede kısaltmaktadır. Ülkemizde dişli açma tezgahlarının sayıca az olması, küçük işletmelerde hassas düz dişlilerin imalatları için önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Bu çalışma, son yıllarda ülkemizde, Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrollü (CNC) freze tezgahlarının yaygınlaşması göz önünde bulundurularak, küçük işletmelerdeki az sayıda düz dişli ihtiyaçlarını karşılamak ve bu tezgahlardan yararlanabilme imkanları ile bir veya birkaç dişli imalat tipinin araştırılıp geliştirilmesi için amaçlandı.

Birinci bölümde gerekli literatür araştırması yapıldı. İkinci bölümde düz dişli çarklar ile ilgili genel bilgiler açıklandı. Düz dişli çarkların bütün imalat yöntemleri incelendi. Üçüncü bölümde, tasarım ve imalatı düşünülen, dişleri değiştirilebilen düz dişli model tiplerine (Segmanlı, Pimli ve Kamalı olarak üç model tipi) karar verildi. Bu model tiplerinin boyutlandırılmaları yapıldı. Segmanlı model tipinde, segman yuvası hem tek tek imal edilmiş olan dişler hem de gövde üzerinde, segman ise kapak üzerinde bulunmaktadır. Kamalı model tipinde, kama yuvası tek tek imal edilmiş olan dişler üzerinde, kama ise gövde üzerinde bulunmaktadır. Pimli model tipinde, tek tek imal edilmiş olan dişlerin üzerinde pim deliği, gövde üzerinde ise pim yuvası bulunmaktadır. Dişlilerin tek tek dişleri için AUTOCAD 2000 ve CNC programlarından yararlanılarak,

evolvent profile uygun ayrı ayrı imalat programları hazırlandı. Hazırlanan bu programlar ile tek dişler (tek nokta programları, G01, G02, G03 kodları kullanılarak) imal edildi. İmal edilen dişlilerin, geometrik ölçülerine uygun, dişlerin tek tek olarak geçeceği her bir gövde model tipi için C programlama dili kullanılarak ayrı ayrı C programları hazırlandı. Modülü 8 mm ve diş sayısı 10 olan bir düz dişlinin boyutları göz önüne alındı. Dişlilerin geometrik boyutları hesaplanarak imalat için teknik resimleri hazırlandı. Dişliler, önce fiberglas veya polyethylen malzeme göz önüne alınarak, Elazığ sanayisinde bulunan azdırma tezgahlarında açıldı. Daha sonra aynı malzeme kullanılarak, dişlilerin tek tek dişleri, evolvent eğrisinin çizim kuralı ile oluşturulan tek diş profilinin hesaplanan X, Y koordinat değerleri ve R evolvent profili yay yarıçapları değerlerine göre CNC imalat programları hazırlandı. CNC imalat programları, DYNA 2900 MYTE marka, düşey eksenli CNC freze tezgahına yüklenerek dişlilerin tek tek dişleri imal edildi. Aynı program FANUC 0Mt düşey eksenli CNC freze tezgahına yüklendi. Ç8620 dişli malzemesi kullanılarak CNC freze tezgahında sağ ve sol evolvent profiline uygun programlar ile tek tek dişler imal edildi. İmal edilen tek tek dişler, özel olarak imal edilen dişli gövdesi (Segmanlı, Pimli ve Kamalı) etrafına dizildi. Dişler dişli gövdesi etrafına dizildikten sonra, dişlerin yük altında kaymamaları için, dişli kanunu göz önünde bulundurularak en küçük eşit aralıklarda olacak şekilde, segman, pim ve kama ile sıkılarak sabitlendi. Dişlilerin çalıştırılması amacıyla yeni bir hidrolik pompa imal edildi. Dördüncü bölümde, dişlilerin diş kontrol uzunlukları ölçüldü. Evolvent profili ve istikamet açısı kontrol edildi. İmalat süreleri tespit edildi. Yüzey pürüzlülükleri ölçüldü. Dişlilerin, mukavemet kontrolü için bir çekme aparatı imal edildi. İmal edilen dişliler çekme aparatında çekmeye tabi tutuldu. Mukavemet bakımından maksimum kuvvet taşıyan model tipine karar verildi. Dişliler, dişli pompada belirli devirlerde (540, 800, 1200, 1700 ve 2500) çalıştırıldı. Dişli modellerinin devir sayısına bağlı olarak debileri ölçüldü. Azdırma tezgahında açılan dişliler ile mukayeseleri yapıldı. Teorik ve deneysel debiler karşılaştırılarak değişim grafikleri çizildi. Beşinci bölümde, imalat sırasında tezgah ve imalat programları ile ilgili olarak ortaya çıkan problemler tespit edildi. İmal edilen dişlilerin diş kontrol uzunlukları, debileri ve yüzey pürüzlülükleri bakımından en uygun dişli model tipine karar verildi. Altıncı bölümde, genel sonuçlar ve öneriler belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sökülebilir Düz Dişli, CNC, İmalat

SUMMARY
(PhD: Thesis)

**THE INVESTIGATION OF MANUFACTURING OF SPUR
GEAR WITH DEMONTABLE TEETH**

Cebeli ÖZEK

Institute of Science and Technology
Mechanical Education Department
2002, Page 173

The need for special machine tools in accurate manufacturing of spur gears is a big problem for the ones who need these kinds of gears in small amounts, in the industry. Spur gears can be manufactured in milling machines with module cutters or special machine tools but the gears manufactured in these machines are inefficient and make the life of the matched gear extensively shorter due to the low quality or accuracy. Since the number of the special gear manufacturing machines is limited in our country, the manufacturing of spur gears is an important problem for the small workshops.

This study, considering the widespread in CNC milling machines in the country, new types of spur gears and their manufacturing in CNC milling machines were investigated.

In the first chapter of this study, the subject was introduced. In the second chapter, the fundamental information on the spur gears was given and all the manufacturing methods of the spur gears were dealt with. In the third chapter, the types of the spur gears with changeable teeth were discussed and determined (segmented, pinned and fluted types). The dimensioning of these gears was performed. In the segmented type, the segmented groove was machined both in the single tooth and the gear body. The segmented was placed in the cover. In the fluted type, the wedge groove was machined on the single tooth while the wedge was on the gear body. In the pinned type, pin holes were drilled in the single tooth and the pin grooves were machined in the gears body. Separate machining programmes were prepared with respect to the evolvent profile of the teeth for the each individual tooth in AUTOCAD 2000 and CNC programmes. Each individual tooth was machined by using single point programmes

with G01, G02 and G03 codes. For each body model, separate C programmes were prepared considering the geometrical dimensions of the different individual tooth by using C programming language. For this, the dimensioning was performed for a spur gear with a module of 8 mm and teeth number of 10. First, the geometrical dimensions of the gears were calculated and technical drawings were prepared. Then, all the gears were manufactured of fiberglass or polyethylene in a gear machine tool in Elazığ. Of the same material, CNC machining programmes for each tooth profile (using X-Y coordinates and arc radius R of the evolute) according to the drawing rule were prepared. These programmes were loaded a vertical CNC milling machine (DYNA 2900 MYTE) and the teeth were manufactured individually. The same programme was loaded to a vertical CNC milling machine (Fanuc 0Mt). This time the individual teeth were machined of C8620 material with the programmes for the right and left evolute profiles. The manufactured individual teeth were placed in the gear bodies. Then, in order to prevent sliding they were fixed with rings, pins or wedges in the minimum equal spacing, considering gears rule. A hydraulic pump was produced to observe the gears in service. In the fourth chapter, the gear control distances of the gears were measured. Evolute profile and the angular of direction were checked. The time of production was determined. The surface roughness of the teeth manufactured was measured. The teeth were also examined in a tension machine in order to check the tension strength. The model bearing maximum load was chosen. The gears were run in the hydraulic pump at the certain speeds such as 540, 800, 1200, 1700 and 2500 rpm. The volumetric flow of hydraulic pump were measured and compared for the gear types used. These gears were also compared with the one manufactured in gear manufacturing machine. The theoretical and experimental flows were compared graphically. In the fifth chapter, the problems faced during the manufacturing were presented. The most proper tooth type was determined with respect to the gear check distance, flow and surface roughness. In the sixth chapter, the general results and suggestions have been determined.

Key Words: Demountable Spur Gear, CNC, Manufacturing

TEŞEKKÜR

Bu doktora çalışmasının belirlenmesinde, yürütülmesinde ve irdelenmesinde, daha önceki çalışmalarımda olduğu gibi, gerek lisans döneminde ve gerekse yüksek lisans çalışmalarım sırasında benden emeğini, zamanını ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam, Sayın **Prof. Dr. Ali İNAN'** a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında atölye ve laboratuvar imkanlarından faydalanmamı sağlayan T. E. F. Makine Eğitimi Bölüm Başkanı Sayın **Prof. Dr. Nazif DİNÇER'e**, Atölye çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan ve emeği geçen tüm arkadaşlarım ile Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Öğretmenliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencileri, **Engin ÜNAL** ve **Faruk KARACA'** ya ve ayrıca, araştırmanın tamamlanması için bana, TAKSAN A.Ş. Genel Müdürlüğü imalat ünitesi imkanlarını sağlayan, ARGE müdürü, Sayın **Mak. Müh. İfakat ÖZASLAN** hanımefendiye, kalite kontrol laboratuvarı teknisyeni Sayın **Coşkun TEMELTAŞ'** a ve emeği geçen tüm TAKSAN A.Ş. personeline teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Özet.....	III
Summary.....	VI
Teşekkür.....	VH
İçindekiler.....	VIII
Şekiller listesi.....	XI
Tablolar Listesi.....	XIII
Semboller listesi.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Dişli çarklarda yorulma ve bozulma şekilleri.....	6
2.2. Dişli ana kanunu.....	10
2.3. Dişlilerde alt kesilme olayı.....	14
2.4. Dişler arası yan boşluk ve etkisi.....	17
2.5. Dişli çarkların malzemeleri.....	18
2.6. Dişli çarkların sertleştirilmeleri.....	19
2.6.1. Sementasyon ile sertleştirme.....	19
2.6.2. Alevle sertleştirme.....	20
2.6.3. Endüksiyonla sertleştirme.....	20
2.6.4. Nitrürasyonla sertleştirme.....	21
2.7. Dişlilerin kontrolü.....	21
2.7.1. Diş kalınlığını ölçme yöntemleri.....	21
2.7.1.1. Taksimat dairesi üzerindeki yay girişinden (bir tek dişten) ölçü almak.....	22
2.7.1.2. Dişli kontrol uzunluğunun ölçülmesi.....	23
2.8. Bir düz dişlinin genel ifade ve özellikleri.....	24
2.8.1. Bölüm dairesi çapı.....	24
2.8.2. Dişli çarklarda adım.....	24
2.8.3. Diş sayısı.....	24
2.8.4. Diş üstü yüksekliği.....	24
2.8.4. Diş dibi yüksekliği.....	25

2.8.5. Toplam diş yüksekliği.....	25
2.8.6. Taksimat dairesi üzerindeki diş kalınlığı.....	25
2.8.7. Dişler arası boşluk.....	25
2.9. Yüzey kalitesi ve yüzey pürüzlülüğü.....	25
2.10. Silindirik düz dişli çarkların imalat yöntemleri.....	29
2.10.1. Bilinen klasik yöntemlerle dişli çarkların imal edilmesi.....	30
2.10.1.1. Modül freze çakısı ile düz dişli çark açmak.....	30
2.10.1.2. Vargel tezgahında düz dişli çark açmak.....	30
2.10.1.3. Yuvarlanma metodu ile düz dişli çark açma.....	32
2.10.2. Nümerik kontrollü tezgahlarda düz dişli çarkların imalatı.....	36
2.10.2.1. Tel erozyon tezgahlarında düz dişli çarkların imalatı.....	36
2.10.2.2. CNC tezgahlarında düz dişli çarkların imalatı.....	37
3. DENEY MALZEMELERİNİN SEÇİMİ VE HAZIRLANMASI.....	39
3.1. Dişli malzemelerinin seçimi ve hazırlanması.....	39
3.2. CNC freze tezgahlarının tanıtılması.....	40
3.3. CNC freze tezgahlarının kesicilerinin tanıtılması.....	42
3.4. Dişlilerin imalat programlarının hazırlanması.....	42
3.4.1. CNC programlama için bir diş profilindeki yay uzunluklarının hesabı.....	43
3.4.2. Tek dişin evolvent profilinin oluşturulması ve CNC imalat programının hazırlanması.....	46
3.4.3. İmalatı yapılacak düz dişlilerin hazırlanması.....	51
3.4.3.1. Dişleri segmanla gövdeye monte edilmiş dişli modelinin tasarım ve imalatı.....	51
3.4.3.2. Dişleri pimle gövdeye monte edilmiş dişli modelinin tasarım ve imalatı.....	57
3.4.3.3. Dişleri diş üzerindeki kama ile gövdedeki kama yuvasına monte edilmiş kamalı dişli modelinin tasarım ve imalatı.....	64
3.5. Dişli pompa malzemesi ve dişli pompa imalatının yapılması.....	75
3.5.1. Gövde ön yüzeyinin CNC imalat programı.....	76
3.5.2. Gövde arka yüzeyinin CNC imalat programı.....	78
3.5.3. Gövde üst sağ yan yüzeyinin CNC imalat programı.....	81

3.5.4. Gövde üst sol yan yüzeyinin CNC imalat programı.....	83
3.5.5. Ön kapak CNC imalat programı.....	85
3.5.6. Arka kapak CNC imalat programı.....	87
3.5.7. Alt kapak CNC imalat programı.....	89
3.5.8. Üst kapak CNC imalat programı.....	91
3.5.9. Pompa rulman yatağının CNC imalat programı.....	93
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI	95
4.1.İmalatı yapılan dişlilerin kalite kontrol ölçüleri.....	95
4.2.Dişli evolvent profili ve basınç açısının kontrolü.....	97
4.3.Dişlilerin kalite kontrolü ve yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi.....	101
4.4.Dişlilerin mukavemet kontrollerinin yapılması.....	104
4.5.Yağ pompası ile ilgili deney donanımı ve hazırlanması.....	105
4.5.1. Dişli pompanın çalışma prensibi.....	107
4.6.Yağ pompası ile ilgili deneylerin yapılması ve sonuçları.....	108
4.7. Teorik olarak hesaplanan debi ile deneysel olarak bulunan debilerin karşılaştırılması.....	114
5. SONUÇLARIN İRDELENMESİ.....	119
6. GENEL SONUÇLAR.....	123
KAYNAKLAR.....	124
EKLER.....	128
EK-1. Dişli Çark Malzemeleri ve Bu Malzemelerin Mekanik Özellikleri.....	128
EK-2. SP60 marka istikamet ve profil kontrol cihazının özellikleri.....	129
EK-3. DIN 3962 Normuna göre M=1-2 mm arasında olan dişli kaliteleri.....	129
EK-4. DIN 3962 Normuna göre M=2-3,5 mm arasında olan dişli kaliteleri.....	130
EK-5. DIN 3962 Normuna göre M=3,5-6 mm arasında olan dişli kaliteleri.....	130
EK-6. DIN 3962 Normuna göre M=6-10 mm arasında olan dişli kaliteleri.....	130
EK-7. Segmanlı Dişli Modelinin İmalatı İçin Geliştirilen C Programı.....	131
EK-8. Pimli Dişli Modelinin İmalatı İçin Geliştirilen C Programı.....	135
EK-9. Kamalı Dişli Modelinin İmalatı İçin Geliştirilen C Programı.....	139
EK-10. Dişli pompa	144
EK-10.1. Dişli pompa gövdesi.....	145
EK-10.2. Dişli pompa gövdesi ön kapak.....	146

EK-10.3. Dişli pompa gövdesi arka kapak.....	147
EK-10.4. Dişli pompa gövdesi üst kapak.....	148
EK-10.5. Dişli pompa gövdesi alt kapak.....	149
EK-10.6. Dişli pompa gövdesi rulman yatakları.....	150
EK-11. Dişli çekme aparatı.....	151
EK-11.1. Çekme aparatı gövdesi.....	152
EK-11.2. Kramayer dişli.....	153
EK-11.3. Alt kapak.....	154
EK-11.4. Ön kapak.....	155
EK-11.5. Düz dişli.....	156



ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Diş dibi kırılması ve kırılma şekli.....	8
Şekil 2.2. Dişli çarkların bozulma şekilleri.....	9
Şekil 2.3. Dişli ana kanunu ve dişlilerin birbirini kavraması.....	11
Şekil 2.4. Düz dişli çarklarda eksenler arası mesafenin etkisi.....	13
Şekil 2.5. Dişli eş profillerinde kayma ve aşınma durumu.....	15
Şekil 2.6. Alt kesilmenin meydana gelmesi ve takım ile ilişkisi.....	14
Şekil 2.7. Dişli çarklarda (+) ve (-) tashihin etkisi.....	16
Şekil 2.8. Dişler arası yan boşluk ve etkisi.....	17
Şekil 2.9. Dişlerin sertleştirilmesi.....	19
Şekil 2.10. Modül kumpası ile diş yüksekliği ve diş genişliğinin ölçülmesi.....	22
Şekil 2.11. Modül mikrometresi ile dişli kontrol uzunluğunun ölçümü.....	23
Şekil 2.12. Silindirik bir düz dişlinin temel boyutları.....	25
Şekil 2.13. R_a ile R_p arasındaki ilişki.....	26
Şekil 2.14. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler.....	27
Şekil 2.15. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi.....	28
Şekil 2.16. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler.....	29
Şekil 2.17. Modül freze çakısı ile düz dişli açma.....	30
Şekil 2.18. Vargel kalemi ile düz dişli çark açma.....	31
Şekil 2.19. Yuvarlanma metodunda evolvent yan yüzeylerin oluşumu.....	32
Şekil 2.20. Planya tezgahlarında yan yüzey bıçakları ile düz dişlilerin imalatı.....	34
Şekil 2.21. Helisel freze ile düz dişli çark açma.....	34
Şekil 2.22. Bıçak çarkı ile düz dişli çarkların imalatı.....	35
Şekil 2.23. WEDM tezgahının şematik görünüşü.....	36
Şekil 2.24. Dik işlem merkezli CNC freze tezgahının şematik görünüşü.....	37
Şekil 3.1. CNC freze tezgahı ve genel görünüşü.....	41
Şekil 3.2. Dişlide yay uzunlukları.....	43
Şekil 3.3. Modülü 8, diş sayısı 10 ve basınç açısı 20° olan bir düz dişlinin evolvent profilinin oluşturulması.....	46
Şekil 3.4. Modülü 8, diş sayısı 10 ve basınç açısı 20° olan dişlinin boyutları.....	51

Şekil 3.5. Segmanla montajı yapılmış olan dişli modeli.....	52
Şekil 3.6. Segmanlı dişli modeli ve tek dişin boyutları.....	52
Şekil 3.7. Segmanlı dişli modeli göbek imalatı.....	54
Şekil 3.8. Segmanlı dişli modeli üst kapak imalatı.....	56
Şekil 3.9. Pimle montajı yapılmış olan dişli modeli.....	68
Şekil 3.10. Pimli dişli modeli tek dişin boyutları.....	58
Şekil 3.11. Pimli dişli modeli göbek	60
Şekil 3.12. Pimli dişli modeli üst kapak.....	63
Şekil 3.13. Kama ile montajı yapılmış olan dişli modeli.....	65
Şekil 3.14. Kamalı dişli modeli tek dişin boyutları.....	65
Şekil 3.15. Kamalı dişli modeli göbek.....	67
Şekil 3.16. Kamalı dişli modeli üst kapak.....	70
Şekil 3.17. Plastik malzemeden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen bir düz dişli.....	72
Şekil 3.18. Ç8620 malzemesinden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen bir düz dişli.....	72
Şekil 3.19. Ç8620 malzemesinden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen düz dişli gurubundan bir görünüş.....	73
Şekil 3.20. Plastik malzemeden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen düz dişli gurubundan bir görünüş.....	73
Şekil 3.21. Ç8620 imal edilmiş dişleri değiştirilebilen düz dişli gurubundan bir görünüş.....	74
Şekil 3.22. Ç8620 ve plastik malzemelerden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen düz dişli gurubundan bir görünüş.....	74
Şekil 3.23. Dişli pompa komple ve detay resimleri.....	75
Şekil 3.24. Dişli pompanın gövde ön yüzeyinin görünüşü.....	76
Şekil 3.25. Dişli pompanın gövde arka yüzeyinin görünüşü.....	78
Şekil 3.26. Dişli pompanın gövde üst yüzey sağ yan görünüşü.....	81
Şekil 3.27. Dişli pompanın gövde üst yüzeyinin sol yan görünüşü.....	83
Şekil 3.28. Dişli pompanın ön kapak yüzeyinin görünüşü.....	85
Şekil 3.29. Dişli pompanın arka kapak yüzeyinin görünüşü.....	87
Şekil 3.30. Dişli pompanın alt kapak yüzeyinin görünüşü.....	89

Şekil 3.31. Dişli pompanın üst kapak yüzeyinin görünüşü.....	91
Şekil 3.32. Dişli pompa yatağının görünüşü.....	93
Şekil 4.1. Tek diş üzerinden ölçülen uzunluklar.....	95
Şekil 4.2. Dişlilerin S değerlerinin karşılaştırılması.....	96
Şekil 4.3. Dişlilerin H değerlerinin değişimi.....	96
Şekil 4.4. SP60 istikamet ve profil kontrol cihazının şematik görünüşü	97
Şekil 4.5. Profil kontrol grafikleri.....	99
Şekil 4.6. Profil kontrol yüzeyleri.....	100
Şekil 4.7. Dişli modellerinin teorik ve deneysel olarak ölçülen kontrol uzunlukları arasındaki değişim.....	101
Şekil 4.8. Yüzey pürüzlülüğü kontrol yüzeyleri.....	102
Şekil 4.9. Dişli modellerinin ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri.....	103
Şekil 4.10. Dişli modelleri ile imalat sürelerinin değişimi.....	103
Şekil 4.11. Çekme aparatının görünüşü.....	104
Şekil 4.12. Dişlilerin dişli model tiplerine bağlı olarak maksimum kuvvet dayanımı.....	105
Şekil 4.13. Deney düzeneği ve şematik görünüşü.....	106
Şekil 4.14. Hidrolik pompanın şematik resmi.....	107
Şekil 4.15. Segmanlı tip dişli modeli için debi değişimi.....	109
Şekil 4.16. Pimli tip dişli modeli için debi değişimi.....	110
Şekil 4.17. Kamalı tip dişli modeli için debi değişimi.....	111
Şekil 4.18. Azdırma tezgahında imal edilen dişli için debi değişimi.....	112
Şekil 4.19. Azdırma tezgahında imal edilen dişli ile dişli model tiplerinin debi değişimi.....	113
Şekil 4.20. Segmanlı dişli modeli için teorik ve deneysel debi değişimi.....	115
Şekil 4.21. Pimli dişli modeli için teorik ve deneysel debi değişimi.....	116
Şekil 4.22. Kamalı dişli modeli için teorik ve deneysel debi değişimi.....	117
Şekil 4.23. Azdırma dişlisi için teorik ve deneysel debi değişimi.....	118
Şekil 5.1. Evolvent profili ve istikamet açısı değişimi.....	120

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Dişli çark mekanizmaları ve sınıflandırılmaları.....	7
Tablo 3.1. Bazı plastiklerin mekanik ve ısı özellikleri.....	39
Tablo 3.2. Ç8620 dişli malzemesinin kimyasal bileşimi.....	39
Tablo 3.3. İmal edilen tek diş için sağ ve sol evolvent profillerinin X, Y koordinatları ve dişli yan yüzeylerindeki r yarıçap değerleri.....	49
Tablo 4.1. Diş ölçülerinin karşılaştırılması.....	95
Tablo 4.2. Evolvent profili ve istikamet açısı ölçüm değerleri.....	100
Tablo 4.3. DIN 3962 normuna göre M = 6-10 mm arasında olan dişli tolerans kaliteleri.....	100
Tablo 4.4. Dişlilerin kalite kontrol ölçüleri.....	101
Tablo 4.5. Dişlilerin diş yüzeylerinden ölçülen pürüzlülük değerleri	102
Tablo 4.6. Dişlilerin maliyet süresi.....	103
Tablo 4.7. Dişlilerin maksimum kuvvet dayanımı.....	105
Tablo 4.8. Segmanlı tip dişlinin debi miktarları.....	109
Tablo 4.9. Pimli tip dişlinin debi miktarları.....	110
Tablo 4.10. Kamalı tip dişlinin debi miktarları.....	111
Tablo 4.11. Azdırma tezgahında imal edilen dişlilerin debi miktarları.....	112
Tablo 4.12. Azdırma tezgahında imal edilen dişli ile dişli model tiplerinin debi miktarları.....	113
Tablo 4.13. Segmanlı dişli modeli için deneysel ve teorik debi miktarları.....	115
Tablo 4.14. Pimli dişli modeli için deneysel ve teorik debi miktarları.....	116
Tablo 4.15. Kamalı dişli modeli için deneysel ve teorik debi miktarları.....	117
Tablo 4.16. Azdırma tezgahında imal edilen dişli için deneysel ve teorik debi miktarları.....	118
Tablo 5.1. Profil ölçüm sonuçları.....	120
Tablo 5.2. DIN 3962 normuna göre dişli profil hataları.....	120
Tablo 5.3. Teorik ve deneysel debi oranlarının devir sayılarına göre değişimi.....	122

SEMBOLLER LİSTESİ

- ω_1 :Döndüren dişlinin açısal hızı (rad/s)
 ω_2 :Döndürülen dişlinin açısal hızı (rad/s)
 V_1 :Döndüren dişlinin çevresel hızı (m/s)
 V_2 :Döndürülen dişlinin çevresel hızı (m/s)
 R_1 :Döndüren dişlinin temel dairesi yarıçapı (mm)
 R_2 :Döndürülen dişlinin temel dairesi yarıçapı (mm)
 C_1 :Döndüren dişlinin kavrama doğrusu yönündeki çevresel hızı (m/s)
 C_2 :Döndürülen dişlinin kavrama doğrusu yönündeki çevresel hızı (m/s)
 r_1 :Döndüren dişlinin bölüm dairesi yarıçapı (mm)
 r_2 :Döndürülen dişlinin bölüm dairesi yarıçapı (mm)
 M :Dişlinin modülü (mm)
 α_0 :Dişlinin basınç açısı (°)
 $i_{1,2}$:Çevrim oranı
 V_{k1} :Döndüren dişlinin kayma hızı (m/s)
 V_{k2} :Döndürülen dişlinin kayma hızı (m/s)
 a_{k1} :Döndüren dişlinin özgül kayma hızı (m/s)
 a_{k2} :Döndürülen dişlinin özgül kayma hızı (m/s)
 Z :Diş sayısı
 Z_{min} :Minimum (kritik) diş sayısı
 $-X$: (-) Tashih değeri
 $+X$: (+) Tashih değeri
 F_0 : Kritik diş sayısı için sabit faktörü
 b_y :Diş yüzeyine dik yan boşluk (mm)
 b_d :Kavrama doğrusu üzerinde çevresel yan boşluk (mm).
 S_0 :Teorik diş kalınlığı (mm).
 A_0 :eksenler arası mesafe (mm).
 S_x :Bölüm dairesi üzerinden ölçülen diş kalınlığı (mm).
 h_x :bölüm dairesi üzerinden ölçülen diş yüksekliği (mm).
 S :Diş dairesi üzerinden ölçülen kalınlığı (mm).
 L_n :Ölçüm yapılacak dişler arasındaki uzunluk (mm) ($n_{1,2}$ ' ye karşılık gelen).

$Z_{1,2}$: Ölçüm yapılacak dişlinin diş sayısı.

D_t : Bölüm dairesi çapı (mm)

D_a : Diş üstü çapı (mm)

D_f : Diş dibi çapı (mm)

t_0 : Dişlinin hatvesi (mm)

h_1 : Dişlinin diş üstü yüksekliği (mm)

h_2 : Dişlinin diş dibi yüksekliği (mm)

h : Toplam diş yüksekliği (mm)

C : Dişler arası boşluk (mm)

A_1 : Diş dibi sağ yan evolvent profili.

A_2 : Diş dibi sol yan evolvent profili.

B_1 : Diş üstü sağ yan evolvent profili ve helis açısı istikamet profili.

B_2 : Diş üstü sol yan evolvent profili ve helis açısı istikamet profili.

R_a : Ortalama pürüzlülük değeri (μm)

R_t : Yüzey pürüzlülüğünün derinliği (μm)

R_p : Maksimum pürüzlülüğün ezilme değeri (μm)

S_{XT} : Bölüm dairesi üzerinden hesaplanan teorik diş kalınlığı (mm)

S_{X0} : İmal edilen dişlinin bölüm dairesi üzerinden ölçülen diş kalınlığı (mm)

h_{XT} : Bölüm dairesi üzerinden hesaplanan teorik diş yüksekliği (mm)

h_{X0} : İmal edilen dişlinin bölüm dairesi üzerinden ölçülen diş yüksekliği (mm)

L_{nT} : Bölüm dairesi üzerinden hesapla bulunan teorik hatve uzunluğu (mm)

L_{n0} : İmal edilen dişlinin bölüm dairesi üzerinden ölçülen hatve uzunluğu (mm)

Q : Pompanın debisi (lt/sn)

t : Zaman (sn)

n : Devir sayısı (d/d)

V : Akışkanın hacmi (lt)

V_0 : Dişli pompada bir dişin taşıdığı yağ miktarı ($Cm^3/diş$)

V_g : Pompanın bir devirde taşıdığı yağ miktarı ($Cm^3/devir$)

f_r : Evolvent profil hatası (μm)

$f_{H\alpha}$: Evolvent profili istikamet açısı hatası (μm)

f_t : Toplam profil hatası (μm)

h_{k0} : Diş üstü yüksekliği (mm)

1.GİRİŞ

Günümüzde en çok kullanılan mekanik güç ve hareket iletim elemanlarından biri olan düz dişliler, tek parça olarak imal edilmekte ve ısıt işlemleri, taşlanmaları imal edilen bu dişliler üzerinde yapılmaktadır. Bu işlemler esnasında yapılacak herhangi bir hata; dişlilerin artık kullanılamaz duruma gelmesine veya çalışma ömürlerinin çok kısılmasına sebep olmaktadır. Bu da günümüz teknolojisi açısından hem zaman hem de maddi bir kayıptır. Bunun dışında, yukarıda anlatılan durumların hatasız yapıldığı varsayılsa bile, dişlilerin yerlerine montajları yapılırken çalışmalar esnasında yapılabilecek herhangi bir hata, dişlilerden bir veya birkaçının kırılmasına, veya tolerans ölçülerinin kaybolmalarına sebep olmaktadır. Bu gibi durumlar da dişlilerin tümüyle atılmalarını gerektirmektedir. Halbuki bu yeni sistemle imal edilen bir düz dişlinin hasara uğramış dişleri değiştirilebilmektedir. Buda hem maddi hem de zaman açısından büyük bir tasarruf sağlamaktadır.

Bu tip bir imalatın direk olarak literatürde olmaması, ilk bakışta böyle bir imalatın imkansız olduğu düşüncesini zihinlere getirebilir. Ancak günümüz teknolojisinde parçalı rulmanların imalatlarının milimetrenin 10^{-5} de biri hassasiyetinde yapılması ve bilgisayarların imalata girmesi (CAD – CAM, CNC ve Robotlar) ile, günümüzde imkansız gibi görünen durumları imkanı hale getirmiştir. Bu araştırmada belki 10^{-5} hassasiyetinde bir imalat yapılamamış ama, üniversitemiz imkanlarında mevcut olan CNC tezgahlarının hassasiyeti olan 10^{-3} hassasiyetinde imalat yapılabilmektedir. Bu da günümüzde taşlama tezgahlarının hassasiyetine karşılık gelmektedir.

Endüstride kullanılan dişliler arasında düz dişlilerin önemli bir yeri vardır. Bu dişlilerin diş profillerine uygun bir biçimde açılabilmesi için özel amaçlı takım tezgahlarına ihtiyaç duyulması ve bu tezgahların her yerde bulunmaması bu dişlilerin üretim ve imalatı için önemli bir engel teşkil etmektedir.

Ancak, son yıllarda konu ile yaklaşık olarak ilgili olan düz dişlilerin imalatına yönelik araştırmalarda; J. R. Phillips, (1999) geometriksel olarak yaptığı çalışmalarda, tek açılı hiperbolik sonsuz dişlileri göz önüne alarak, bu dişlilerin kinematik ve mekanik tasarımlarını yapıp, eksenler arası mesafe, diş sayısı ve basınç açısı gibi parametrelerin güç iletimi üzerine olan etkilerini incelemiştir. Ajoy Kumar Das, (1999) tarafından

yapılan çalışmalarda, düz dişli imalatlarında elde edilen yüzeylerin bitiş pasolarının işlenmeleri sırasında meydana gelen işleme hatalarının nasıl düzeltilebileceğini incelemiş, elde olmayan sebeplerden dolayı meydana gelen imalat hatalarının frezeleme ile imal edilen dişlilerde, yuvarlanma metodu ile imal edilen dişliden daha çok olduğunu göstermiştir. Chung- Biau Tsay, Wen- Yao Liu, Yi- Cheng Chen, (2000) tarafından yapılan çalışmalarda, belli bir profile sahip düz kesici çakılar kullanılarak, düz dişli çarkların bilgisayar programları yardımıyla imalatlarının nasıl yapılabileceği ve kullanılan çakıların değişik profile sahip kesici ağız kısmı için geometrik olarak matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Bu kesiciler ile düz dişli imal edilirken, dişli ana kanunu göz önünde bulundurularak imalat yapıldığında, imalat esnasında kullanılan kesiciye ait kesme parametreleri tespit edilerek, bu parametrelerin dişli profili üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Alexander Kapelevich, (2000) tarafından yapılan çalışmalarda, dişlilerin boyutları küçülterek simetrik olmayan dişlere sahip dişlilerin tasarım ve imalatı yapılmış, daha sonra da, bu dişliler ile yapılan çalışmalar esnasında titreşim düzeyinin azaltılması ve yük taşıma kapasitesinin artırılması için nümerik hesaplamalara dayalı bir metot geliştirilmiştir. Ming Haung Tsai, Sheng-Feng Lin, Ying-Chein Tsai, (1998) yaptıkları çalışmalarda, düz dişlilerde uygun diş yüzeylerinin elde edilmesinde özel bir taşlama taşı kullanarak, diş yüzeylerindeki imalat hatalarını gidermek için yapılması gerekenler anlatılmıştır. S. H. Suh, W. S. Jih., H.D. Hong ve D. H. Chung , (2001) tarafından yapılan çalışmalarda, konik helis dişlilerin imalatlarının üç eksenli ve döner tablaya sahip bir CNC freze tezgahında nasıl yapılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, imalat işlemleri için; konik helisel dişlilerin geometrik modellemesi, NC de işlemek için yöntem planlaması ve takım yolu planlaması olmak üzere üç aşamalı bir algoritma geliştirmişlerdir. Anders Flodin ve Sören Anderson, (2000) yaptıkları çalışmalarda, helis dişlilerde hafif aşınmanın etkileri araştırılarak, dişlilerin diş yüzeylerindeki temas noktalarının durumuna göre, basınç dağılımının her bir diş üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Michele Ciavarella ve Giuseppe Demelio (1999) tarafından yapılan çalışmalarda, dişlilerin yorulma ömrü ve gerilme yoğunluğuna bağlı olan özgül kayma hızlarının optimizasyonu yapılarak matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Anders Flodin ve Sören Anderson, (1997) tarafından yapılan çalışmalarda, düz dişlilerde hafif aşınmanın meydana gelmesini etkileyen faktörler tespit edilerek, dişlilerin çalışma durumuna göre, diş yüzeylerindeki aşınmaların parça

parça olduğu ve bu aşınmaların diş yüzeyleri arasındaki temas şekline göre değiştiğini göstermişlerdir. C. Özel, A. İnan (2000) tarafından yapılan çalışmalarda, Matterson aparatı kullanılarak vargel tezgahında konik düz dişlilerin imal edilebileceği gösterilmiştir. Ayrıca, klasik freze tezgahlarında da, herhangi bir özel çakıya ihtiyaç duyulmadan parmak freze çakısı ile Matterson aparatı kullanılarak düz konik dişlilerin imal edilebileceği gösterilmiştir. Gene aynı çalışmada dik işlem merkezli CNC freze tezgahında Matterson aparatı kullanılarak konik düz dişlilerin imalatı için tamamen yeni bir freze çakısı modeli tasarlanmış ve bu çakı ile konik dişlinin sağ ve sol evolvent profillerinin ayrı ayrı imal edilebilmesi için iki farklı CNC programı hazırlanarak, yardımcı bir aparat kullanmadan DYNA MYTE 2900 CNC freze tezgahında konik düz dişlilerin imal edilebilmeleri için makro programlı CNC imalat programı hazırlanmış ve bu program kullanılarak konik düz dişlilerin imalatlarının nasıl yapılabileceği gösterilmiştir. Shraibman, S. M, (1989) tarafından yapılan çalışmalarda, çeşitli üretim yöntemlerinde dişli çark imalat işlemlerinin istatistik olarak bir planı çıkartılmıştır. Zaitsev, V. V., (1987) tarafından yapılan çalışmalarda, dişli çark imalatı için kullanılan kesicilerin; kesici ağız ve geometrik şekillerine bağlı olan kesme parametrelerinin diş yüzeyleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elber G. ve Cohen, E., (1993) tarafından yapılan çalışmalarda, serbest eğrilerle şekillendirilmiş yüzey modellerinde takım kesme yolları oluşturmak için bir algoritma geliştirilmiştir. Akkurt , M. ve Sevinç, A. (1994) yaptıkları çalışmalarda, bir helisel dişlinin, Tel Erozyonu Tezgahında CAD-CAM-NC entegrasyonu ile imalatı gösterilmiştir. J. Castro ve J. Scabra, (1998) tarafından yapılan çalışmalarda, FZG dişlilerinde yağlayıcı film tabakasının, sürtünen yüzeyler arasında meydana getirdiği aşınma ve kazınmalar ile aşınma yükünün yağlama hızı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, farklı viskozitelere sahip yağlar kullanılarak, sabit sıcaklıktaki yağlayıcı yağ tabakasının çizgisel hızları ölçülmüş ve her bir yük için; dişlerin temas noktaları boyunca yağ sıcaklığı, yağlayıcı film kalınlığı, viskozite ile yağın ortam sıcaklığı gibi parametrelerin analitik değerlendirilmesi yapılarak, deneysel ve teorik yapılan çalışmaların sonuçlarına göre; yağlayıcı film kalınlığı, çalışma sıcaklığı ve aşınma yüklerinin aşınma ve kazınma üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Ying-Chen Tsai ve Wern-Kueir Jehng, (1999) tarafından yapılan çalışmalarda, eksenden kaçık dişli mekanizmalarının imalatlarının küresel uçlu çakılar kullanılarak yapılabileceği gösterilmiştir. M. A. Haidar, A. Ishibashi, K. Sonoda, S. Ezoe, (1999)

tarafından yapılan çalışmalarda, taşlanmış dişlilerin, diş yüzey hataları üzerinde taşın aşınmasını en aza indirmek amacıyla, çeşitli kalitelerde taşlar kullanılarak dişli taşlamalarında uyulması gereken yöntemler gösterilmiştir. M. Erten, M. Akkurt, (1993) yaptıkları çalışmalarda, diş dibi mukavemeti ve gerilme hesaplamaları ile ilgili çeşitli yöntemleri birbiriyle karşılaştırarak; profil kaydırma, kavrama açısı, yüzey sertleştirme ve diş dibine bilye püskürtmenin dişlerin yorulma mukavemetini nasıl etkilediği incelenmiş, bunlardan profil kaydırma faktörünün hem (+) yönde hem de (-) yönde artmasının mukavemeti artırdığı, kavrama açısı artığında da kavrama oranının düştüğü, fakat diş dibi kalınlığı ve diş dibi radyüsü artığında mukavemetin arttığı, diş dibine bilye püskürtmenin çekme tarafında çekme gerilmelerinin etkisini azaltarak mukavemetin arttığı, ancak püskürtme süresi artıkça mukavemetin azaldığı, yüzey sertleştirme ile mukavemetin arttığı, ve sertleştirilen tabaka kalınlığının artmasının mukavemet üzerinde etkili olmadığı gösterilmiştir. G. Paygane, M. Akkurt, (1990) tarafından yapılan çalışmalarda, dişli çarklarda yenme olayını en çok etkileyen faktörün yağın cinsi olduğu, yağ cinsinin yenme olayını yağın iki özelliğine bağlı olarak etkilediği ve bunların yağın viskozitesi ile yapışma kabiliyeti olduğu tespit edilerek, viskozitenin artması ile yüzeylerin yenmeye karşı kabiliyetlerinin artmakta olduğu, sınır sürtünme bölgesinde yağın yapışma özelliğinin önem taşıdığı, bu bakımdan yağın cinsinin, polaritesinin ve metal yüzeyleri ile kimyasal reaksiyona girip girmemesinin yenme olayı üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir. Ming-Haung Tsa, Ying-Chien Tsai, (1998) tarafından yapılan çalışmalarda, diş dibi kesilmesi olmayan ve daha küçük kavrama açıları olan kuadratik parametrik profillere sahip kesiciler kullanılarak yüksek temas oranına sahip düz dişlilerin tasarım ve imalatı için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. S. Glodez, S. Pehan ve J. Flaker (1998) yaptıkları çalışmada, diş genişliği boyunca farklı yük dağılımlarının çatlak ilerlemesine sebep olduğu, bu çatlakın dişlinin çalışma ömrü üzerine olan etkilerinin nasıl olacağını göstermişlerdir. M. Mack Aldener, M. Olsson, (2001) tarafından yapılan çalışmalarda, dişli içindeki yorulma davranışının sonucu olarak meydana gelen dişli hasarlarının, dişlinin içinde başlayan bir yorulma çatlak sonucu olduğu, yorulma üzerinde etkili olan parametrelerin Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) kullanılarak, sayısal çözümlerle analiz edilmesi, yorulma özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi sonunda yorulmanın çatlak yüksekliği ile değişimi ve bilyalı dövmenin yorulma üzerindeki etkisi incelenmiş, çatlak tahminen

dişin bölüm dairesi yüksekliklerinden başlamakta olduğu ve diş dibine doğru yavaş yavaş ilerlediği gösterilmiştir. Jongung Choi, Hae-Yong Cho, Chang-Yong Jo, (2000) yaptıkları çalışmalarda düz dişlilerin dövülerek elde edilmesi için nümerik bir metot geliştirmişlerdir. Masaya Kurokawa, Yoshitaka Uchiyama, Susumu Nagai, (1999) yaptıkları çalışmalarda, poli eter- eter keton takviyeli bir karbon fiber dişli malzemesi kullanarak enjeksiyon kalıplama yöntemi ile bir dişli imal etmişler ve bu dişlinin performans değerlerini incelemişlerdir. Ayrıca, imal edilen dişlilerde, aşınmanın dişler arasındaki yağlayıcı tabakaya bağlı olup olmadığı ve karşılık dişlisinin malzeme özelliklerine, yüzey sertliğine ve kavrama bölgesindeki ısı transfer filmine bağlı olduğunu göstermişlerdir. Maria Pia Sammartini, Leonardo De Chiffre, (2000) tarafından yapılan çalışmalarda, yeni imal edilen bir dişlinin hatvesini kontrol etmek için bir hatve kontrol cihazı geliştirilmiş ve bu cihaz yardımı ile imalatı yapılan dişlilerin imalat ölçümleri kontrol edilmiş, bu kontrol ve ölçümler sonucunda, toplam adım sapmasının $0,9\ \mu\text{m}$ ve $1,4\ \mu\text{m}$ olduğu gösterilmiştir. M. Cüneyt Fetvacı, (1999) tarafından yapılan çalışmalarda, Ansys Sonlu Elemanlar Analiz Programı ile Düz Dişli Çarkların Modellenmesi yapılarak, dişlilerde gerilme analizi için sonlu elemanlar metodunun nasıl uygulanabileceği hakkında bilgi verilmiştir. İsmail Gürgül, (1993) yaptığı çalışmada, dişli çark diş yüzeylerinin elastik deformasyonunun hidrodinamik yağlamaya olan etkisini inceleyerek, minimum film kalınlıklarının basınç dağılımı ve yük taşıma kapasiteleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Ferhat Dikmen, (1997) tarafından yapılan çalışmada, hipoid dişli mekanizmalarında eksen kaçıklığının yük taşıma kapasitesine olan etkisi incelenmiştir. Mete Kesan, H. Nevzat Özgüven, (1992) tarafından yapılan çalışmalarda, helisel dişlilerin dinamik analizini sonlu elemanlar yöntemini kullanarak, doğal frekans ve dinamik faktörleri hesaplayan bir program geliştirmişlerdir. M. Cüneyt Fetvacı, (1998) yaptığı çalışmalarda, plastik malzemelerden imal edilecek dişlilerin tasarım ve dizaynı sırasında kullanılan kuvvetlendirici elyaf takviyesi ile dişlilere mukavemet kazandırma, dikkat edilecek hususlar gösterilmiştir. Ayrıca, uygulamalarda dişlilerin sesiz olarak çalışması için tatbik edilen konstrüktif tedbirlerin etkisini de incelemiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Güç ve devir ileten elemanlardan en çok kullanılanlar dişli çark mekanizmalarıdır. Dişli çark mekanizmaları, en az iki dişliden oluşan bir sistemdir. Güç iletilme bakımından mekanizmanın, bir döndüren bir veya birkaç döndürülen elemanı vardır. Genellikle mekanizmanın küçük dişlisine pinyon, büyük dişlisine çark denir. Dişli çarklar ve dişli çark mekanizmaları millerin konumuna göre şu şekilde sınıflandırılabilir;

a. Eksenleri aynı düzlemde bulunan fakat paralel olan iki mil arasında güç ve devir ileten dişli çarklar. (silindirik düz alın dişliler)

b. Eksenleri aynı düzlemde bulunan fakat kesişen iki mil arasında güç ve devir ileten dişli çarklar. (konik dişliler)

c. Eksenleri aynı düzlemde olmayan fakat miller arasında güç ve devir ileten dişli çarklar. (sonsuz vida ve kramayer dişliler)

Dişli çarkları Tablo 2.1' de görüldüğü gibi isimlerine göre sınıflandırmak mümkündür. (Akkurt, M)

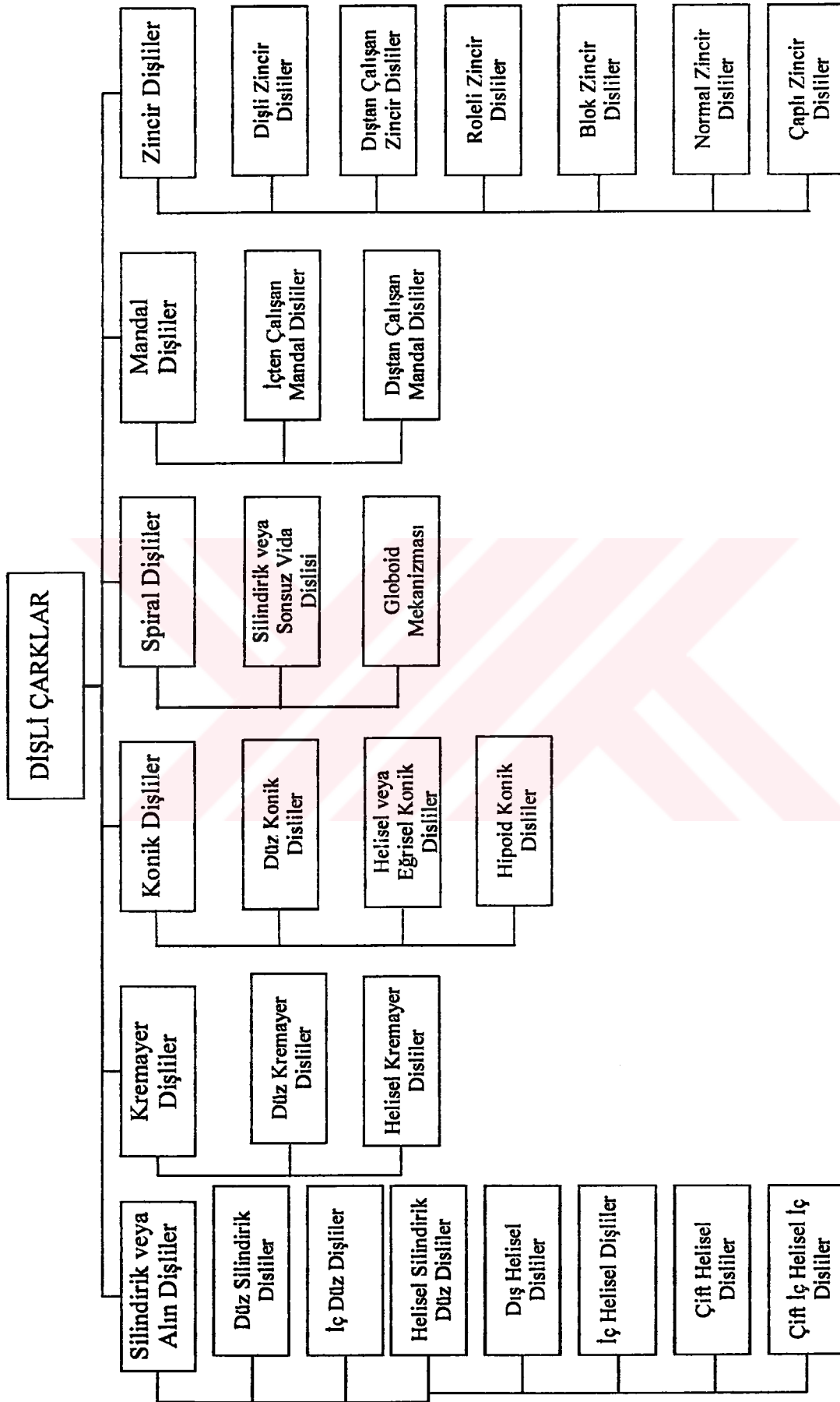
2.1. Dişli Çarklarda Yorulma ve Bozulma Şekilleri

Makine konstrüksiyonunda en çok kullanılan mekanik güç ve hareket iletim elemanlarından olan dişli çarklar, çalışmaları sırasında çeşitli etkilere maruz kalırlar. Bu etkiler sonucunda ani veya zamana bağlı olarak işe yaramaz hale gelirler. Dişli çarkların esas fonksiyonlarından biri olan güç iletimi, dişlinin yük taşıma kabiliyeti ile sınırlıdır.

Yük taşıma kabiliyetinin bağlı olduğu faktörler şunlardır;

- Dişlerin yorulma sonucu diş dibinden çatlaması ve kırılması,
- Diş yan yüzeylerinin yorulma aşınması (Pitting),
- Diş yan yüzeylerinin adhezyon aşınması (yenmenin şiddetli hali),
- Diş yan yüzeylerinin abrazyon aşınması (yenmenin hafif hali),
- Diş yan yüzeylerinin soyulma ve pul pul kopması(scuffing, spalling),
- Sürtünme sonucu meydana gelen ısı,
- Yüksek hız, aşırı yük ve montaj hatalarından doğan gürültü,
- Diğer işe yaramama gibi olaylar.

Tablo 2.1 Dişli Çark Mekanizmaları ve sınıflandırılmaları



Kırılma olayları, sürekli olarak etkiyen değişken yük altında yorulma sonucu, zamana bağlı olarak meydana gelip dişlinin ömrünü etkiledikleri gibi, aşırı yüklenme durumunda ani olarak da ortaya çıkabilmektedirler. Yorulma sonucu meydana gelen kırılma olayı, çekme gerilmelerinin bulunduğu tarafta bir çatlakla başlar. Zamanla bu çatlak büyür ve ilerler. Kesit alanı yükü taşıyamayacak kadar küçüldüğünde aniden kopma şeklinde meydana gelir.

Dişli çarkların yüksek hız ve yüklerde çalışmalarını engelleyen iki sınır vardır. Bunlardan birisi sıcaklık, diğeri ise buna bir ölçüde bağlı olan yenmedir. Esasen dişli çarklarda, dipten kırılma, yüzey yorulması(Pitting), adhezyon aşınması ve yenme olmak üzere dört çeşit bozulma şekilleri vardır. Bu bozulma çeşitleri yük ve hıza bağlı olarak temsil edilirse Şekil 2.1 de gösterildiği gibi bir durum ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.1 Diş dibi kırılması ve kırılma şekli (Erten, M.)

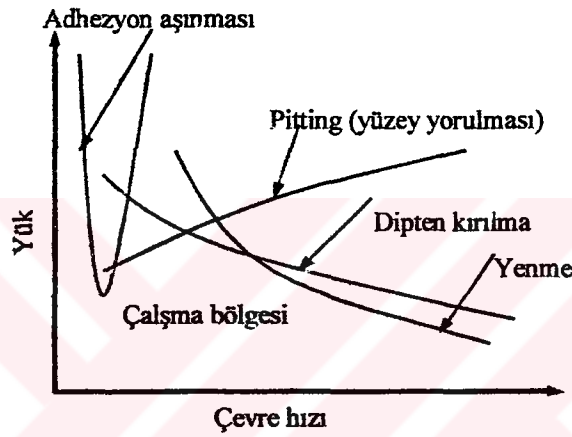
Görüldüğü gibi yenme olayı bilhassa yüksek hız ve yüklerde meydana gelmektedir. Esasen adhezyon aşınması ve yenme aynı fiziksel olaya bağlı, yani temas yüzeyleri arasında oluşan mikro bağlara dayanmaktadır. Ancak, adhezyon aşınması olayın hafif, yenme ise şiddetli halidir. Bunun yanı sıra aşınma olayı belirli bir zaman içerisinde, yenme ise çok kısa bir zamanda meydana gelebilir.

Yenme ile diğer bozulma şekilleri arasında bir karşılaştırma yapılması istenirse ilk akla gelen husus yağlama olayıdır. Dipten kırılma ve yüzey yorulması yağlama tarafından çok az etkilenmektedir. Hatta yüzey yorulmasının başlangıç safhasında yağlamanın menfi bir etki yaptığı hakkında görüşler mevcuttur.

Yağlama esasen yenme olayını etkilemektedir. Şöyle ki, çok düşük hız ve yüklemeler hariç hiçbir dişlinin yağlanmasız çalışmadığı dikkate alınrsa, esasen yağlama yenme olayını önleyen bir etken olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.2 de bu durum açık bir şekilde görülmektedir. Buna göre belirli koşullarda bir dişli çark mekanizmasının ileteceği kuvvet yağdan yağa değişmektedir. Bu demektir ki her yağın bir yük taşıma kabiliyeti vardır. Bu yük taşıma kabiliyeti aşıldığı zaman, yenme olayı meydana gelmekte ve dişliler bozulmaktadır. Yenme ile diğer bozulma çeşitleri arasında

ikinci bir fark, dipten kırılma ile yüzey yorulması büyük ölçüde açıklığa kavuşturulmuş ve günümüzde bu olayla ilgili herkes tarafından kabul edilen teorilere dayanarak pratik bağıntılar ve kriterler yardımı ile bu olaylara göre dişliler kesin olarak hesaplanabilmektedir.

Yenme için aynı hususları söylemek mümkün değildir. Geniş çapta araştırmalara ve incelemelere tabi tutulmasına ve birçok teorilerin olmasına rağmen, yenme için hala kesin bir teori ve hesap yöntemi yoktur. Bunun başlıca nedeni yenme olayının çok karmaşık ve bir çok faktöre bağlı olmasıdır.



Şekil 2.2 Dişli çarkların bozulma şekilleri (Paygane, G.)

Yenme olayını etkileyen başlıca faktörler şu şekilde sıralanabilir.

- Temas yüzeyleri arasında kayma hızı
- Temas yüzeyleri arasında basınç
- Yağlama malzemeleri
- Yağlama şekilleri
- Yağın kimyasal şekli
- Sürtünme
- Yüzey pürüzlülüğü
- Temas yüzeylerinin sertliği ve kayma durumu (fosfatlama)
- Dişli çarkın geometrisi, profillerin kaydırma durumu ve diş başı düzeltmeleri
- Isı transferi
- Yağın sıcaklığı

Tüm bu faktörler dişlilerde yenme olayını ayrı ayrı etkilemektedir. Ancak şimdiye kadar bu faktörleri kapsayan genel bir teori geliştirilememiştir. Bununla beraber gerek teorik ve gerekse deneysel olarak yenme olayı ile ilgili bazı gelişmeler de kat edilebilmiştir. Bunlar; elastohidrodinmik teorisi, sıcaklık teorisi ve yenme yükü teorisi olmak üzere üç teori mevcuttur.

2.2. Dişli Ana Kanunu

Eş çalışan iki profilin, kavrama doğrusu üzerinde A gibi herhangi bir noktada temas halinde olduğu düşünülürse, döndüren dişlinin açısal hızı ω_1 döndürülen dişlinin açısal hızının ω_2 olması durumunda, 1 ve 2 dişlilerine ait profilin temas noktasındaki çevresel hızı;

$$V_1 = R_1 \times \omega_1 \quad ; \quad V_2 = R_2 \times \omega_2 \quad 2.1$$

Her iki hızın doğrultuları, temas noktasındaki R_1 ve R_2 yarı çaplarının doğrultularına diktir.

Profillere ait çevre hızları T_1 T_2 kavrama doğrusu ile buna dik ve bu profillere teğet olan t doğrusu yönünde olmak üzere bileşenlere ayrılırsa v_1 için ω_1 ve c_1 ; v_2 için ω_2 c_2 bileşenleri elde edilir. 1 dişlisi döndüren elaman olduğundan $c_1 < c_2$ olamaz. Diğer taraftan her iki profil temas halinde bulunduğundan $c_1 > c_2$ de olamaz. O halde, profillerin kavrama doğrusu yönündeki hız bileşenlerinin eşit ($c_1 = c_2$) olması gerekir. Şekil 2.3 'e göre;

$$c_1 = \omega_1 \times r_{g1} \quad 2.2$$

$$c_2 = \omega_2 \times r_{g2} \quad 2.3$$

$$c_1 = c_2$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{g2}}{r_{g1}} = i_{12} \quad 2.4$$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Figure 10.10 consists of two diagrams, (a) and (b), illustrating the kinematic analysis of a mechanism with two degrees of freedom.

Diagram (a) shows a mechanism with two links, 1 and 2, and a slider block 3. Link 1 is the fixed frame, and link 2 is the slider block. The instantaneous center of rotation is labeled O . The velocity vectors $\mathbf{v}_A$ and $\mathbf{v}_B$ are shown at points A and B respectively. The angular velocities ω_1 and ω_2 are indicated. The distance between the instantaneous centers is labeled $BC_1 = C_2 =$.

Diagram (b) shows the same mechanism with two instantaneous centers of rotation, O_1 and O_2 . The angular velocities ω_1 and ω_2 are indicated. The diagram shows the relative motion of the links and the slider block.

Bir dişli çark mekanizmasının sabit oranda bir hız (i_{12} =sabit olması) iletebilmesi için eş çalışan profillerin herhangi bir temas noktasındaki ortak normali, daima her iki yuvarlanma dairesinin temas noktasından (O yuvarlanma noktası) geçmek zorundadır. Bu ifade dişli ana kanunun genel ifadesi olarak kabul edilir.

Dişli ana kanununa göre; dişli çevrim oranı temel dairelerin yarıçapları ve çap oranlarına bağlıdır. Yani, temel daireleri değişmedikçe çevrim oranı da değişmez. Bu sonuç, evolvent dişli çarklarda şu önemli üstünlüğü sağlar. Montaj sırasındaki hatalardan dolayı eksenler arası mesafe küçük olduğundan bu durumda temel daireleri değişmez. Ancak evolventin çalışan kısımları değişir. Dolayısıyla evolvent dişli çarklarda eksenler arası mesafenin değişmesi, çevrim oranını etkilemez. Bunun yanında yuvarlanma daireleri ve kavrama açısı değişir (Şekil 2.4)

Eş, profillere teğet olan t doğrusu yönündeki çevre hızlarının ω_1 ve ω_2 bileşenleri birbirlerine eşit değildir. Bu nedenle her iki profil, teğet doğrultuda birbiri üzerinden kayar. Ancak O yuvarlanma noktasında kayma yoktur.

$$v_1 = v_2 \quad \text{veya} \quad \omega_1 \times r_1 = \omega_2 \times r_2 \quad 2.9$$

Profillerin temas noktalarının ani dönme merkezleri olan T_1 ve T_2 noktalarına göre ;

$$\omega_1 = \omega_1 \times \rho_1 \quad \omega_2 = \omega_2 \times \rho_2$$

şeklinde ifade edilirse, profillerin arasında meydana gelen kayma hızı, 1 nci ve 2 nci profile göre

$$v_{k1} = \omega_1 - \omega_2 = \rho_1 \times \omega_1 - \rho_2 \times \omega_2 \quad 2.10$$

$$v_{k2} = \omega_2 - \omega_1 = \rho_2 \times \omega_2 - \rho_1 \times \omega_1 \quad 2.11$$

$$OA = e, \quad OT_2 = r_1 \times \sin \alpha \quad OT_2 = r_2 \times \sin \alpha$$

$$\rho_1 = OT_1 + e = r_1 \times \sin \alpha \quad \text{ve} \quad \rho_2 = r_2 \times \sin \alpha \quad 2.12$$

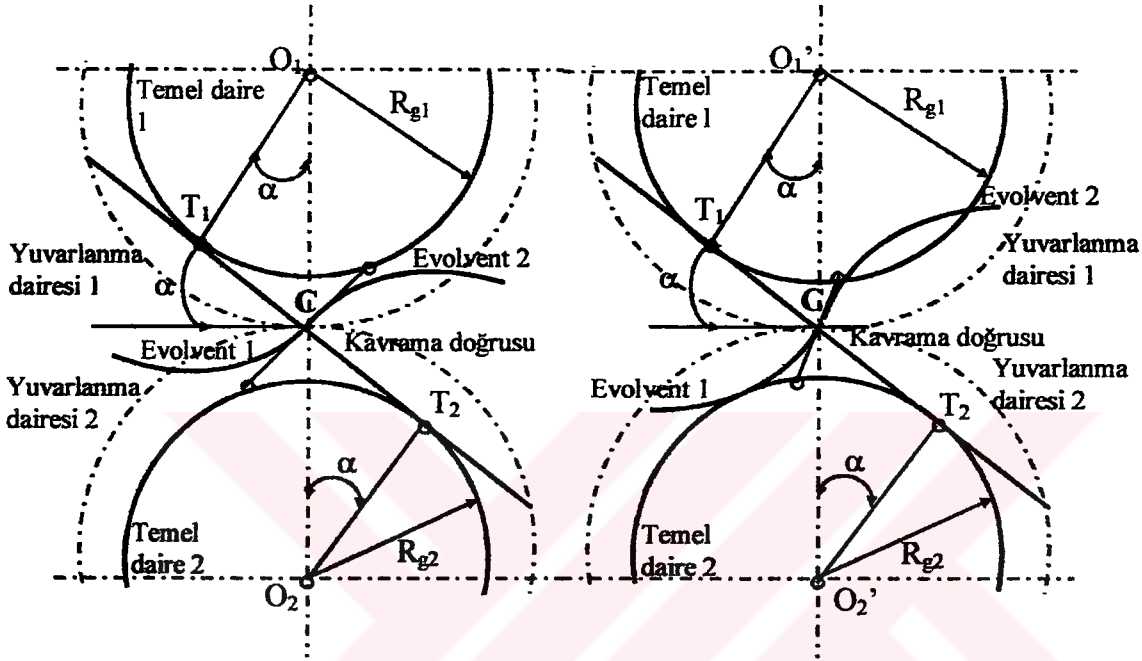
ρ_1 ve ρ_2 değerleri $v_{k1} = \omega_1 - \omega_2 = \rho_1 \times \omega_1 - \rho_2 \times \omega_2$ denkleminde yerine konur ve

$$\omega_1 \times r_1 = \omega_2 \times r_2 \quad \text{olduğu dikkate alınırsa}$$

$$v_{k1} = e \times (\omega_1 + \omega_2); \quad v_{k2} = -e \times (\omega_1 + \omega_2) \quad 2.13$$

Bu bağıntılara göre kavrama boyu üzerindeki kayma hızlarının yayılımı maksimum kayma hızları A ve E noktalarında olup, O noktasında $e=0$ olduğundan $v_{k1} = v_{k2} = 0$ dr.

Bu yüzden O noktasında kayma hareketi yön değiştirir.



Şekil 2.4. Düz dişli çarklarda kavrama açısının eksenler arası mesafeye etkisi (Akkurt, M)

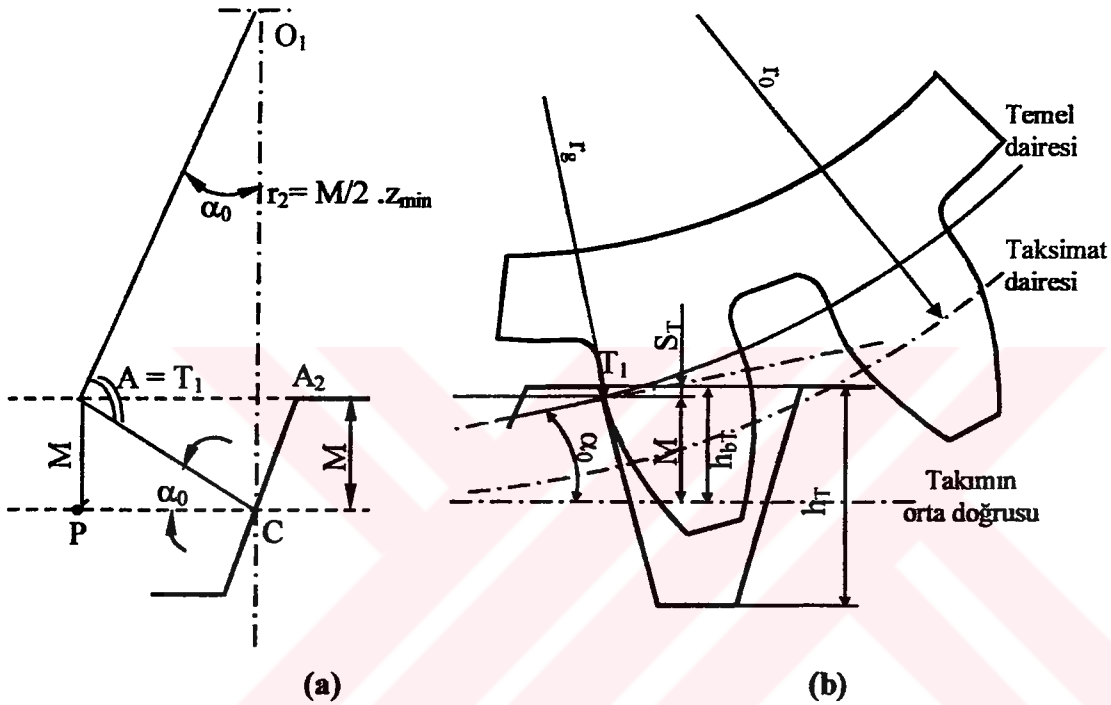
Profillerde meydana gelen kayma hareketi adhezyon aşınmasına yol açar. Bunun profiller üzerine etkisini daha iyi bir şekilde ifade etmek için özgül kayma hızı,

$$a_{k1} = \frac{v_{k1}}{\omega_1} = \frac{e \times (\omega_1 + \omega_2)}{\rho_1 \times \omega_1} \quad 2.14$$

$$a_{k2} = \frac{v_{k2}}{\omega_2} = \frac{e \times (\omega_1 + \omega_2)}{\rho_2 \times \omega_2} \quad 2.15$$

Bu denklemlere göre, kavrama doğrusu üzerindeki özgül kaymaların yayılımı Şekil 2.5 a'da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi T_1 veya T_2 noktasında $\rho_1 = 0$ ve $\rho_2 = 0$ olduğundan $a_{k1} = \infty$ ve $a_{k2} = \infty$ olur. Ancak kavramanın başlangıcındaki ve sonundaki A ile E noktalarında a_{k1} , a_{k2} büyük fakat sonlu değerler alır. Bu sonuçlar, profiller üzerine aktarılırsa Şekil 2.5 b'deki durum meydana gelir. Dişlerin adhezyon aşınması da benzer

daire evolventini çizer. Taksimat eğrisinden r_0 yarıçapı uzaklığında bulunan takımın baş noktası aynı yörüngeyi takip ederek profilin iç içe giren kısmını kesip koparır ve dişin tabanında bir oyma meydana getirir. Alt kesilme olayı olarak tanınan bu olayın sonucunda dişin taban kesiti küçülür. Bundan dolayı dişin yük taşıma kabiliyeti azalır. Bu yüzden, pratikte alt kesilme olayı istenilmeyen bir olaydır.



Şekil 2.6. Alt kesilmenin meydana gelmesi ve takım ile ilişkisi (Akkurt, M)

Diş açma sırasında Şekil 2.6. b’de görüldüğü gibi, alt kesilme olayının sınırını oluşturan T_1 noktası, takım kramayerin standart diş üstü yüksekliği M tarafından tayin edilir. A ve T_1 noktalarının üst üste düştüğü durumda dişleri aşınan dişli çarkın diş sayısı $z_{\min}$ ile gösterilirse O_1T_1C ve T_1PC üçgenlerinde;

$$T_1 C = r_0 \times \sin \alpha_0 = M \times z_{\min} / 2 \times \sin \alpha_0; \quad T_1 C = M / \sin \alpha_0$$

Bağıntıları yazılabilir. Bu iki ifadede $\alpha=20^0$ standart değeri için

$$Z_{\min} = 2 / \sin^2 \alpha_0 \quad ; \quad z_{\min} = 17,099 = 17$$

Şöyle ki, bir dişlinin diş sayısı $z < z_{\min}$ olduğu takdirde, alt kesilme olayı diş açma işlemi sırasında meydana gelir. Pratikte minimum diş sayısı $\alpha = 20^\circ$ için

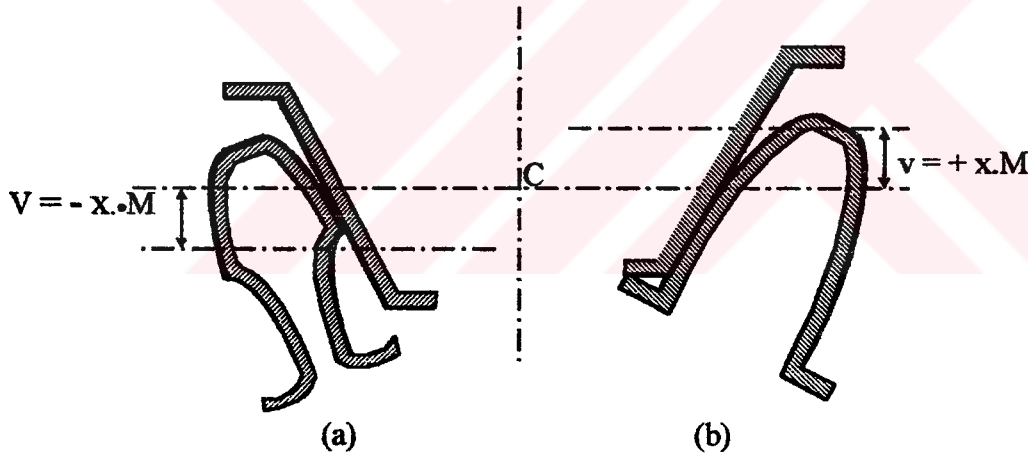
$$Z_{min} = (5/6)z_{min} \quad ; \quad z_{min}^1 = 14 \quad \text{alınır.}$$

Alt kesilmeyi önlemek için genel olarak imalatla kritik diş sayısı dediğimiz bir diş sayısı mevcuttur. Yani alt kesilme olayının olmaması için belli bir diş sayısının altında dişli imalatı yapılmamalıdır.

$$Z_{kmin} = \frac{2 \cdot F_0}{\sin^2 \alpha_0} \leq Z_1 \quad 2.16$$

Bunun için alt kesilme olayını önlemek gerekmektedir. Ancak kritik diş sayısının altında bir diş sayısına sahip bir dişli çark imalatının yapılması zorunlu ise o zaman profil kaydırma yöntemi ile imalat yapılmaktadır.

Alt kesilmeyi önlemek için profil kaydırma yöntemi iki şekilde uygulanır.



Şekil 2.7. Dişli çarklarda (+) ve (-) tashihin gösterilmesi (Akkurt, M).

$$\text{a) } z_1 < z_{min}^1 \quad \text{ve} \quad z_2 > z_{min}^1 \quad \text{veya} \quad z_{min}^1 = 14 \text{ alınırsa}$$

$$z_1 + z_2 \geq 28$$

olması halinde 2 nci dişlinin diş üstü dairesi A noktasını tayin ettiğinden (Şekil 2.7.a) bu dişli eksi dişlisi olarak imal edilir. Yani, mekanizma sıfır kaydırmalı dişli çark mekanizması haline gelir. Bu durumda, her iki dişliye ait olan profil kaydırma faktörü,

$$\alpha = 20^\circ \text{ için } x_1 = -x_2 = z_{min} - z / z_{min} \quad ; \quad x_1 = -x_2 = 17 - z / 17 \quad \text{veya}$$

$$x_1 = -x_2 = 14 - z / 17$$

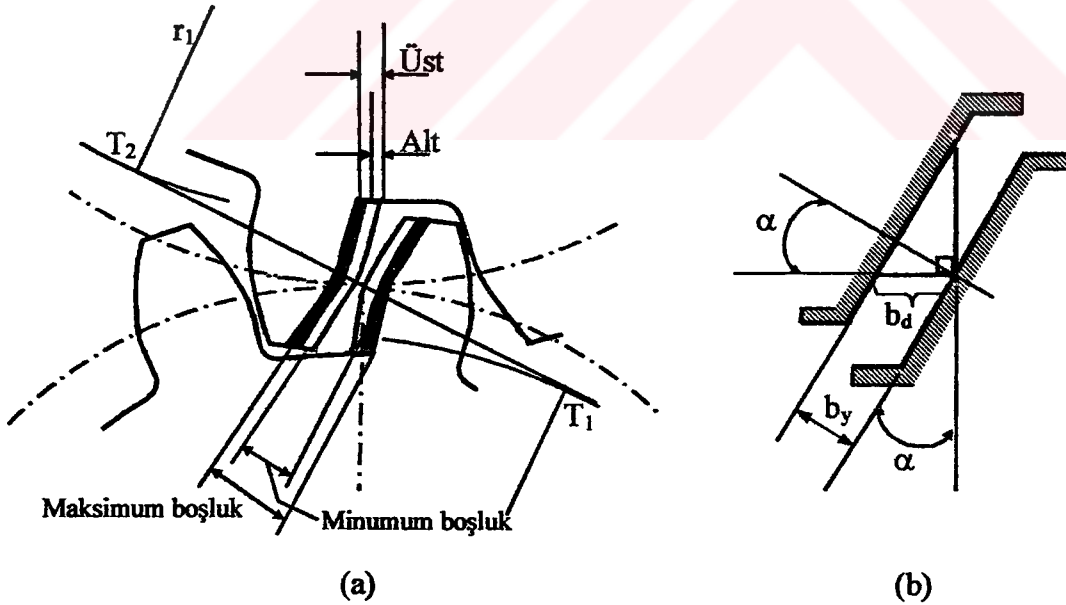
olarak elde edilir. Pozitif kaydırmalı dişlilerde x 'in üst sınırını sivri tepe belirlemektedir. Dolayısıyla alt kesilmeyi önlemek için x 'in değeri dişlinin diş sayısı z 'nin yanısıra, diş üstü kalınlığına bağlıdır.

$$b) \quad z_1 < z_{min}^1 \quad \text{ve} \quad z_2 < z_{min}^1 \quad \text{yani} \quad z_1 + z_2 < 28$$

olan dişli çark mekanizmalarında alt kesilme olayları ancak profil kaydırmalı dişli çark mekanizması elde etmek suretiyle önlenabilir. (Akkurt, M.)

2.4. Dişler Arası Yan Boşluk ve Etkisi

Eş çalışan iki dişliden birinin dişi, diğer dişlinin dişleri arasındaki boşluğa tam olarak girerse bir kilitlenme meydana gelir. Bu nedenle dişli çarklarda hareket iletimi olabilmesi için dişler arasında bir yan boşluk (Şekil 2.8 .a) bırakılması gereklidir. Dişli çarkların çalışmasını önemli ölçüde etkileyen yan boşluk, diş yüzeyine dik (b_y) yani kavrama doğrusu üzerinde (Şekil 2.8.b) veya çevresel yan boşluk (b_d) olarak isimlendirilen, yuvarlanma daireleri üzerinde ölçülür. Bu iki ifade arasında;



Şekil 2.8. Dişler arası yan boşluğun gösterilmesi (Akkurt, M)

$$b_y = b_d \cdot \cos \alpha$$

2.17

bağıntısı vardır. Yan boşluk, diş kalınlığını küçültmek veya eksenler arası mesafeyi büyütmek veyahut her iki yöntemi birden uygulayarak elde edilir. Ancak, pratikte en

çok uygulanan birinci yöntemdir. Bu durumda $S_0 = \frac{M \times \pi}{2}$ olan teorik diş kalınlığı, tolerans değerleri ile küçültülür. (Şekil 2.8.a) Pratik olarak bu küçültme kesici takım vasıtasıyla yapılır.

Yukarıdaki ifadelere göre yan boşluk, dişlerin kalınlığına bağlı bir faktördür. Ancak dişlerin kalınlığı toleranslı bir boyut olduğundan bu toleranslara bağlı olarak yan boşluk minimum ve maksimum değerler arasında değişmektedir. Burada önemli olan yan boşluğun imalattan sonraki değeridir. Boşluğun küçük seçilmesi halinde ise, sıcaklığın etkisi altında ve özellikle yüksek hızlarda bu boşluk daha da küçülür. Hatta sonuçta tamamen ortadan kalkar ve kilitlenmeye yol açar.

Pratikte yan boşluk, dişlerin kalınlığı (S_x) ve eksenler arası mesafesi A_0 toleranslarına bağlı olarak tayin edilir. Yan boşluk imalattan sonra diş kalınlıklarını ölçmek suretiyle kontrol edilir. (Akkurt, M.)

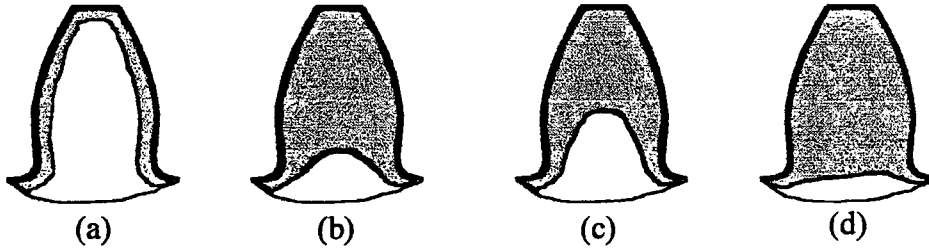
2.5. Dişli Çarkların Malzemeleri

Dişli çarkların mukavemet ve yüzey basıncı bakımından yük taşıma kabiliyetlerini geniş ölçüde etkileyen önemli bir faktör malzemedir. Dişli çarklar genellikle güç ileten makine elemanı olduklarından çelikten yapılırlar. Hassas cihazlarda kullanılan ve sadece devir ileten dişli çarklar ise bronz, naylon, teflon ve sinterlenmiş malzemelerden yapılırlar. Önemsiz ve düşük hızlarda çalışan dişli çarklar, dökme demirden de imal edilebilirler. Bunlara ait malzemeler ve özellikleri EK-1'deki tabloda verilmiştir.

Çelikler, birim hacime göre büyük yük taşıma kabiliyetine ve birim ağırlığa göre düşük maliyete sahip olduklarından, dişli çarkların imalatında en çok kullanılan malzemelerdir. Pratikte karbonlu ve alaşımlı çelikler olmak üzere birçok çelik çeşitleri kullanılmaktadır. Çeliklerin seçimi; kopma mukavemeti, yorulma dayanımı ve uygulanacak ısı işleme göre yapılır. Son zamanlarda dişli çark imalatında naylon (polyamid 6) ve teflon gibi plastik malzemeler kullanılmaktadır. Büyük bir sönümleme kabiliyetine sahip olan bu malzemeler sessiz çalışma istenilen yerlerde kullanılmaktadırlar. Yük taşıma kabiliyetinin oldukça az olduğu bu malzemelerden yapılan dişliler, az yağlanan yerlerde çok iyi sonuç verirler.

2.6. Dişli Çarkların Sertleştirilmesi

Dişli çark dişlerinin yük taşıma bakımından, iç kısmının eğilmeye ve dış kısmının pitting aşınmasına dayanıklı olması istenmektedir. Bu özellikler yüzey sertleştirme yolu ile elde edilir. Bu yüzden, dişli çarklarda ısıtılma işlemi önemli bir rol oynar. Dişli çarkların yüzey sertleştirilmesinde kullanılan yöntemler; sementasyon, indüksiyon, alev ve nitrürlemedir.



Şekil 2.9. Dişlerin sertleştirilmesi (Akkurt, M).

2.6.1. Sementasyon ile sertleştirme

Sementasyon işlemi, alaşımlı ve alaşımsız sementasyon çeliklerinden (karbon miktarı % 0,1 ile % 0,25 arasında olan) imal edilen dişli çarklara uygulanan bir yöntemdir. Bütün yüzey sertleştirme işlemlerinde olduğu gibi, burada da önemli olan yüzey sertliği ve sertleştirilen tabakanın kalınlığıdır. Sementasyonla sertleştirmede, sertlik derinliği sementasyon zamanına bağlıdır. 900 °C' de 9-10 saatlik sementasyon sürelerinde dişlerin 0,9.....1,1 mm'ye kadar sertleştirme derinliği elde edilir. (Şekil 2.9.a) Sementasyon sertleştirme sıvı(tuz banyosu), ve kömür tozu(katı) ile yapılır.

Kömür tozunda sertleştirme işlemi yapılırken, sementasyon maddesi olan kömür tozu karışımı içindeki dişli çarklar sertleştirme makinasının büyüklüğüne uygun saç kutulara konur ve 900 °C' ye kadar ısıtılır. Dişli çarklar kutular içinde her tarafta kömür karışımına tam çevre olarak gömülmüş olmalıdırlar. Sementasyon işleminin sonunda saç kutular içerisindeki dişliler sertleştirme makinasından dışarıya çıkarılır ve 100-200 °C' ye kadar soğumaları beklenir. Bundan sonra dişliler kutulardan çıkarılır ve 840-850 °C' de ısıtılma fırınında 30 dakika tavlantı ve soğumalarına imkan verilmeden yağ içerisinde (sıvı ortamda) sertleştirilirler.

Dişlileri 600 °C' lik bir tuz banyosuna 10 dakika asılı olarak bıraktıktan sonra tekrar 840-850 °C' de bir tuz banyosunda 10 dakika asılı tuttuktan sonra hareketli bir yağ içerisinde (sıvı ortamda) sertleştirmekte mümkündür.

Böylece 58-64 HRc sertliğinde bir sertlik elde edilmiş olur.

Sertleştirme işleminden sonra dişli çarklar yağ ve başka yabancı maddelerden iyice temizlenir ve 170-180 °C' ye kadar ısıtılarak bir saat bu sıcaklıkta tutulurlar ve böylelikle meydana gelmiş olan gerginlikler kaybolur. Meneviş diye adlandırılan bu işlem sertleştirmeden hemen sonra yapılmalıdır. Menevişten sonra dişliler özel olarak satılan ince çelik taneleriyle kumlanırlar ve tufallar temizlenir.

2.6.2. Alevle sertleştirme

Alevle sertleştirme işlemi, oksijen gazı alevi ile yapılır. Asetilen, havagazı, bütan gazı v.b gibi gazlar bu yöntemde kullanılan gazlardır. Hava gazı veya bütan gazı ile yapılan sertleştirmelerde çok daha kısa sürelerde sertleştirme elde edilmektedir. Ancak bazı küçük hatalar meydana gelir.

Alevle sertleştirmede dişin çekirdek kısmı ısınmaya kadar, dişli yüzeyi sertleştirme sıcaklığına ulaşır ve dişler hemen sulanırlar. Bu yöntemde yangın tehlikesinden dolayı sertleştirme işlemi için sadece su kullanılır.

Modülü 4 mm' den küçük olan dişliler dönerek çevresel olarak ısıtılırlar ve daha sonra sertleştirme banyosuna daldırılarak birden sulanırlar. Modülü 4 mm' den büyük olan dişlilerde ise özel beklerle dişler teker teker gerekli olan sıcaklığa kadar ısıtılırlar ve ayarlı ufak bir dönüşten sonra su fişkırtılarak sulanırlar.

Alevle sertleştirme sonucunda dişli çarklara 50-60 HRc sertliğinde bir sertlik kazandırılmış olur. (Şekil 2.9. b)

Alevle sertleştirme; çok kısa sürede dişli çarkın tamamı ısıtılmadan, sadece dişlinin dişlerini ısıtarak, eğilme, çekme gibi diş düzgünlüğünü bozan, diş yüzeyinde tufalların oluşması ve taşlanmalarına gerek kalmadan uygulanabilir olması diğer yöntemlere göre avantajlı olmaktadır.

2.6.3. Endüksiyonla sertleştirme

Karbon miktarı % 0,4 ile % 0,6 arasında olan çeliklerden imal edilmiş olan dişlilere uygulanan bir yöntemdir. Endüksiyonla sertleştirme alevle sertleştirmedeki

gibidir. Ancak, burada ısıtma işlemi alev yerine elektrikle yapılır. Üzerinden dalgalı bir akım geçmekte olan iletken bir sargının içerisinde temas etmeden tutulan dişli çark; endüksiyon akımıyla ısınır. Isı dişli çarkın derinliğine geçmeye vakit bulmadan yüzeyi ısınır ve suya daldırılarak sulanır. Sertleşmenin derinliği akım frekansına bağlıdır. Orta frekanslı cihazlarda sertlik derinliği 1...3 mm, yüksek frekanslarda ise 0,1...0,9 mm arasındadır. (Şekil 2.9.c)

Endüksiyonla sertleştirmede 50-60 HRC arasında bir sertlik elde edilmektedir.

2.6.4. Nitrürasyonla sertleştirme

Nitrürasyonla sertleştirmede dişli çarklar Azot gazı ortamında 500-520 °C' de uzun bir süre bekletilirler. Böylece yüzeylerde cam sertliğine yakın nitrit tabakası meydana gelir. Bunların sertliği 1000 (kg/mm²) vickers sertliğinden fazladır. (Şekil 2.9.d) Sertlik tabakasının kalınlığı en çok 0,5 mm olup, bu kalınlığı elde etmek için dişli çarkın 500-520 °C sıcaklıkta 50 saate yakın bir süre azot gazında bekletilmesi gerekir.

2.7. Dişlilerin Kontrolü

Dişli çarkların kontrol işlemleri imalat esnasında başlar. Dişli daha diş açma tezgahına bağlı iken gerekli ölçülere ulaşmış olup olmadığını kontrol etmek ve ölçülen değere göre diş açan tezgaha paso vermek gereklidir.

İmalat bitikten sonrada dişliler ölçülür, çeşitli yönlerden kontrol edilerek kaliteleri tespit edilir ve hatalı olanlar ıskartaya atılırlar. Bu bakımdan dişlilerin kontrolünü, imalat sırasındaki kontrol ve imalattan sonraki kontrol olarak ikiye ayırmak daha doğru olur.

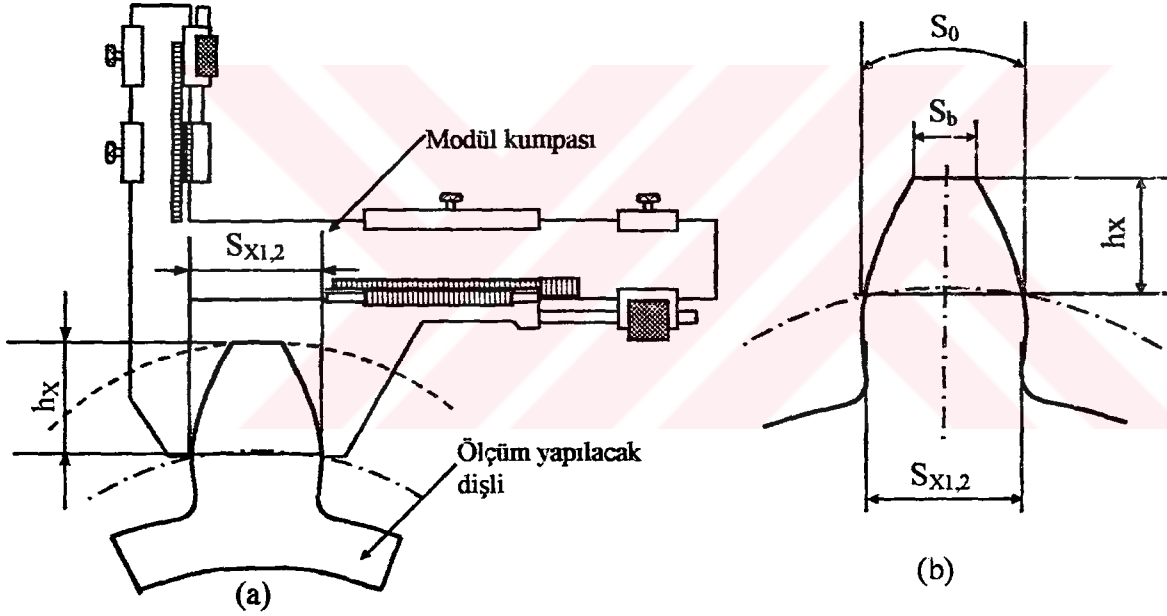
2.7.1. Diş kalınlığını ölçme yöntemleri

Bu kontrolün amacı, imalat sırasında dişlilerin yeterli kalınlığa (S_0) ulaşmış olup olmadıklarını tespit edilmesidir. Diş Kalınlığı, dişler arasında yan boşluğu tayin eden en önemli bir faktördür. İmalat sırasında, diş açan tezgaha ölçme sonucu ne kadar paso verileceği tespit edilir ve tezgah buna göre ayarlanır. Diş açma sırasında ölçülen diş kalınlığının değeri, dişli çarklar için imalat ve kontrol bakımından büyük önem taşımaktadır.

Dişlilerde diş kalınlığı, taksimat dairesi üzerindeki yay kirişinin uzunluğu ve dişler arasındaki dişli kontrol uzunluğu ölçülerek kontrol edilmektedir.

2.7.1.1. Taksimat dairesi üzerindeki yay kirişinden (bir tek dişten) ölçü almak

Bu kontrol şekli, dişli üzerindeki iki noktadan yapılır. Bölüm dairesinden itibaren dişin yüksekliği ($hx_1=hx_2=hx$) ve bölüm dairesinden itibaren dişin kalınlığı ($S_{x1}=S_{x2}=S_x$) ölçülür. Ölçme, Şekil 2.10. a' da gösterilen özel kumpas ile yapılır. Yay kirişinin uzunluğu olan S_x ' in (Şekil 2.10. b) ölçülmesinde, kumpasın ayarlanması için h_x yüksekliğinin bilinmesi gerekir.



Şekil 2.10 Modül kumpası ile diş yüksekliği ve diş genişliğinin ölçülmesi (Akkurt, M).

Yay kirişinin uzunluğu,

$$a.) S_{x1,2} = S_{x1} = S_{x2} = 1,387 \times M \quad 2.18$$

$$b.) S_0 = d_0 \times \sin \left[\frac{90^\circ}{Z} \times \left(1 + \frac{4 \times \tan \alpha_0}{\pi} \right) \right] \quad 2.19$$

$$c.) S_x = S_0 - \frac{(S_0)^2}{6.(d_t)^2} \quad 2.20$$

Yay kirişinin yüksekliği ise,

$$a.) h_{x1,2} = h_{x1} = h_{x2} = 0,748 \times M \quad 2.21$$

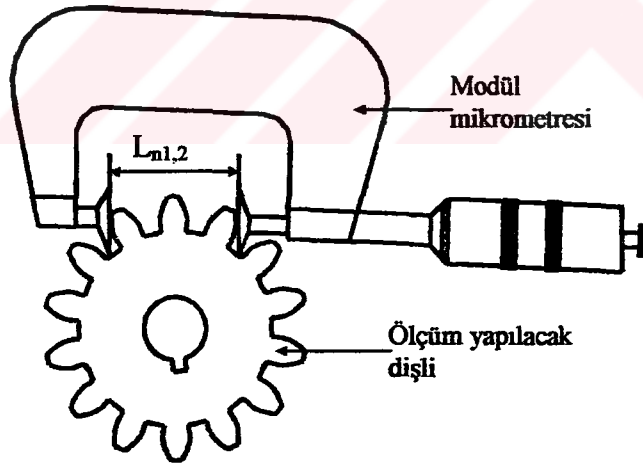
$$b.) h_0 = \frac{d_b}{2} - \frac{d_0}{2} \cos \left[\frac{90^\circ}{Z} \left(1 + \frac{4 \times \tan \alpha_0}{\pi} \right) \right] \quad 2.22$$

$$c.) h_x = h_{k0} + \frac{(S_0)^2}{(4.d_1)} \quad 2.23$$

bağıntıları ile tayin edilir.

2.7.1.2. Dişli kontrol uzunluğunun ölçülmesi

Burada ilk önce kontrol edilecek diş sayısı ($n_{1,2}$) hesaplanır. Daha sonra kontrol edilecek diş sayısına göre, mikrometre çenelerinin temel dairesi üzerinden bu dişlilerin toplam kontrol uzunluğu ($L_{n1,2}$) ölçülür.



Şekil 2.11 Modül mikrometresi ile dişli kontrol uzunluğunun ölçümü (Akkurt, M).

Dişli kontrol uzunluğu;

$$L_{n1,2} = M \times \cos \alpha_0 \times \left[\left(n_{1,2} - 0,5 \right) \times \pi + Z_{1,2} \times \text{ev} \alpha_0 \right] \quad 2.24$$

formülü ile hesaplanır.

Burada $\alpha_0 = 20^\circ$ (Basınç Açısı) ve $\text{ev} \alpha_0 = 0,014904$ olarak alınır.

Dişli kontrol uzunluğu, Şekil 2.11' de gösterildiği gibi, $n_{1,2}$ diş sayısını içine alan ve iki paralel yüzey arasında ölçülen bir uzunluktur. Paralel yüzeyler arasında kalan evolvent profilli dişlerle mikrometrenin paralel yüzeylerinin temasta olduğu noktadan geçen doğru dişli temel dairesine teğet ve dişli merkezinden geçen doğruya dik olup, bu her iki doğrunun kesişme noktası daima temel dairesi üzerindedir. ($x = 0$) için;

$$n_{1,2} = Z_{1,2} \cdot \frac{\alpha_0}{180} + 0.5 \quad 2.25$$

$\alpha_0 = 20$ için

$$n_{1,2} = \frac{Z_{1,2}}{9} + 0,5$$

bağıntıları ile hesaplanır. Pratikte profil kaydırmalı dişlilerde $Z_{1,2}$ diş sayısı $\alpha_0=20^\circ$ için standartlaştırılmış diyagramlardan seçilir. $Z_{1,2}$ için yukarıdaki bağıntılarla elde edilen değere en yakın bir tam sayı seçilir. (Akkurt, M)

2.8. Bir Düz Dişlinin Genel İfade ve Özellikleri

Düz dişli çark mekanizmalarının hesabı diğer dişli çark sistemlerinin hesabında olduğu gibi temel elemanlarda genel olarak pek değişiklik olmaz.

2.8.1. Bölüm dairesi çapı

$$D_t = M \times Z \quad 2.26$$

2.8.2. Adım (hatve)

$$t_0 = M \times \pi = \frac{D_t \times \pi}{Z} \quad 2.27$$

2.8.3. Diş sayısı

$$Z = \frac{D_t}{M} \quad 2.28$$

2.8.4. Diş üstü yüksekliği

$$h_1 = 1 \times M = \frac{6}{6} \times M \quad 2.29$$

2.8.5. Diş dibi yüksekliği

$$h_2 = 1,166 \times M = \frac{7}{6} \times M \quad 2.30$$

2.8.6. Toplam diş yüksekliği

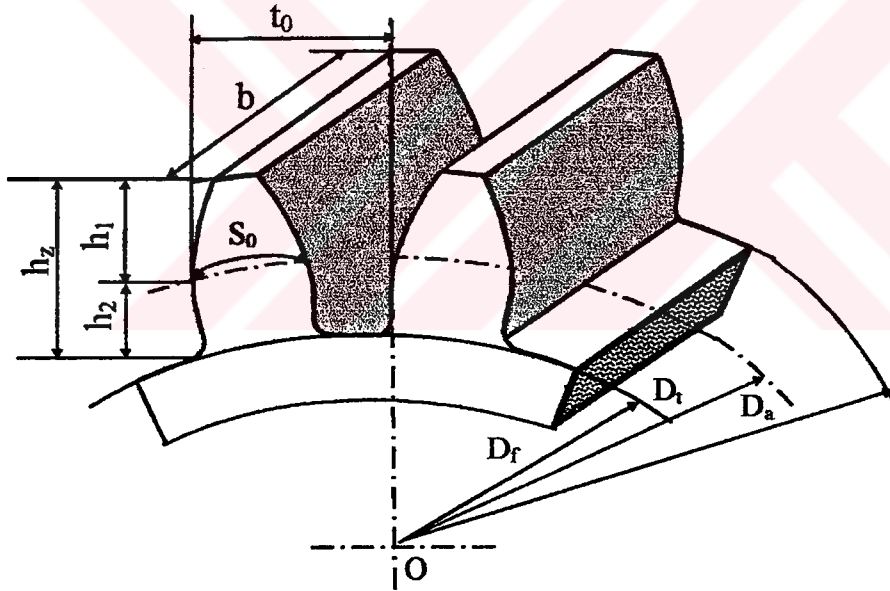
$$h_z = h_1 + h_2 = \frac{13}{6} \times M \quad 2.31$$

2.8.7. Diş kalınlığı(Taksimat dairesi üzerinden)

$$S_0 = \frac{t_0}{2} = \frac{M \times \pi}{2} \quad 2.32$$

2.8.8. Dişler arası boşluk

$$C = 0.167 \times M \quad 2.33$$

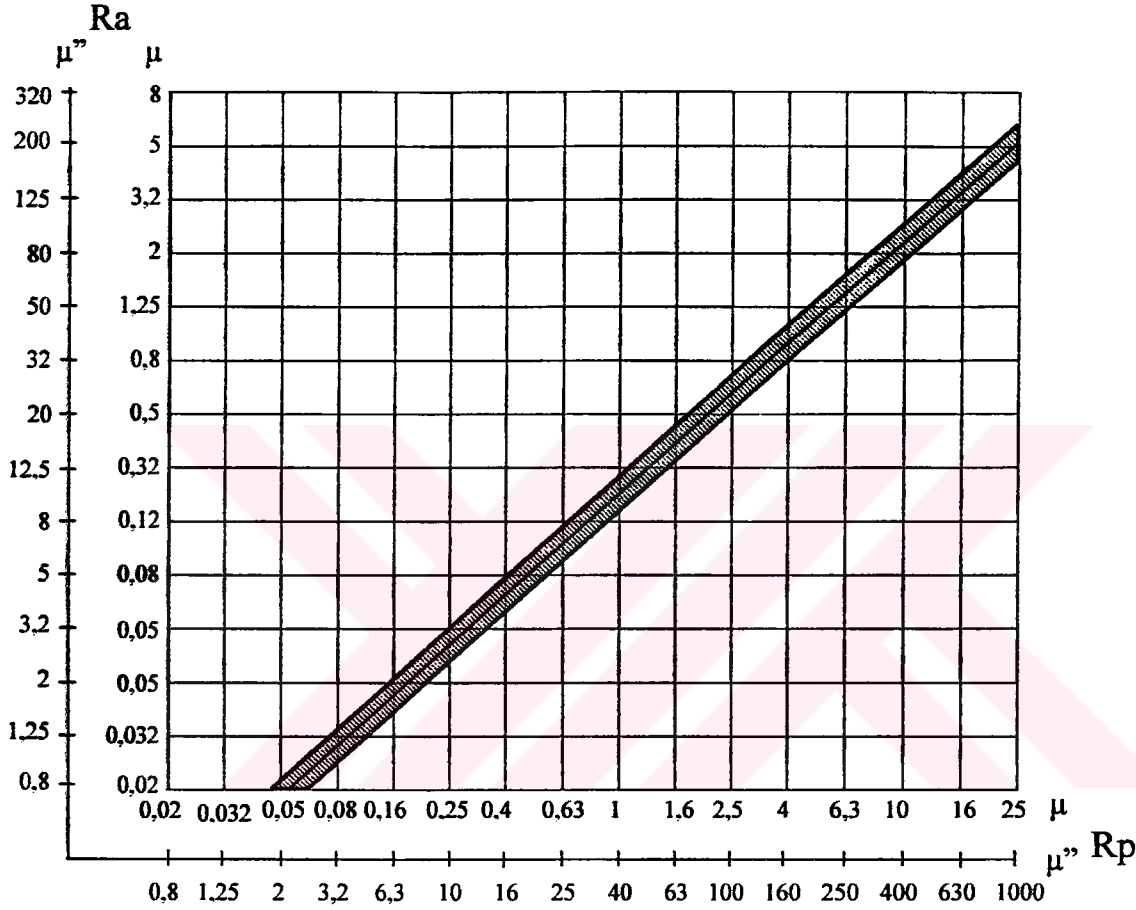


Şekil 2.12. Silindirik bir düz dişlinin temel boyutları

2.9. Yüzey Kalitesi ve Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey kalitesi, parça yüzeyinde genellikle kesici takımın bıraktığı izlerden ve baskılardan meydana gelen düzgünsüzlük olarak ifade edilmektedir. Parçanın yüzey kalitesini gösteren düzgünsüzlük iki türdür. Birincisi çok küçük yüzeysel hatalardan meydana gelen ve yüzey pürüzlülüğü denilen mikro geometrik düzgünsüzlük, ikincisi parçanın ideal şeklinden sapmalarını belirten ve form düzgünsüzlüğü denilen makro

geometrik bozukluktur. Tamamen giderilemeyecek şekilde olan ve ekonomik bakımdan uygun görülen her iki yüzey düzgünsüzlüğü parçanın fonksiyonuna göre belirli sınırlar içerisinde tutulması gerekir. Bu sınırlar fonksiyonel ve ekonomik faktörler göz önüne alınarak tayin edilir.



Şekil 2.13 R_a ile R_p arasındaki ilişki (Akkurt, 1985).

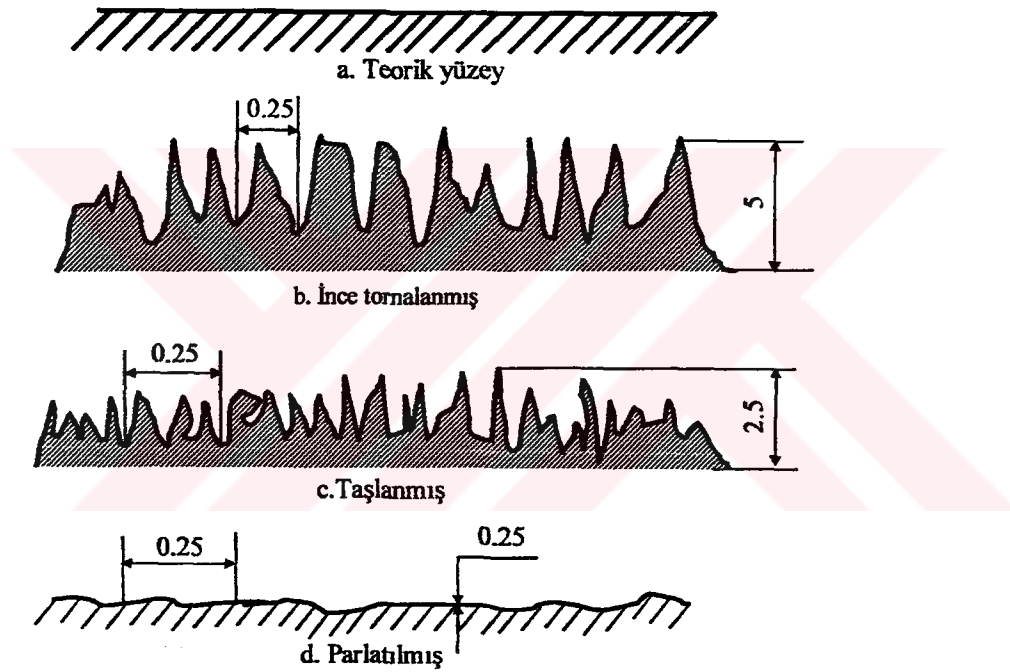
Yüzey pürüzlülüğü (Şekil.2.13) 'de görüldüğü gibi bir takım çıkıntı ve girintilerden meydana gelmiştir. Ölçme tekniğinin gelişmesi ile bu düzgünsüzlük kolayca ölçülebilir. Ayrıca bu yönetime uygun olarak yüzey pürüzlülüğünü somut bir şekilde ifade eden ve uluslar arası standartlarda kabul edilen bir sistem kurulmuştur. Bu sisteme göre pürüzler, yüzeye dik olan kesitlere göre tespit edilir. Bu kesitte numune uzunluğu boyunca pürüzlerin şeklini gösteren profilin ortalama çizgisine göre ortalama sapmaları tayin edilir (Şekil.2.14). Profil ile ortalama çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olmak üzere bu çizginin yeri tespit edilir. Yüzey pürüzlülüğü profilin aritmetik olarak ortalama yüksekliğidir ve R_a ile gösterilir. Böylece referans olarak profilin ortalama çizgisi alınırsa, yüzey pürüzlülüğü;

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l y \times dx \quad 2.34$$

$$R_a = \frac{|y_0| + \dots + |y_n|}{n} \quad 2.35$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada $y_0, \dots, y_n$ geometrik ortalama için pürüz yükseklikleri ve numune uzunluğuna tekabül eden pürüz sayısıdır.

Bu ana ifadenin yanı sıra, pürüzlülüğü karakterize eden pürüzlülüğün eni, dalga yüksekliği, dalga eni, kesici takımın çoğunlukta olan izleri gibi ikinci mertebeden faktörler de vardır. (Şekil.2.15)



Şekil 2.14. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler (Akkurt, M).

Yüzey pürüzlülüğünün birimi mikron ($10^{-6} = 10^{-3}$ mm) veya mikroiçh (10^{-6}) dir. Teorik bakımdan yüzey pürüzlülüğünü ifade etme imkanı sonsuz olmasına rağmen pratik nedenlere dayanarak, tercih edilen pürüzlülük dizileri veya yüzey pürüzlülüğü temsili sayıları tespit edilmiştir. Müşterek çarpanı (1.25) olup R10 serisinden oluşan ve tercih esnasında gerçekleşen yüzey pürüzlülüğü işleme usulüne de bağlıdır. Tablo 2.1 de kullanma yerine göre tavsiye edilen yüzey pürüzlülükleri gösterilmiştir. R_a 'nın yanı sıra, en yüksek çıkıntı ile en düşük çıkıntı arasındaki uzaklığı belirten R_t değerleri de pürüzlülük kontrolünde kullanılmaktadır (Şekil.14). Ancak maksimum pürüzlülüğü

ifade eden R_t değeri ölçülen yere göre değiştiğinden bu yöntem yetersizdir. Bu nedenle yüzeyin maksimum pürüzlülüğü ezilme yüksekliği denilen R_p ile ifade edilmektedir. Burada referans(ölçme) profili olarak en yüksek çıkıntıya teğet olan çizgi alınır;

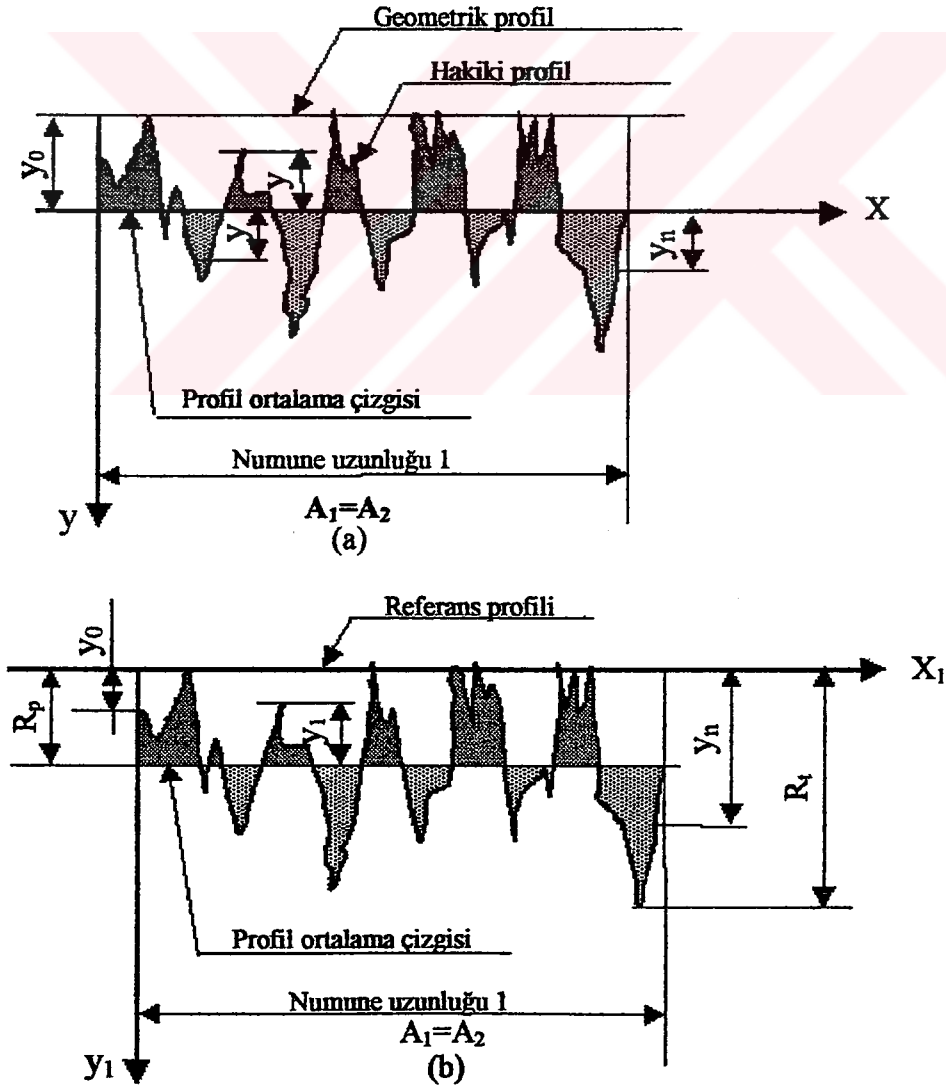
$$R_p = \frac{1}{l} \int_0^l y_1 \times dx \quad 2.36$$

$$R_p = \frac{y_0 + \dots + y_n}{n} \quad 2.37$$

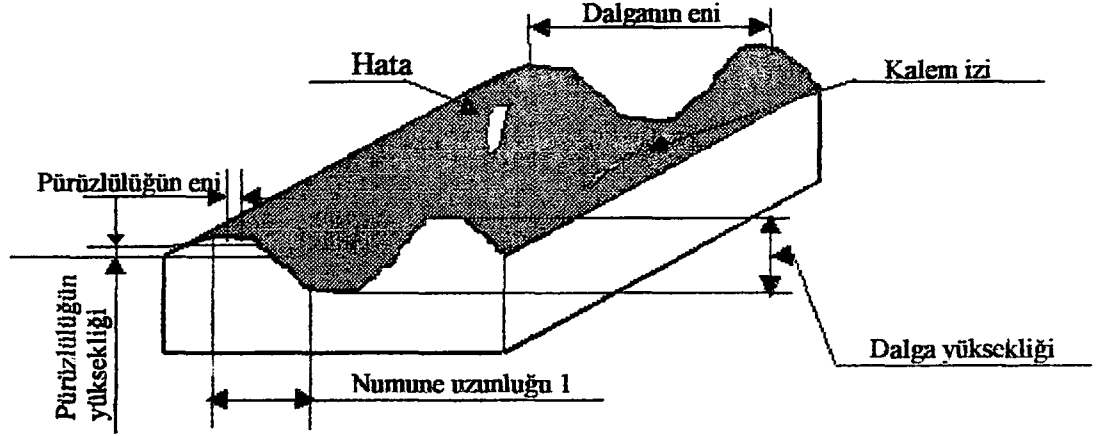
şeklinde ifade edilirler.

R_a ile R_p arasında belirli bir bağıntı olmamakla birlikte Şekil 2.12 de istatistiki değerlere dayanarak sayısal bağıntılar vardır. Bu bağıntı ortalama değer olarak;

$R_a = (0,2 \dots 0,25) \times R_p$; $R_p = 0,6 \times R_t$ alınabilir.



Şekil 2.15. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi (Akkurt, M).



Şekil 2.16. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler (Akkurt, M).

2.10. Silindirik Düz Dişli Çarkların İmalat Yöntemleri

Eskiden düz dişli çarkların imalatı döküm yolu ile yapılmaktaydı. Dökümden çıkan dişli çarkların dişleri, eğe, keski veya herhangi bir kesici takım ile düzeltilirdi. Günümüzde ise artık bu yöntem kullanılmamaktadır. Çünkü diş yüzeylerinin döküm kalıpları içerisinde hassas bir şekilde imalatı mümkün ise de, kalıplama, döküm esnasındaki işçilik, maliyet ve soğuma esnasında döküm parçalarının büzülmesi gibi durumlar bu imalatları olumsuz yönde etkilemektedir. Bunları önlemek mümkün olmadığından, dökümden çıkmış dişliler yüksek devirlerde çalışacak olurlarsa gürültülü ve sarsıntılı çalışırlar.

Büyük hatveli dişli çarkların imalatı esnasında, takımın aşınması ve ısınmasını önlemek amacıyla taslak üzerinde dişlinin açılması iki aşamada ve hatta üç aşamada yapılmaktadır. İlk aşamada kaba talaş alınır, daha sonraki ikinci veya üçüncü aşamalarda da tam hassas işleme yapılır. En iyi hassasiyet derecesi taşlamakla sağlanır. Taşlama ile işleme ve su verme esnasında meydana gelen hatalar düzeltildiği gibi diş yüzeylerinde daha iyi bir hassasiyet ve parlaklık sağlanır.

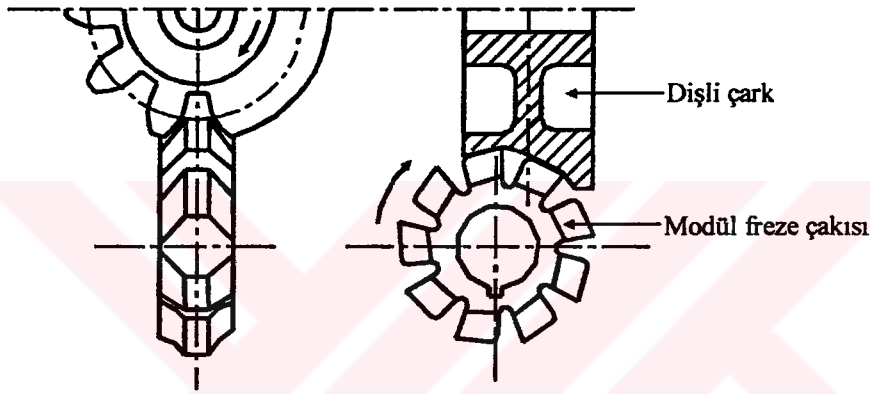
Ancak sikloid ve evolvent diş yüzeylerinin hassas olarak imalatları çok kolay değildir. Bu profiller gelişigüzel bir takım, veya kesiciler ile yapılırsa, çevrim oranları sabit kalmaz ve çeşitli dalgalanmalar meydana gelir.

Evolvent ve sikloid profilli diş yüzeyleri aşağıdaki yöntemlerle elde edilebilirler. Ancak biz burada sadece evolvent profilli dişlilerin imalat yöntemlerini ele alacağız.

2.10.1. Bilinen Klasik Yöntemlerle Düz Dişli Çarkların İmalatı.

2.10.1.1. Modül freze çakısı ile düz dişli çark açmak.

Dişli çarkların modül freze çakısı ile açılmasında, disk şeklinde bir freze çakısı (modül freze) kullanılır. Bu freze çakılarının profili, açılacak olan dişli çarkın diş aralığının aynısıdır. Freze çakısı tezgaha bağlanırken, freze orta düzleminin dişli çarkın orta ekseninden geçmesine ve freze çakısının kesme derinliğinin doğru olarak tespit edilmesine dikkat edilmelidir.



Şekil 2.17 Modül freze çakısı ile düz dişli açma (İlmi, H)

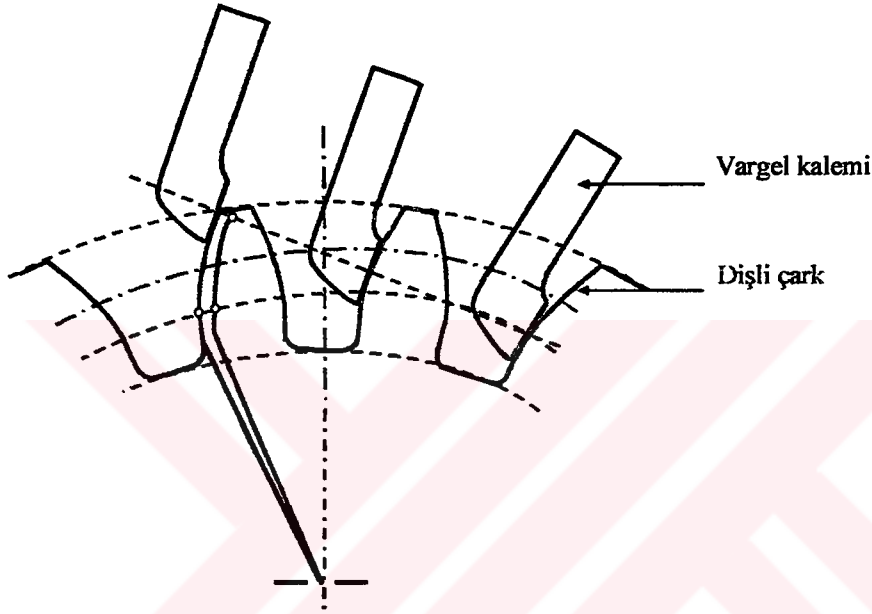
Bu yöntemle dişli çarklar açılırken, bir diş açıldıktan sonra, ikinci bir diş açmak için tezgah tablası geri çekilir. Divizörden ikinci dişin dönmesi yapılarak, yeni bir dişin açılması sağlanmış olur. Böyle bir yöntemde dişli çarkların açılması üniversal freze tezgahında yapılmaktadır. Bütün freze tezgahları ve taksimat işlerini yapan divizörler bu amaca uygun olarak yapılmışlardır.

Aynı büyüklükteki dişli çarkların seri halde imalatları için modül çakı yöntemiyle dişli çark açma hem basit, hem de ucuzdur. Bu yöntemle yapılan imalatlarda, freze çakısının imalat masrafı çok sayıda dişli çark açma sayısına bağlıdır. Modülü orta ve küçük olan dişlilerde dişler birbirini daha iyi kavradığından, bu dişli çarkların açılmasında bu yöntem daha uygundur.

2.10.1.2 Vargel tezgahında düz dişli çark açmak.

Bu yöntemde diş yüzeylerini işlemek için, dişli çark eksenine paralel olarak kesme işlemini yapan bir vargel kalemi kullanılır. Her kesmeden sonra kesme doğrusu

diş yüzeyi boyunca ilerler. Burada dikkat edilecek husus kesme kaleminin iyi bilenmesidir. Elde edilen diş yüzeylerinde eksene paralel bir takım çizgiler, oluklar ve izler oluşmaktadır. Bunlar eğelenerek veya taşlanarak düzeltilir ki, buda işçilik ve masrafları artırır. Profil oluşturma bir şablon yardımıyla oluşturulmaktadır. Bu şablon işlenecek dişli çarkın dişlerinin profilinde olmalıdır. Şablon yuvarlanma metoduna göre açılmaktadır.



Şekil 2.18 Vargel tezgahında düz dişli açmak (İlkeri, H).

Kesici kalemin hareketi, kavrama eğrisi üzerindeki harekete bağlıdır. En çok kullanılan diş profillerinde kavrama eğrisinin daire veya doğru gibi basit şekillerde olması, aynı zamanda kavramanın kavrama eğrisi üzerinde eşit hızla ilerlemesi, kaleme verilecek hareketlerin nispeten basit olmasını sağlar. Her kademededen sonra, işlenecek dişli bir miktar ileriye doğru döndürülür, sivri kalemde aynı zamanda çarkın bu dönmesine tekabül eden miktarda kavrama eğrisi üzerinde ilerletilir. Kesici bıçak profil teğetine nazaran hep aynı doğrultuda kaldığından, geniş ağızlı bir bıçağın kullanılması daha elverişlidir. Böyle bir bıçakla işlenen yüzey, sivri kalem ile işlenen yüzeyden daha düzgün olmaktadır. Bıçak küçük diş sayılarında dişin taban dairesine kadar gidemediğinden evolvent profili bozulmuş olur ki buda bu yöntemin en önemli bir dezavantajıdır.

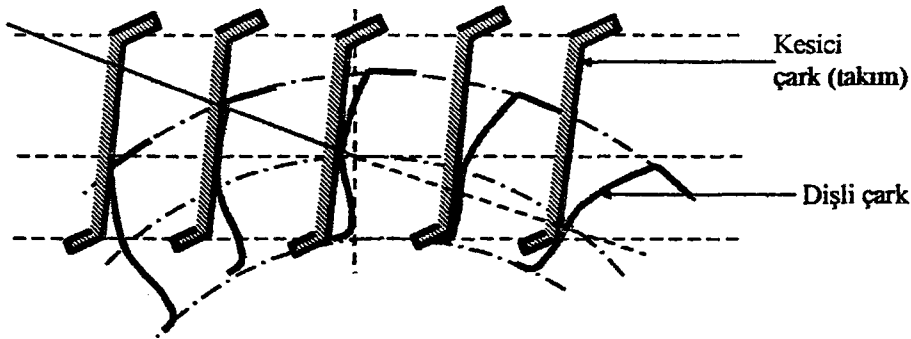
Bu yöntemde, sivri kalem pek çabuk aşınır. Sık sık bilenmesi ve tezgaha yeniden bağlanıp ayarlanması gerekir ki, bu durumda imalat hassasiyetini olumsuz yönde

etkilemektedir. Bu nedenle bu yöntem pek nadir kullanılır. Genellikle büyük hatveli dişlerin vargel tezgahında imal edilmeleri ve konik dişli çarkların imal edilmelerinde kullanılır.

2.10.1.3. Yuvarlanma metodu ile düz dişli çarkların imalatı.

Bu yöntemde dişli çark imal edilirken, bir çark sabit tutulup, diğer çark bunun üzerinde, yuvarlanma dairesi birinci çarkın yuvarlanma dairesi üzerinde yuvarlanmak üzere hareket ettirilerek, sabit çarkın diş yüzeyi, dönen çarkın eş diş yüzeyinin hareket esnasındaki çeşitli profillerinin bir kopyası şeklinde meydana gelir. Kesici takım her seferinde çark eksenine paralel hareket ederek, dişli çark taslağında bir miktar talaş kaldırır. İşte bu bir sıra şeklinde talaşların kaldırılması sonucu diş yüzeyleri meydana gelir. İlerleme hızını azaltmak sureti ile bu talaş alma yerleri istenildiği kadar birbirine yanaştırılabilirler ve bu şekilde diş yüzeyinde istenilen oranda pürüzsüz yüzeyler elde edilebilir. Yuvarlanma metoduyla dişli çarklar açılırken, diş aralıkları önceden açılarak, dişler tek taraflı olmak üzere düz bir bıçak ile işlenebilirler.

Burada, kavrama dairesi kendisinin iki katı büyüklükte bir yuvarlanma dairesi üzerinde yuvarlandığı takdirde sikloid dişlerde sadece taban kısmında diş profili bir doğru olur. Bundan dolayı diş tabanı ayrıca planya edilmelidir. Bu nedenle bu yöntem pek elverişli bir yöntem değildir.



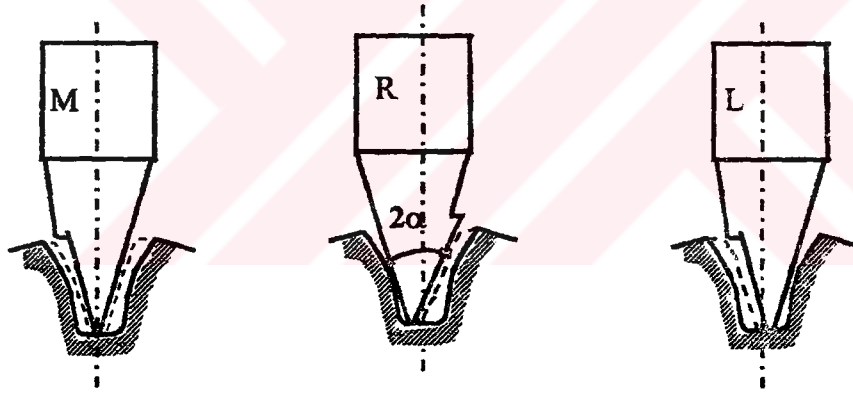
Şekil 2.19 Yuvarlanma metodunda evolvent yan yüzeylerin oluşumu (İleri, H)

Evolvent profilli dişlerde diş profilinin bir doğru olması, kramayer dişli çarklarda mevcuttur. Düz bıçak ağzı ardışık yuvarlanma dairelerinde işlenecek çarkın evolvent profilli diş yüzeyini planya etmekle kalmaz aynı zamanda profilin en dıştaki baş noktası ile dişin taban köşe yüzeyini oyar. Buda diş sayısına bağlı olarak dişlerde alt

kesilme olayı dediğimiz ve istenilmeyen bir olay şeklinde meydana gelir. Çok ağızlı bir takım kullanıldığı takdirde, yuvarlanma metoduyla dişli çark açmak, çok daha verimli olur. Bu şekilde bir takım doğrudan doğruya dolu bir parça üzerinde diş profillerinin oluşmasını sağlar. Bu yöntemde azdırmada işlenen çarkın hatve bölüntüsü yuvarlanma neticesinde kendiliğinden meydana geldiği gibi, burada da keskin ağızlı takımın devamlı yuvarlanması ile işlenecek dişli çarkın bütün çevresi tam olarak işlenmiş olur. Ancak kesici takımın diş şekli bütün takım dişli şartlarına uygun olmalıdır. Böyle olduğu takdirde aynı bıçakla işlenmiş bütün çarklar birbiri ile iyi bir kavrama sağlayarak çalıştırılabilirler.

1. Yuvarlanma metodunda vargel kalem ile düz dişli çarkların imalatı

Bu yöntemde diş aralıkları, doğru ağızlı bir bıçakla açılır. Bu bıçağın doğru şeklindeki ağız, kramayer diş profilini temsil etmektedir. Takım olarak yalnız bir tarafı kesen yan yüzey bıçakları veya kramayerin tamamen aynı olan bıçaklar kullanılır.



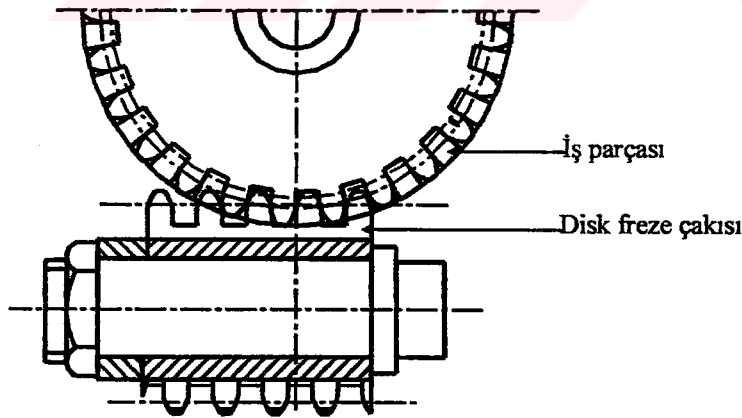
Şekil 2. 20 Planya tezgahında yan yüzey bıçakları ile düz dişli imalatı (İleri, H).

Yan yüzey bıçakları ile kesmede üç farklı bıçağa ihtiyaç duyulur. İlk önce orta bıçak, diş aralığında ilk oyukları açar. Daha sonra yan yüzey bıçakları birbiri ardına sağ ve sol yanları profil şekline uygun olacak şekilde tamamlarlar. Bıçak bir ileri bir geri hareket yaparak kesme işlemini gerçekleştirir. İleri gidişinde kesme işlemi gerçekleşmiş olur. Geri harekette ise bıçak diş aralığından dışarıya çıkarılır. Her kesme devresinden sonra çark bir hatve kadar ileriye döndürülür. Bıçağı yavaş yavaş diş boşluğu içerisinde derinleştiren ilerleme hareketi bir yuvarlanma hareketidir. Ancak yan yüzey bıçaklarının istenilen yüzeyi vermeleri için kesici yüzeylerin biraz eğik olarak bilinmesi gerekir.

Bu yöntemle tashihli dişli çarkların imalatları çok daha kolay olmaktadır.

2. Yuvarlanma metodunda helisel freze çakısı kullanarak düz dişli çarkların imalatı.

Bu yöntemde evolvent kramayer dişlisinin doğru profillerini taşıyan disklerden meydana gelmiş bir diskli freze çakısı ile dişli çarklar açılır. Bunun için bu diskli frezenin doğrusal bir doğrultuda ilerletilmesi ve işlenen çarkında aynı zamanda döndürülmesi gerekir. Ancak ikinci bir dişin açılmasında diskli frezeyi başlangıç durumuna getirmek gerektiğinden, bu durumda bu yöntemin bir dezavantajı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden pek tercih edilen bir yöntem değildir. Ancak helisel freze daha komplike bir şekle sokulduğunda tezgahdaki hareket şartları bir hayli basitleşir. Freze çakısının ekseni orta helisin eğim açısı (β) kadar eğik olarak parçaya değdirilir. Freze çakısı ve işlenecek parça zorunlu hareketli olarak ve uygun çevrim oranında döndürülür. İşlenecek çarkın Z tane dişi varsa, o zaman bir dişin açılmasından sonra helisel freze her seferinde Z defa döndürülecektir. Bütün dişli çark genişliğini işleyebilmek için freze çakısı çark ekseni doğrultusunda bir ilerleme hareketi yapar. Kesilen diş yüzeyi sadece bölüm dairesi üzerinde hatasız bir şekil oluşturmaktadır. Ancak bölüm dairesinin dışındaki noktalar geride olduğundan ve eksenler arası mesafenin değişmesinden dolayı çok iyi bir kavrama oranı elde edilememektedir.



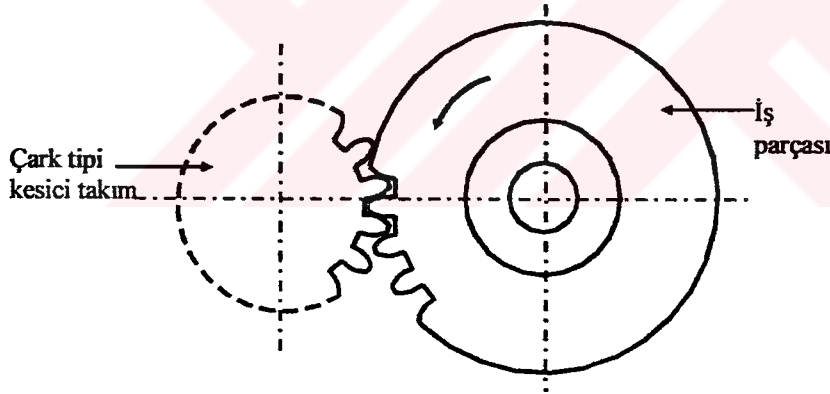
Şekil 2.21 Helisel freze ile düz dişli çark açma (İlteri, H).

Helisel frezenin boyu öyle ayarlanmalıdır ki, ön uçta diş oyuğunun açılmasına yavaş yavaş başlansın ve bunu takiben uca gelindiği zaman, iki dişin karşılıklı iki yüzeyi tam olarak işlenmiş olsun. Freze çakısının birinci kesici dişi işlenecek çarkın çevresi dışında, son kesici dişi ise profilin kavrama alanı dışında kaldığı takdirde bu

durum gerçekleşmiş olur. İşte bu kabullerle 5 helis hatvesi boyunda bir freze ile 70 dişe kadar çarklar ve 6 helis hatvesi boyunda bir freze ile ise 100 dişe kadar dişli çarklar temiz ve pürüzsüz olarak imal edilebilmektedir.

3.Yuvarlanma metodunda çark şeklinde kesici takım kullanarak düz dişli çarkların imalatı.

Bu yöntemde kesici takım (bıçak) olarak 20 ila 24 dişe sahip bir dişli çark kullanılır. Bu çarkın dişleri bıçak şeklinde kesici ağızlar ihtiva edecek şekilde hazırlanmıştır. İşlenecek çark tezgahın masası üzerinde itinalı bir şekilde yerleştirilmiştir. Bıçak çarkı, kesme strokunda parçanın diş aralığına ait bir miktar talaş kaldırır. Bıçak suportunun geri hareketinde bıçağın yana sürtünmesi ile dişin teması önlenir. Daha sonra ikinci bir dişin açılması, çevrim oranına uygun olarak her iki çarkın aynı zamanda döndürülmesi ile sağlanır.



Şekil 2.22 Bıçak çarkı ile düz dişli çarkların imalatı (İlkeri, H)

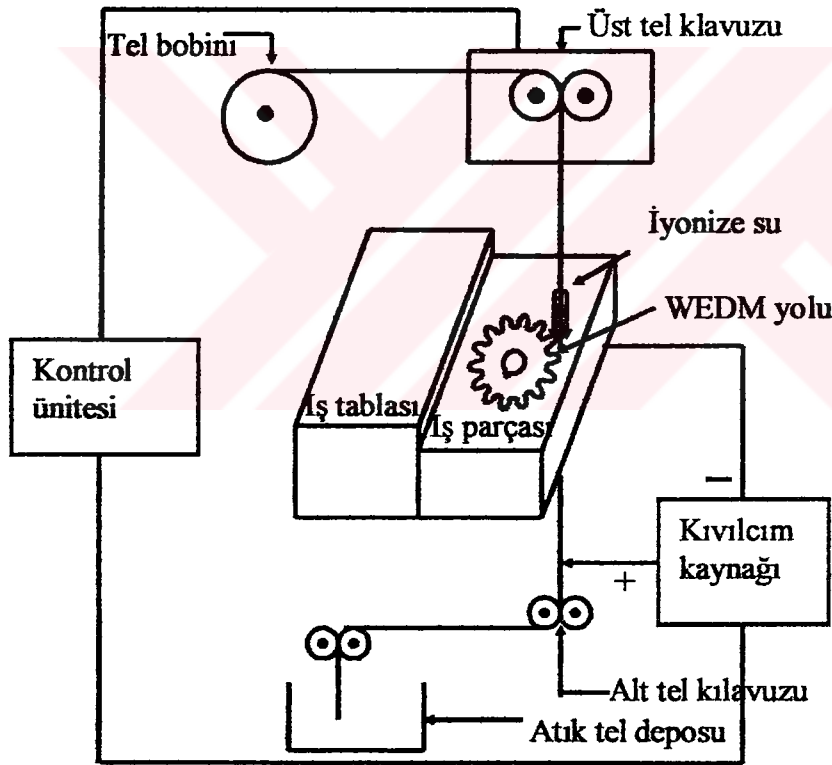
Çark şeklinde bıçakla işlenen dişlerin yüzeyi, kramayer şeklindeki bıçaklarla açılmış olan dişlilerinki kadar iyi değildir. Burada kesici dişlerin kavrama doğrusunun uzunluğu daha küçüktür.

Bu yöntemle küçük dişlilerin seri bir şekilde imalatları çok daha hızlı olmaktadır. Ancak, en büyük avantajı, kramayer bıçaklarla işlenemeyen iç dişli çarkların diş yüzeyleri bu yöntemle çok daha kolay işlenebilmektedir.

2.10.2. Nümerik kontrolü tezgahlarda düz dişli çarkların imalatı

2.10.2.1. Tel erozyon tezgahlarında düz dişli çarkların imalatı

Tel erozyon tezgahlarında imalat işlemleri, kullanılan APT (Automatically programmed tools) programlama dili gereği iki aşamada yapılmaktadır. Birinci aşamada imalatı yapılacak olan düz dişlinin boyutlarına göre parçanın koordinat düzlemi belirlenir. Bu koordinat düzlemi içerisinde şekil üzerindeki her bir farklı elemana nokta, daire, çizgi numaraları verilerek imalatı yapılacak olan düz dişlinin imalat şekli çizilmektedir. Programın ikinci aşamasında ise kesme yolu yardımı ile esas şekil belirlenmektedir. Bu şekilde imalatı yapılacak olan dişlinin imalat resmi tamamlanmış olur.



Şekil 2.23 Tel erozyon (WEDM) tezgahının şematik görünümü (Sodick 320 Kataloğu)

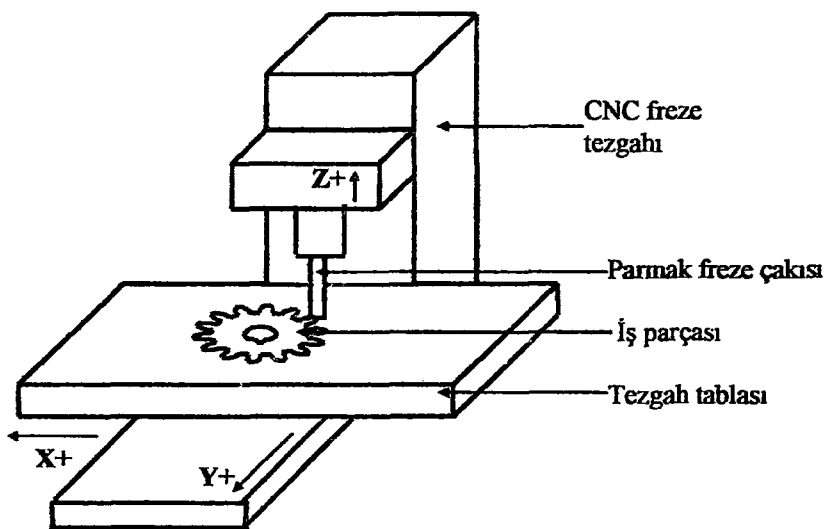
Bu aşamadan sonra dişlinin imalatının yapılması aşamasına başlanabilir. Burada iş parçasının malzemesine uygun kullanılacak olan telin kesme parametreleri (Kesme hızı, akım, telin çapı, telin malzemesi) belirlenir. Kesme parametreleri belirlendikten sonra Şekil 3.23 de görüldüğü gibi kesme işlemine geçilerek, telin kesme yolunu izlemesi ile kesme işlemi tamamlanarak düz dişlinin imalatı tamamlanmış olur.

Tel erozyon tezgahlarında genellikle 0.05-0.4 mm ϕ larında pirinç, molibden, tungsten tel elektrotlar kullanılmaktadır.

Tel erozyon tezgahlarında 0.001 mm hassasiyetinde yüzeyleri elde etmek mümkündür. Ayrıca herhangi bir imalatın diğer tezgahlarda işlenmesi mümkün olmayan kısımlarının sadece telin yarıçapı kadar tolerans bırakılarak işlenmesi mümkün olduğundan istenilen ölçü ve tamlıkta imalatların yapılması da mümkündür.

2.10.2.2. CNC tezgahlarında düz dişli çarkların imalatı.

CNC tezgahlarında silindirik düz dişliler istenilen tamlık ve tolerans sınırları içerisinde imal edilebilmektedir. Bu tezgahlarda silindirik düz dişliler imal edilirken, ilk önce dişlilere ait profil eğri denklemleri çıkarılır. Profil eğri denklemlerine parmak freze çakısının yarıçapları ilave edilerek sağ ve sol profil eğrilerinin imalat eğri denklemleri çıkarılır. İmalat eğri denklemleri çıkarıldıktan sonra bir tek dişin imalat programı makro programlama dilinde yazılarak tek dişin imalatı yapılır. Açılacak olan dişlinin, modülü, diş sayısı, basınç açısı v.b. gibi dişlinin karakteristik değerleri önceden programa girilmiş olmalıdır. Düz dişlinin imalatının yapılması için, programı yapılan tek dişin dişli üzerindeki diş sayısı göz önüne alınarak döndürülmesi gerekir. Sol profil eğri denklemleri de programda üçüncü bir döngü yardımı ile hesap edilirler.



Şekil 2.24 Dik işlem merkezli CNC freze tezgahının şematik görünüşü (Özel C., İnan A.)

CNC tezgahlarında silindirik düz dişliler imal edilirken, imalat programlarında dişli imalat hassasiyeti önceden belirlenebilmektedir. Bu yüzden bu gibi imalatlarda sonradan taşlama v.b. gibi işlemlere ihtiyaç duyulmamaktadır.

Ancak, CNC tezgahlarında silindirik düz dişliler makro programlar yardımı ile açılırlar. Makro programlar döngüler yardımı ile çalışan programlar olduklarından, G41 ve G42 çap telafisi kodları bu programlarda kullanılamamaktadır. Bu durumda dişlilerin hassasiyetini bozmaktadır. Bu yüzden makro programlarda çakı yarıçapı önceden imalat eğri denklemleri içerisinde tanımlanmaktadır. Böylece istenilen tamlik ve tolerans sınırları içerisinde bir imalat yapılabilir.



3. DENEY MALZEMELERİNİN SEÇİMİ VE HAZIRLANMASI

3.1. Dişli Malzemelerinin Seçimi ve Hazırlanması

Pratikte dişli çarklar; pirinç, bronz, pik, polyamid, teflon karbonlu ve alaşımlı çelik olmak üzere birçok farklı çeşit malzemeden imal edilirler. Araştırma konusunu ilgilendiren dişli çark malzemeleri, imalat çelikleri (St52, Ck45, C60, Ç1055, Ç1060, Ç1070), Semantasyon çelikleri (Ç3315, Ç3115, Ç5515, Ç5120, Ç8620) ve Islah (Ç3325, Ç3335) çelikleridir. Bu çelikler, kopma mukavemeti, yorulma dayanımı ve yüzey sertleştirilmesi gibi özellikler bakımından dişli çarklara en uygun olan çeliklerdir.

Araştırmada, deneysel çalışmalar için hem polyamid türü plastik malzeme hem de Ç8620 dişli malzemesi kullanıldı. Bu malzemelerden, modülü 8 mm, diş sayısı 10 ve kalınlığı 24 mm olan iki adet dişli taslağı torna edilerek hazırlandı. Hazırlanan bu taslaklar, Elazığ GÜNHAN ARK A. Ş.'de bulunan ZFTK 250/1 azdırma tezgahında açılarak araştırma yapılacak dişliler ile karşılaştırmak için hazır hale getirildi.

Aşağıda, Tablo 3.1'de bazı plastik malzemelerin mekanik ve ısı özellikleri ile Tablo 3.2 'de de Ç8620 dişli malzemesinin kimyasal bileşimi görülmektedir.

Tablo 3.1. Bazı plastiklerin mekanik ve ısı özellikleri.

Malzeme	Yoğunluk (Kg/m ³)	Özgül Isı (kj/kg °K)	Isıl İletkenlik (W/m °K)	Isıl Genleşme Katsayısı (µm/m °K)	Çentik Darbe (N/mm)	Isıl Yayıma Katsayısı (m ² /snx10 ⁻⁷)	Maksimum Çalışma Sıcaklığı
Naylon	1140	0.4	0.24	90	15-20	1.01	90
Polyester	1200	-	0.2	100	4	-	-
Polayamid	1420	-	-	45	1.5-3	-	260
Polipropilen	905	0.46	0.24	100	3-17	0.65	100
Polistrien	1050	0.32	0.15	80	2	0.6	50
Polietilen	950	0.55	0.63	120	30-100	1.57	55
PVC(rijid)	1400	0.24	0.16	70	2-50	1.16	50

Tablo 3.2. Ç8620 dişli malzemesinin kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
1.04	0.28	1.54	0.037	0.035	0.48	0.22	0.42

İmalatları düşünülen 3 farklı dişli modelinin tek dişlerinin imalatları için, plastik malzemeden imal edilen dişliler için 150 mm, Ç8620 malzemesinden imal edilen

dişliler için ise 120 mm çapında (tornaya bağlanma da kasılma problemini gidermek için plastik gövde uzunluğu büyük alındı) ve diş kalınlığı 24 mm göz önüne alınarak, her bir dişli denemesi için 30 adet, toplam 60 adet tek diş imalat parçası hazırlandı. 8620 malzemesinden olan parçalar, işin işleme hassasiyeti bakımından hem diş çapları hem de yüzeyleri taşlandı.

Hazırlanan bu parçalar, CNC freze tezgahının tablasına cıvata ve pabularla sabitleştirilmiş niversal bir torna aynasına bağlandı. Her bir parçadan aynı hassasiyete 5 adet tek diş imal edildi. Torna aynasının seçilmesinin nedeni, bütün parçaları daha pratik ve en az bir sökme ve bağlama ile daha hassas bir şekilde imal etmektir.

3.2. CNC Freze Tezgahlarının Tanıtılması

CNC freze tezgahları, operasyon işlemlerinin çeşitliliği bakımından en çok işlem kabiliyetine sahip olan tezgahlardır. şekil 3.1'de görüldüğü gibi CNC freze tezgahlarında X, Y, Z eksenleri yönündeki hareketler pozitif, tersi yönündeki hareketlerde negatiftir. CNC tezgahları, doğrusal olarak üç yönde ve birde döner tabla olmak üzere dört hareket yapabilme özelliğine sahiptirler ve bu hareketler elle kumanda edildiği gibi, otomatik olarak program ile de kontrol edilebilmektedir. Bu tezgahların sürekli takım yolu kontrolü (Continuous Path Control) ile donatılmışlardır. Otomatik takım değiştirme (Automatic Tool Change) kolaylıkları bir başka özellikleridir. Kesici u telafisi (Tool Compensation), özellikle dairesel veya eğrisel frezeleme işlemlerinde ve kalıpcılıkta büyük kolaylık sağlamaktadır. CNC Programlama yöntemi, büyük ölçüde G ve M harfleri kodlarına sahip programları gerektiren Uluslararası Standartlar rgt (ISO) kodlarını esas alır. Veri parçaları, adresler ve yönleri temsil eden her kod, kontrol sistemi içindeki belli işlevleri gerçekleştirmek üzere önceden belirlenir.

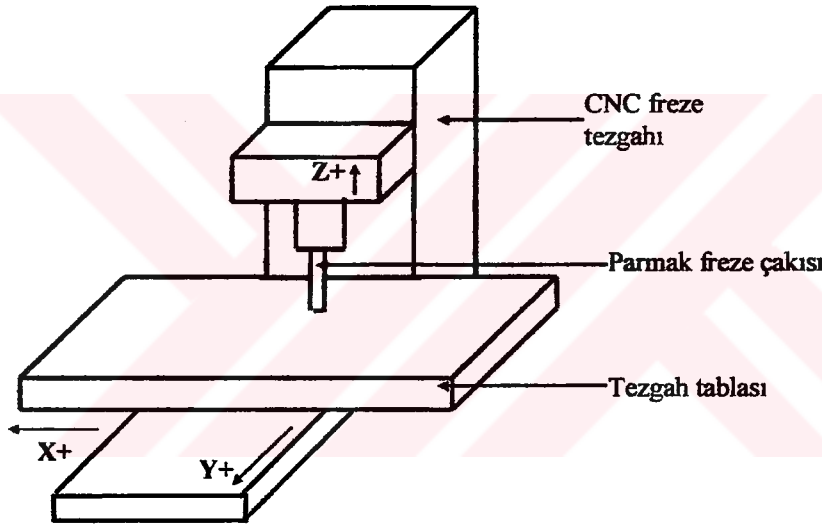
(ISO) standardı, her biri adres harflerini izleyen iki sayı ile birlikte ifade edilen 99 adet G kodu ve aynı sayıda M kodlarından oluşturulmuş bir standarttır.

G kodları, işleme esnasında hareketin; doğrusal, dairesel veya eğrisel olup olmamasına göre yürütülecek olan talaş kaldırma işlemi için gerekli bilgileri tezgah kontrol ünitesine vermek üzere kullanılan birer hazırlık fonksiyonlarıdır. G kodlarının özelliği modal veya non-modal kodlar olmalarıdır. Yani iptal edilinceye kadar etkin veya sadece programlanmış satır için etkin kalırlar.

M kodları, kızak hareketleri ile ilgili olan fonksiyonlardan başka, ihtiyaçları karşılamak üzere de kullanılır. Bunlara, tezgah milinin hareketini başlatmak, soğutma sisteminin açılıp kapanmasını sağlamak ve takım değiştirme işlemleri gibi örnekler verilebilir.

Bazı M fonksiyonları da aynen G kodları gibi iptal edilinceye kadar etkin olarak kalırlar.

Ayrıca bu tip tezgahlarda; G ve M kodlarına ek olarak, hızları, ilerlemeleri ve takımları gösteren S, F, T harfleri ile blok-satır numarasını belirtmek için N, tezgah markası ve programlama diline bağlı olarak yapılacak işin özelliğine göre R, Q, D, H, P, I, J, K gibi harflerde kullanılmaktadır.



Şekil 3.1 CNC freze tezgahı ve genel görünüşü

DYNA 2900 tipi CNC freze tezgahlarında da makro programlama için kullanılabilen 120 değişken vardır. Makro değişkenler, "#", işareti ile birlikte, 0-119 aralığındaki sayılar ile kullanılırlar. Bu değişkenler aynı zamanda, "<", ">", "*", "+, -, /" gibi matematiksel ifadeler ile birlikte de kullanılabilirler. Ayrıca bu tezgahlarda kullanılabilen SIN, COS, ANG ve SQR ile Fanuk 0M freze tezgahlarında kullanılan makro programlama için 83 adet değişken vardır. Bu tezgahlarda, makro değişkenler, "#", işareti ile birlikte, 1-33 ve 100-149 aralığındaki sayılar ile kullanılırlar. Bu değişkenler aynı zamanda, "<", ">", "*", "+, -, /" gibi matematiksel ifadeler ile birlikte de kullanılabilirler. Ayrıca tezgahta kullanılabilen SIN, COS ve TAN gibi hazır ve basit matematiksel fonksiyon parametreleri de vardır.

Makro programlar, alt programlar gibi belirli bir işlem sıralaması şeklinde çalışmaktadırlar. Ancak alt programlardan farklı olarak makrolar ile programlama, değişkenlere dayanır. Bu değişkenlere göre bir işlem sıralaması tanımlanır. Daha sonra bu değişkenlere değerler verilerek çeşitli programlar yapılabilir.

3.3. CNC Freze Tezgahlarının Kesicilerinin Tanıtılması

CNC freze tezgahlarında en çok uçları radyüslü ve yüksek kesme hızına sahip titanyum kaplı sert metal uçlu kesiciler kullanılmaktadır. Bu kesicilerin kesme hızları çok yüksek olmalarına rağmen, darbe ve vurutuya karşı oldukça dayanıksız ve kırılğandırılar. Bunlar toz metalürjisi teknikleri ile imal edilmişlerdir. Kesme kabiliyetlerini daha da artırmak için aşınmaya karşı dirençli kaplama malzemeler ile kaplanırlar. Böylece hem kesme kabiliyetleri hem de elde edilen yüzeylerin kalitesi artırılır. Bunların yanında freze tezgahlarında, her çeşit parmak freze çakıları, matkap uçları, alın freze çakıları, kılavuzlar, raybalar v.b. çakılarda kullanılmaktadır.

Araştırılan poliamid dişlilerin imalat işlemlerinde, DIN 327 R-N tipi, Co8 alaşımlı, 4 ağızlı, Ø4 mm, Ø5 mm, Ø6 mm, Ø12 mm ve Ø20 mm çaplarında HSS parmak freze çakıları kullanıldı.

3.4. Dişlilerin İmalat Programlarının Hazırlanması

Yukarıda anlatılan düz dişli çark imalat yöntemlerinin incelenmesinden sonra; araştırma konusu olan dişleri değiştirilebilen düz dişlilerin bir veya birkaç yöntemle açılabilceği düşünüldü. Bunun için, AUTO-CAD 2000 çizim programı kullanılarak, ilk önce evolvent eğrisinin çizim kuralına göre tek dişin evolvent profiline sahip sağ ve sol evolvent eğrilerinden her biri, belli sayıda eşit aralıklara bölünerek, bu noktalara ait X ve Y bileşenleri hesaplanıp, CNC tezgahında Fanuc işletim sistemli CNC programlama ile evolvent profillere sahip dişlinin tek tek dişlerinin imalat programı, G00, G01, G02, G03, G90, G41, G42, G55, G28 işleme ve M03 ile M30 hazırlama kodları kullanılarak hazırlandı.

Tüm diş profillerinin aynı hassasiyete olması için, bağlama tertibatı olarak bir torna tezgahının üniversal aynası kullanıldı. Ayna CNC freze tezgahının tablasına cıvata ve pabuçlarla sabitlenerek dişlerin imalatına hazır hale getirildi.

Şekil 3.2' de;

$$\theta = \frac{S}{r_d} \quad 3.1$$

radyan dır. Buna göre θ açısını hesap edebilmek için, S yayının hesaplanması gerekir.

Gene Şekil 3.2 den;

$$\frac{S}{r_d} = \frac{HK}{r_g} \text{ yazılabilir. Burada;}$$

$$HK = GK - GH \text{ ve}$$

$$\frac{S}{2} = (GK - GH) \cdot \frac{r_d}{r_g} \quad 3.2$$

$$\frac{S_0}{2} = \frac{r_0}{r_g}$$

$$GK = \frac{S_0}{2} \cdot \frac{r_g}{r_0} \quad 3.3$$

$$FG = r_g \cdot (\operatorname{tg} \alpha_0 - \alpha_0) = r_g \cdot \operatorname{Ev} \alpha_0 \quad 3.4$$

$$FH = r_g \cdot (\operatorname{tg} \alpha - \alpha) = r_g \cdot \operatorname{Ev} \alpha \quad 3.5$$

$$FK = FG + GK$$

$$FK = \frac{S_0}{2} \cdot \frac{r_g}{r_0} + r_g \cdot (\operatorname{tg} \alpha_0 - \alpha_0) \quad 3.6$$

$$GH = FH - FG = r_g \cdot (\operatorname{Ev} \alpha - \operatorname{Ev} \alpha_0) \quad 3.7$$

3.7 ve 3.3 ifadeleri 3.2 denkleminde yerlerine yazılırsa, herhangi bir noktadaki S değeri;

$$S = 2 \cdot \frac{r_d}{r_g} \cdot \left[\left(\frac{S_0}{2} \cdot \frac{r_g}{r_0} - r_g \cdot (\operatorname{Ev} \alpha - \operatorname{Ev} \alpha_0) \right) \right] \quad 3.8$$

Bulunan bu ifadede S_0 yerine, $S_0 = \frac{M \cdot \pi}{2}$ ve r_0 yerine de $r_0 = \frac{M \cdot Z}{2}$ yazılıp gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra, 3.8 denklemi 3.1 denkleminde yerine yazılırsa θ açısı ;

$$\theta = \frac{\pi}{Z} - 2 \cdot (Ev\alpha - Ev\alpha_0) \quad 3.9$$

θ_p açısını aşağıdaki gibi yazmak mümkündür.

$$\theta_p = \frac{S_0}{r_0} \quad 3.10$$

bu denklemde S_0 ve r_0 ' ın değerleri yerine yazılarak, gerekli düzenlemeler yapılırsa;

$$\theta_p = \frac{\pi}{Z} \quad 3.11$$

β açısını da benzer olarak;

$$\beta = \frac{S_g}{r_g} \quad 3.12$$

S_g yayı, yukarıda bulunmuş olan 3.6 numaralı denklem yardımı ile hesap edilebilir.

Şöyle ki;

$$FK = \frac{S_0}{2} \cdot \frac{r_g}{r_0} + r_g \cdot (tg\alpha_0 - \alpha_0) \text{ idi. ve şekilden } FA=2 \cdot FK \text{ dır.}$$

$$FA = 2 \cdot FK = S_g = 2 \cdot \left[\frac{S_0}{2} \cdot \frac{r_g}{r_0} + r_g \cdot (tg\alpha_0 - \alpha_0) \right] \quad 3.13$$

$$S_g = r_g \cdot \left[\frac{S_0}{r_0} + 2 \cdot (tg\alpha_0 - \alpha_0) \right] \quad 3.14$$

$$\beta = \frac{\pi}{Z} + 2 \cdot Ev\alpha_0 \quad 3.15$$

β açısı da bu şekilde hesaplandıktan sonra bir diş taksimatına karşılık gelen A açısı da, aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$A = \frac{t_g}{r_g} \quad 3.16$$

$$t_g = M \cdot \pi \cdot \cos \alpha_0 \quad 3.17$$

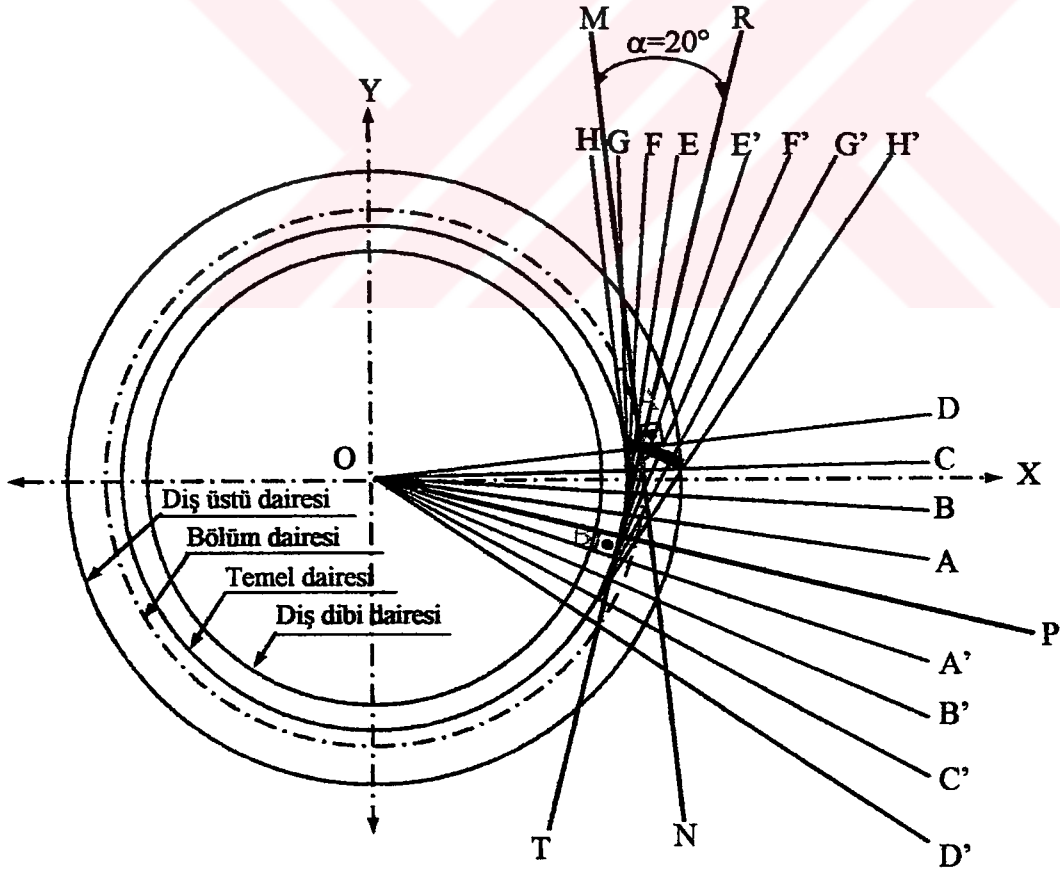
$$r_g = r_0 \cdot \cos \alpha_0 \quad 3.18$$

3.17 ve 3.18 ifadeleri 3.16 denkleminde yerine yazılır ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa;

$$A = \frac{2 \cdot \pi}{Z} \quad 3.19$$

ifadesi elde edilir.

3.4.2. Tek dişin evolvent profilinin oluşturulması ve CNC imalat programının hazırlanması.



Şekil 3.3 Düz dişlide evolvent profilinin oluşturulması

Tek dişin imalatı için sağ ve sol evolvent profilleri, AUTO CAD 2000 programı kullanılarak, evolvent eğrisinin çizim kuralına göre elde edildi. Bunun için, modülü 8 mm, diş sayısı 10 ve basınç açısı 20° olan bir dişlinin bölüm dairesi çapı, diş üstü çapı ve diş dibi çapları hesaplanarak, hesaplanan bu değerlere göre, evolvent profili oluşturuldu.

Bundan sonra,

1. X eksenini ile denklem 3.15'e göre hesaplanan β ($\beta = \frac{\pi}{Z} + 2 \cdot \text{Ev}\alpha_0$) açısı kadar açı yapacak şekilde OD doğrusu,
2. OD doğrusunun bölüm dairesini kestiği noktadan bölüm dairesine teğet ve OD doğrusuna dik MN doğrusu,
3. MN doğrusu ile 20° açı yapan RT doğruları çizildi. (β açısının X ekseninin sağında veya solunda alınması ile sağ veya sol evolvent çizimine karar verildi. Biz burada β açısını X ekseninin üst kısmında alarak sadece sol evolventi çizdik.) Sağ ve sol evolventler X eksenine göre birbirinin simetrikleri olduklarından önce sol evolvent değerleri tespit edildi.
4. Dişli ana kanununa göre temel dairesi denen ve evolvent profilinin oluşturulmasında etkili olan, RT doğrusuna dik ve O merkezinden geçecek şekilde OP doğrusu çizilerek, RT ve OP doğrularının kesiştiği B noktası tespit edilerek OB yarıçapındaki dördüncü daire, dişli temel dairesi (Dişli temel dairesi yaklaşık bir değer olarak $r_g = d_t \times \cos\alpha_0$ ifadesi ile de hesaplanabilir) çizildi.
5. OD doğrusunun sağ tarafında istenilen sayıda O merkezinden geçecek şekilde D', C', B', A', A, B, C, D doğruları ve bu doğruların her birine dik ve temel dairesine de teğet olacak şekilde H', G', F', E', E, F, G, H, doğruları çizildi. (Bu doğruların sayısı ne kadar fazla olursa evolvent profilinin hassasiyeti o kadar artar)

Bu hazırlıklardan sonra, sırasıyla aşağıdaki işlemler yapıldı;

1. OD doğrusunun temel dairesini kestiği nokta merkez olmak üzere, yarıçapı D doğrusunun temel dairesini kestiği noktaya kadar olan yarıçaptaki yayın, H doğrusunu kestiği noktanın O merkezine göre X ve Y koordinatları tespit edildi $H(X_H, Y_H, R_H)$.

2. OC doğrusunun temel dairesini kestiği nokta merkez olmak üzere, yarıçapı C doğrusunun temel dairesini kestiği noktaya kadar olan yarıçaptaki yayın, G doğrusunu kestiği noktanın O merkezine göre X ve Y koordinatları tespit edildi $G(X_G, Y_G, R_G)$.
3. OB doğrusunun temel dairesini kestiği nokta merkez olmak üzere, yarıçapı B doğrusunun temel dairesini kestiği noktaya kadar olan yarıçaptaki yayın, F doğrusunu kestiği noktanın O merkezine göre X ve Y koordinatları tespit edildi $F(X_F, Y_F, R_F)$.
4. OA doğrusunun temel dairesini kestiği nokta merkez olmak üzere, yarıçapı A doğrusunun temel dairesini kestiği noktaya kadar olan yarıçaptaki yayın, E doğrusunu kestiği noktanın O merkezine göre X ve Y koordinatları tespit edildi $E(X_E, Y_E, R_E)$.
5. OA' doğrusunun temel dairesini kestiği nokta merkez olmak üzere, yarıçapı E' doğrusunun temel dairesini kestiği noktaya kadar olan yarıçaptaki yayın, E' doğrusunu kestiği noktanın O merkezine göre X ve Y koordinatları tespit edildi $E'(X_{E'}, Y_{E'}, R_{E'})$.
6. OB' doğrusunun temel dairesini kestiği nokta merkez olmak üzere, yarıçapı F' doğrusunun temel dairesini kestiği noktaya kadar olan yarıçaptaki yayın, F' doğrusunu kestiği noktanın O merkezine göre X ve Y koordinatları tespit edildi $F'(X_{F'}, Y_{F'}, R_{F'})$.
7. OC' doğrusunun temel dairesini kestiği nokta merkez olmak üzere, yarıçapı G' doğrusunun temel dairesini kestiği noktaya kadar olan yarıçaptaki yayın, G' doğrusunu kestiği noktanın O merkezine göre X ve Y koordinatları tespit edildi $G'(X_{G'}, Y_{G'}, R_{G'})$.
8. OD' doğrusunun temel dairesini kestiği nokta merkez olmak üzere, yarıçapı H' doğrusunun temel dairesini kestiği noktaya kadar olan yayın, H' doğrusunu kestiği noktanın O merkezine göre X ve Y koordinatları tespit edildi $H'(X_{H'}, Y_{H'}, R_{H'})$.

Tespit edilen sağ ve sol evolvent profillerine ait X, Y ve R değerleri Tablo 3.3' de verilmiştir. Tek dişin CNC imalat programı bu değerlere göre hazırlandı ve tek diş bu imalat programına göre imal edildi. Tablo 3.3'de görülmektedir ki sağ ve sol evolventler için tek bir eğrilik yarıçapından bahsetmek mümkün değildir. Her bir yüzeyde yarıçapları farklı 8 adet R yarıçapında yay bulunmaktadır.

Tablo 3.3. İmal edilen tek diş için sağ ve sol evolvent profillerinin X, Y koordinatları ve dişli yan yüzeylerindeki R yarıçap değerleri

X ₀	R	48,000	48,000
	Y	0,0000	0,000
	X	48,000	48,000
H'	R	28,118	28,118
	Y	2,258	-2,258
	X	47,948	47,948
H'	R	24,414	24,414
	Y	3,539	-3,539
	X	45,955	45,955
G'	R	20,717	20,717
	Y	4,920	-4,920
	X	43,560	43,560
F'	R	17,127	17,127
	Y	5,744	-5,744
	X	41,443	41,443
E'	R	13,646	13,646
	Y	6,270	-6,270
	X	39,647	39,647
E	R	10,266	10,266
	Y	6,560	-6,560
	X	38,205	38,205
F	R	6,992	6,992
	Y	6,680	-6,680
	X	37,142	37,142
G	R	-	-
	Y	6,615	-6,615
	X	36,517	36,517
H	R	-	-
	Y	6,615	-6,615
	X	36,196	36,196
H	R	-	-
	Y	5,665	-5,665
	X	30,744	30,744
		Sol evolvent değerleri	Sağ evolvent değerleri

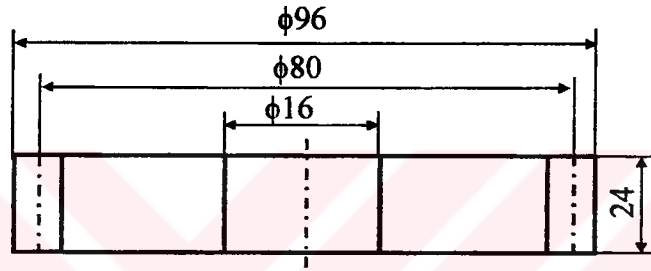
Bu şekilde, tek tek dişlerin imalatlarının yapılması için, evolvent profile sahip tek diş profilinin elde edilmesinde, AUTO-CAD 2000 programında evolvent eğrisinin çizimi sonucu, dişli yan yüzey profilinin X, Y ve R koordinatlarının, nokta, doğru ve yayların ölçüleri çok hassas ve doğru bir şekilde tespit edildi. Bu ölçüler tespit edilirken en ufak bir sapmanın dişli evolvent profilinin yan yüzeylerinin kötüleşmesine ve konum toleranslarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum dişlilerin çalışmaları sırasında aşınmalarına, ısınmalarına ve daha erken çalışma ömürlerini tamamlamalarına sebep olmaktadır.

Tek diş için CNC imalat programı aşağıdaki gibidir.

G90;	G03 X41.443 Y5.744 R20.717;
G40;	G03 X39.647 Y6.270 R17.127;
T01;	G03 X38.205 Y6.560 R13.646;
G42 D01;	G03 X37.142 Y6.680 R10.266;
G55 X-80. Y-40. Z3.;	G03 X36.517 Y6.699 R6.992;
M03 S400;	G01 X36.472 Y6.685;
G00 X30.744 Y-5.665 Z2.;	G01 X32.474 Y5.665;
G01 Z-6. F50;	G00 Z5. ;
G01 X36.196 Y-6.615 F100;	G00 X0. Y0.;
G01 X36.517 Y-6.615;	M30 ;
G03 X37.142 Y-6.680 R6.992;	G28;
G03 X38.205 Y-6.560 R10.266;	
G03 X39.647 Y-6.270 R13.646;	
G03 X41.443 Y-5.744 R17.127;	
G03 X43.560 Y-4.920 R20.717;	
G03 X45.955 Y-3.539 R24.414;	
G03 X47.948 Y-2.258 R28.118;	
G03 X48.000 Y0.000 R48.000;	
G03 X47.948 Y2.258 R47.987;	
G03 X45.955 Y3.539 R28.118;	
G03 X43.560 Y4.920 R24.414;	

3.4.3. İmalatı yapılacak düz dişlilerin hazırlanması

Bu kısımda, hazırlanmış olan programların uygulanabilmesi için, deney dişlilerinin boyutlandırılması yapıldı. (Şekil 3.4) Boyutlandırma için deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere, elde mevcut bulunan, modülü 8 mm, diş sayısı 10 olan bir yağ pompası kullanılacağından ve araştırmada da imal edilen dişliler bu yağ pompasına takılarak pompanın ilettiği debi miktarlarının karşılaştırılması yapılacağından, araştırma dişlilerinin de modülü 8 mm, diş sayısı 10 olarak seçildi. Ancak bu çalışmada profil kaydırma yöntemleri dikkate alınmadı.



Şekil 3.4 Modülü 8 mm, diş sayısı 10 ve basınç açısı 20° olan bir düz dişlinin boyutları

Deney dişlilerinin konstrüksiyon şekli, üç farklı şekilde düşünülerek, imalat programları hazırlandı. Bu konstrüksiyonların şekilleri ve uygulama programları aşağıdaki sıra şeklinde açıklanacaktır;

3.4.3.1. Dişleri segmanla gövdeye monte edilmiş dişli modelinin tasarım ve imalatı

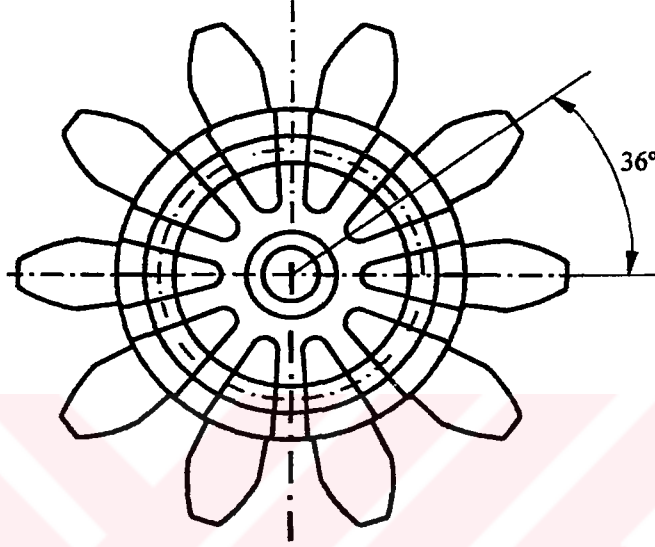
Bu dişli modeli, gövde, kapak ve tek tek imal edilen dişler olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır. Kapak 1 adet M10 cıvata ile gövdeye monte edilmiştir. Dişlinin dönmesi esnasında dişlerin dışarı kaymaması için kapak üst yüzeyine segman konuldu. (Şekil 3.5)

Temel dairesinden itibaren evolvent profiline göre tek tek imal edilen olan dişlerin her biri üzerinde ayrı ayrı 5 mm genişliğinde ve 4 mm derinliğinde segmanın sıkı olarak geçtiği segman yuvası bulunmaktadır. (Şekil 3.6)

Gövde, yüzeyi 10 eşit aralığa bölünmüş ve her bir dişin sıkı olarak geçtiği diş yuvaları (kanallar) ve gövdenin üst yüzey kısmında 5 mm genişliğinde, 4 mm

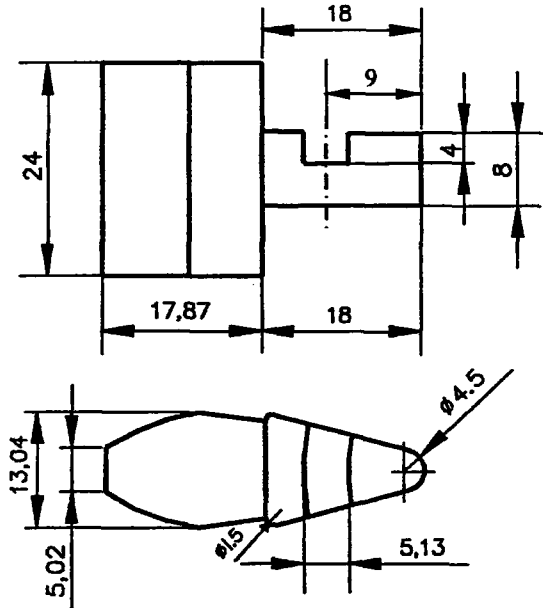
derinliğinde ve $\varnothing 43$ mm $\varnothing$ ında segman yuvası olarak adlandırılan segman yuvası açılmıştır. (Şekil 3.7)

$\varnothing 61.328$ mm $\varnothing$ ında ve 8 mm kalınlığında olan kapak alt yüzeyinde, 5 mm genişliğinde, 4 mm yüksekliğinde ve $\varnothing 43$ mm $\varnothing$ ında segman olarak adlandırılan segmanlar konulmuştur. (Şekil 3.8)



Şekil 3.5 Segmanla montajı yapılmış olan dişli modeli

1. Segmanlı dişli modeli tek diş için CNC imalat programı

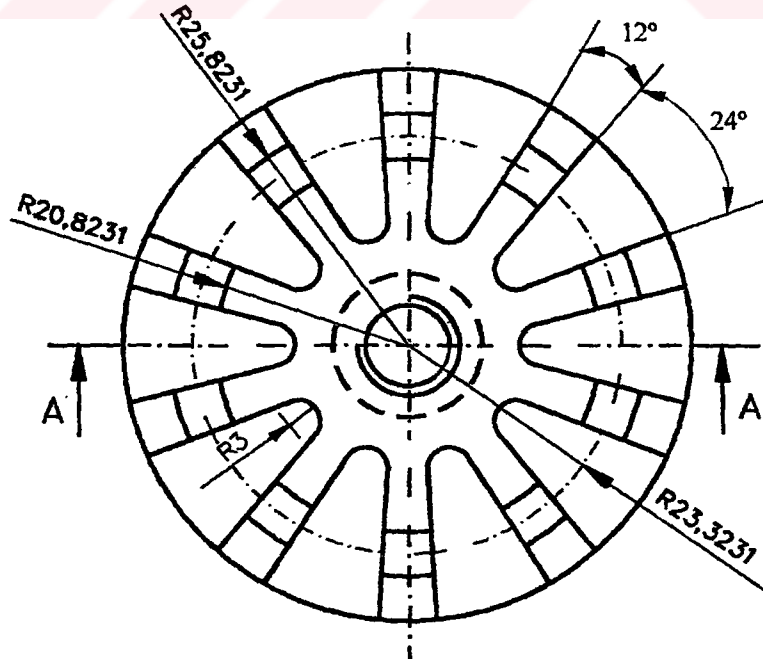
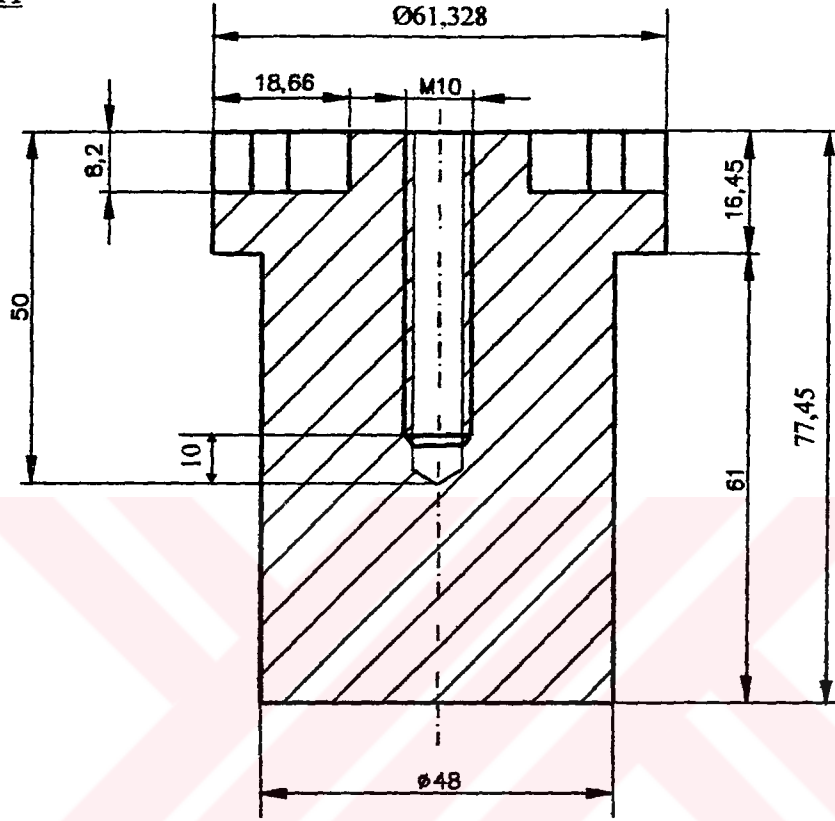


Şekil 3.6 Segmanlı dişli modeli ve tek dişin boyutları

G17;	G03 X47.948 Y2.258 R47.987;
G40;	G03 X45.955 Y3.539 R28.118;
G90;	G03 X43.560 Y4.920 R24.414;
G21;	G03 X41.443 Y5.744 R20.717;
T01;	G03 X39.647 Y6.270 R17.127;
G55 X0. Y0. Z5.;	G03 X38.205 Y6.560 R13.646;
M03 S600;	G03 X37.142 Y6.680 R10.266;
G00 X22.5 Y0.;	G03 X36.517 Y6.699 R6.992;
G01 Z-4. F100;	G01 X36.472 Y6.685;
G03 X0. Y22.5 R22.5 F100;	G01 X32.474 Y5.665;
G03 X-22.5 Y0. R22.5;	G00 Z10. ;
G03 X0. Y-22.5 R22.5;	M05;
G03 X22.5 Y0. R22.5;	T03;
G00 Z10.;	G40;
M05;	G49;
T02;	G43 H02;
G43 H01;	G41 D02;
G42 D01;	G55 X80. Y-50. Z3.;
G55 X-80. Y-40. Z3.;	M03 S1400;
M03 S400.;	G00 X31.413 Y-7.099 ;
G00 X30.744 Y-5.665 Z2.;	G01 Z-12. F150;
G01 Z-6. F50;	G01 X15.328 Y-3.085 F100 ;
G01 X36.196 Y-6.615 F100;	G02 X15.328 Y3.085 R3.085;
G01 X36.517 Y-6.615;	G01 X30.913 Y6.474;
G03 X37.142 Y-6.680 R6.992;	G00 Z10. ;
G03 X38.205 Y-6.560 R10.266;	G00 X0. Y0.;
G03 X39.647 Y-6.270 R13.646;	M30;
G03 X41.443 Y-5.744 R17.127;	G28;
G03 X43.560 Y-4.920 R20.717;	
G03 X45.955 Y-3.539 R24.414;	
G03 X47.948 Y-2.258 R28.118;	
G03 X48.000 Y0.000 R48.000;	

2. Segmanlı dişli modeli göbek için CNC imalat programı

A-A KESİTİ



Şekil 3.7 Segmanlı dişli modeli göbek imalatı

G90 ;	G01 X-5.303 Y-9.251 ;
G40 G17 ;	G02 X-1.147 Y-10.602 R2.185;
G21 T01;	G01 X-3.298 Y-30.486;
G42 D01;	G03 X3.298 Y-30.486 R30.664;
G58 X80. Y-40. Z3.;	G01 X1.147 Y-10.602 ;
M03 S600 F400;	G02 X5.303 Y-9.251 R2.185;
G01 X27.974 Y12.558;	G01 X15.250 Y-26.602;
G01 Z-8. F50;	G03 X20.588 Y-22.724 R30.664;
G01 X9.728 Y4.367 F100;	G01 X7.159 Y-7.902 ;
G02 X7.159 Y7.902 R2.185;	G02 X9.728 Y-4.367 R2.185;
G01 X20.588 Y22.724;	G01 X27.974 Y-12.558;
G03 X15.250 Y26.602 R30.664;	G03 X30.013 Y-6.283 R30.664;
G01 X5.303 Y9.251 ;	G01 X10.437 Y-2.185 ;
G02 X1.147 Y10.602 R2.185;	G02 X10.437 Y2.185 R2.185;
G01 X3.298 Y30.486;	G01 X30.013 Y6.283;
G03 X-3.298 Y30.486 R30.664;	G03 X27.974 Y12.558 R30.664;
G01 X-1.147 Y10.602;	G00 10.;
G02 X-5.303 Y9.251 R2.185;	M05 T02 G40;
G01 X-15.250 Y26.602;	G43 H02;
G03 X-20.588 Y22.724 R30.664;	G58 X0. Y0. Z5.;
G01 X-7.159 Y7.902 ;	M03 S600;
G02 X-9.728 Y4.367 R2.185;	G00 X22.5 Y0.;
G01 X-27.974 Y12.558;	G01 Z-12.48 F100;
G03 X-30.013 Y6.283 R30.664;	G03 X0. Y22.5 R22.5 F100;
G01 X-10.437 Y2.185 ;	G03 X-22.5 Y0. R22.5;
G02 X-10.437 Y-2.185 R2.185;	G03 X0. Y-22.5 R22.5;
G01 X-30.013 Y-6.283;	G03 X22.5 Y0. R22.5;
G03 X-27.974 Y-12.558 R30.664;	G00 Z10.;
G01 X-9.728 Y-4.367;	G00 X0. Y0.;
G02 X-7.159 Y-7.902 R2.185;	M30 ;
G01 X-20.588 Y-22.724;	G28;
G03 X-15.250 Y-26.602 R30.664;	

G17;	G01 Z-4. F50.;
G40;	G03 X0. Y14. R14. F100;
G21;	G03 X-14. Y0. R14.;
G90;	G03 X0. Y-14. R14.;
G57 X0. Y0. Z5.;	G03 X14. Y0. R14.;
M03 S550;	G01 X4. Y0.;
G01 X31 Y0.;	G03 X0. Y4. R4.;
G01 Z-4. F50;	G03 X-4. Y0. R4.;
G03 X0. Y31. R31.F100;	G03 X0. Y-4. R4.;
G03 X-31. Y0. R31.;	G03 X4. Y0. R4.;
G03 X0. Y-31. R31.;	G00 Z10. ;
G03 X31. Y0. R31.;	G00 X0. Y0.;
G00 Z10.;	M30;
G00 X14. Y0.;	G28;

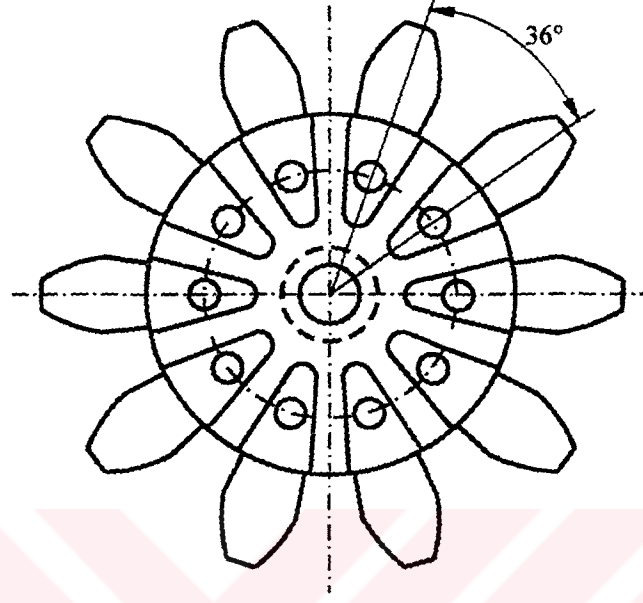
3.4.3.2. Dişleri pimle gövdeye monte edilmiş dişli modelinin tasarım ve imalatı

Bu dişli modeli; gövde, kapak ve tek tek imal edilen dişler olmak üzere üç ana parça ile tek tek dişlerin gövdeye sabitlenmesi amacı ile dişlinin diş sayısı kadar 10 adet Ø5 mm çapında ve 16 mm boyunda pimlerden meydana gelmektedir. Gövde, kapak ve tek dişleri bir arada tutmak amacıyla 1 adet M10 cıvata bulunmaktadır. (Şekil 3.9)

Temel dairesinden itibaren evolvent profiline göre imal edilen tek tek dişlerin her biri üzerinde gövde içerisinde tek dişin kök olarak adlandırılan kısmında kökün yüksekliği boyunca Ø5 mm çapında bir pim deliği bulunmaktadır. (Şekil 3.10)

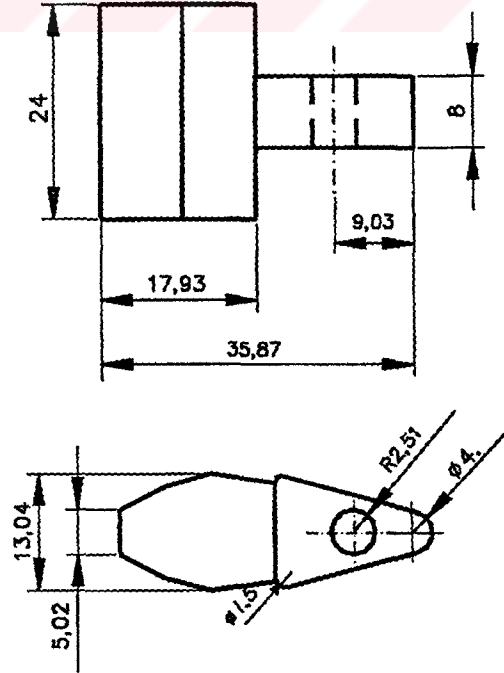
Gövde yüzeyi 10 eşit aralığa bölünmüş ve her bir dişin sıkı olarak geçtiği diş yuvaları (kanallar), ve her bir kanalın içerisinde kanalın tabanından itibaren 4 mm derinliğinde pim yuvaları bulunmaktadır. (Şekil 3.11) Bu pimler ilgili yuvalarına sıkı olarak geçmektedir.

Kapak $\varnothing 61.328$ mm $\varnothing$ apında ve 8 mm kalınlığındadır. Kapak üzerinde diş sayısı (pim sayısı) kadar 4 mm derinliğinde ve $\varnothing 5$ mm $\varnothing$ apında pim yuvaları bulunmaktadır. (şekil 3.12)



şekil 3.9 Pimle montajı yapılmış olan dişli modeli

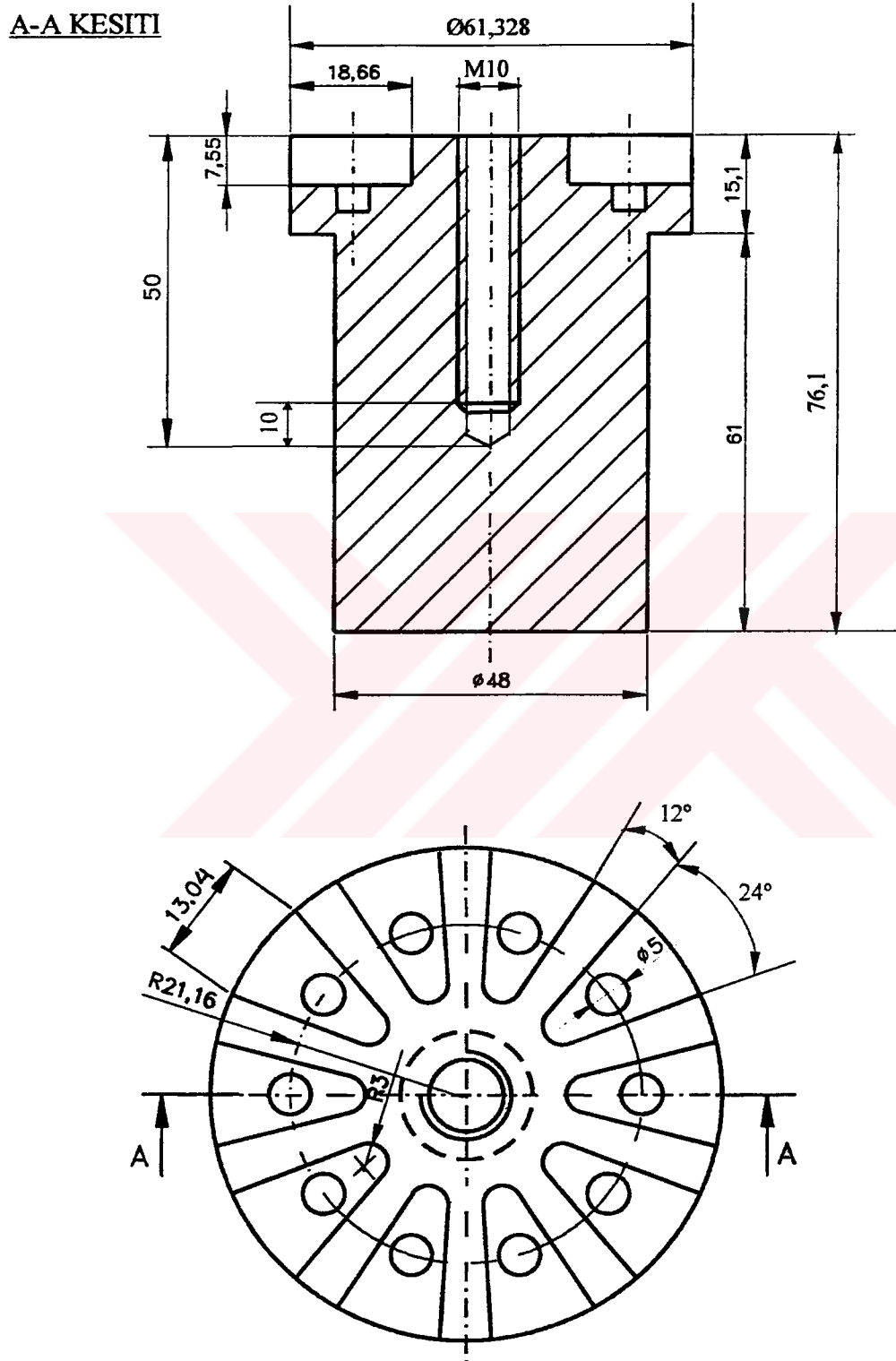
1. Pimli dişli modeli tek diş imalatı için CNC imalat programı



şekil 3.10 Pimli dişli modeli tek diş

G90;	G03 X38.205 Y6.560 R13.646;
G40;	G03 X37.142 Y6.680 R10.266;
G17;	G03 X36.517 Y6.699 R6.992;
G21;	G01 X36.472 Y6.685;
T01I	G01 X32.474 Y5.665;
G58 X0. Y0. Z5.;	G00 Z10. ;
M03 S600;	M05 T03 G40;
G99G81X20.66Y-0.0Z-13. R3 F40.;	G49 G43 H02;
G00 Z10.;	G41 D02;
M05;	G55 X80. Y-50. Z3.;
T02;	M03 S1400;
G43 H01;	G00 X31.413 Y-7.099;
G42 D01;	G01 Z-12. F150;
G55 X-80. Y-40. Z3.;	G01 X15.328 Y-3.085 F100;
M03 S400.;	G02 X15.328 Y3.085 R3.085;
G00 X30.744 Y-5.665 Z2.;	G01 X30.913 Y6.474;
G01 Z-6. F50;	G00 Z10. ;
G01 X36.196 Y-6.615 F100;	G00 X0. Y0.;
G01 X36.517 Y-6.615;	M30;
G03 X37.142 Y-6.680 R6.992;	G28;
G03 X38.205 Y-6.560 R10.266;	
G03 X39.647 Y-6.270 R13.646;	
G03 X41.443 Y-5.744 R17.127;	
G03 X43.560 Y-4.920 R20.717;	
G03 X45.955 Y-3.539 R24.414;	
G03 X47.948 Y-2.258 R28.118;	
G03 X48.000 Y0.000 R48.000;	
G03 X47.948 Y2.258 R47.987;	
G03 X45.955 Y3.539 R28.118;	
G03 X43.560 Y4.920 R24.414;	
G03 X41.443 Y5.744 R20.717;	
G03 X39.647 Y6.270 R17.127;	

2. Pimli dişli modeli göbek imalatı için CNC imalat programı



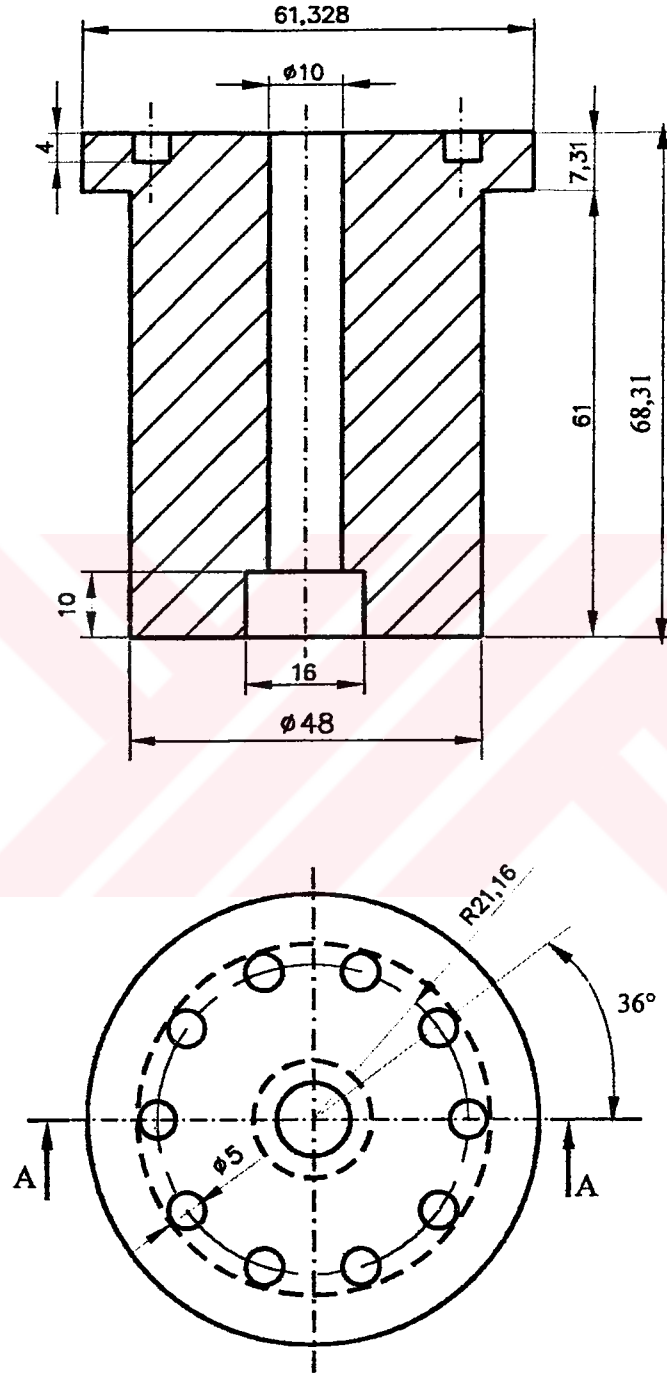
Şekil 3.11 Pimli dişli modeli gövde şekli

G90 G40 G17 G21;
T01 G42 D01;
G58 X80. Y-40. Z3.;
M03 S600 ;
G00 X27.974 Y12.558;
G01 Z-8. F50;
G01 X9.728 Y4.367 F100;
G02 X7.159 Y7.902 R2.185;
G01 X20.588 Y22.724;
G03 X15.250 Y26.602 R30.664;
G01 X5.303 Y9.251 ;
G02 X1.147 Y10.602 R2.185;
G01 X3.298 Y30.486;
G03 X-3.298 Y30.486 R30.664;
G01 X-1.147 Y10.602 ;
G02 X-5.303 Y9.251 R2.185;
G01 X-15.250 Y26.602;
G03 X-20.588 Y22.724 R30.664;
G01 X-7.159 Y7.902 ;
G02 X-9.728 Y4.367 R2.185;
G01 X-27.974 Y12.558;
G03 X-30.013 Y6.283 R30.664;
G01 X-10.437 Y2.185 ;
G02 X-10.437 Y-2.185 R2.185;
G01 X-30.013 Y-6.283;
G03 X-27.974 Y-12.558 R30.664;
G01 X-9.728 Y-4.367 ;
G02 X-7.159 Y-7.902 R2.185;
G01 X-20.588 Y-22.724;
G03 X-15.250 Y-26.602 R30.664;
G01 X-5.303 Y-9.251 ;
G02 X-1.147 Y-10.602 R2.185;

G01 X-3.298 Y-30.486;
G03 X3.298 Y-30.486 R30.664;
G01 X1.147 Y-10.602 ;
G02 X5.303 Y-9.251 R2.185;
G01 X15.250 Y-26.602;
G03 X20.588 Y-22.724 R30.664;
G01 X7.159 Y-7.902 ;
G02 X9.728 Y-4.367 R2.185;
G01 X27.974 Y-12.558;
G03 X30.013 Y-6.283 R30.664;
G01 X10.437 Y-2.185 ;
G02 X10.437 Y2.185 R2.185;
G01 X30.013 Y6.283;
G03 X27.974 Y12.558 R30.664;
G00 Z10.;
M05 T02 G40;
G43 H02;
G58 X0. Y0. Z5.;
M03 S1500;
G99 G81 X16.717 Y12.145 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X6.385 Y19.652 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X-6.385 Y19.652 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X-16.717 Y12.145 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X-20.663 Y0.000 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X-16.717 Y-12.145 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X-6.385 Y-19.652 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X6.385 Y-19.652 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X16.717 Y-12.146 Z-12. R3 F50;
G99 G81 X20.663 Y-0.000 Z-12. R3 F50;
G00 Z10. ;
G00 X0. Y0.;
M30 G28;

3. Pimli dişli modeli üst kapak için CNC imalat programı

A-A KESİTİ



Şekil 3.12 Pimli dişli modeli üst kapak

G90 G40;
 G17 G21;
 T01;
 G58 X0. Y0. Z3.;
 M03 S600;
 G99 G81 X16.717 Y12.145 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X6.385 Y19.652 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X-6.385 Y19.652 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X-16.717 Y12.145 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X-20.663 Y0.000 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X-16.717 Y-12.145 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X-6.385 Y-19.652 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X6.385 Y-19.652 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X16.717 Y-12.146 Z-12. R3. F50;
 G99 G81 X20.663 Y-0.000 Z-12. R3. F50;
 G00 Z10. ;
 G00 X0. Y0.;
 M30 ;
 G28;

3.4.3.3. Dişleri diş üzerindeki kama ile gövdedeki kama yuvasına monte edilmiş kamalı dişli modelinin tasarım ve imalatı

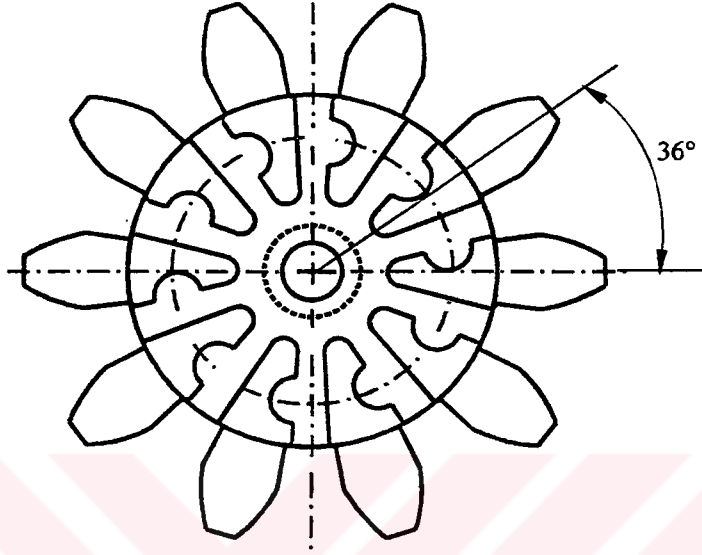
Bu dişli modeli, gövde, kapak ve tek tek imal edilmiş dişler olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır. Gövde, kapak ve tek tek dişleri birleştirmek amacıyla 1 adet M10 cıvata kullanılmıştır. (Şekil 3.13)

Temel dairesinden itibaren evolvent profiline göre imal edilmiş olan tek tek dişlerin her birinin yan tarafında Ø5 mm çapında ve 5 mm boyunda yarım ay şeklinde, göbekteki kamalı kısımların sıkı olarak geçeceği kama yuvaları bulunmaktadır. (Şekil 3.14)

Gövde yüzeyi 10 eşit aralığa bölünmüş ve her bir dişin ayrı ayrı geçeceği diş yuvaları (kanallar) açılmıştır. Bu kanallar içerisinde gövdeyle bütün olarak imal edilmiş

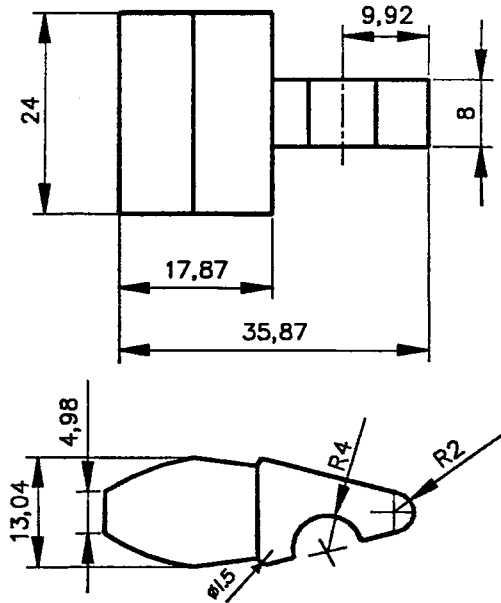
ve kama olarak isimlendirilen $\varnothing 5$ mm $\varnothing$ apında ve 5 mm boyunda yarım ay $\varnothing$ eklinde $\varnothing$ ıkıntılar bulunmaktadır. (Şekil 3.15)

Kapak $\varnothing 61,328$ mm $\varnothing$ apında ve 8 mm kalınlığındadır. (Şekil 3.16)



Şekil 3.13 Kama ile montajı yapılmış olan dişli modeli

1. Kamalı dişli modeli tek diş imalatı için CNC imalat programı



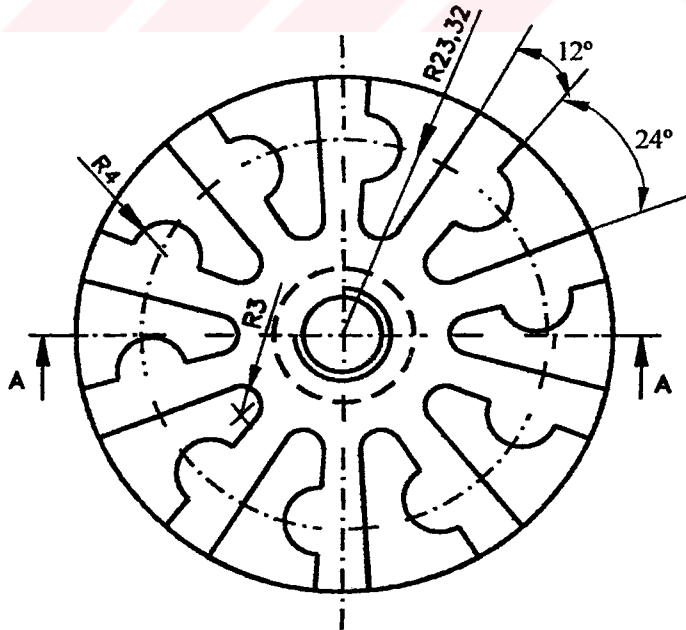
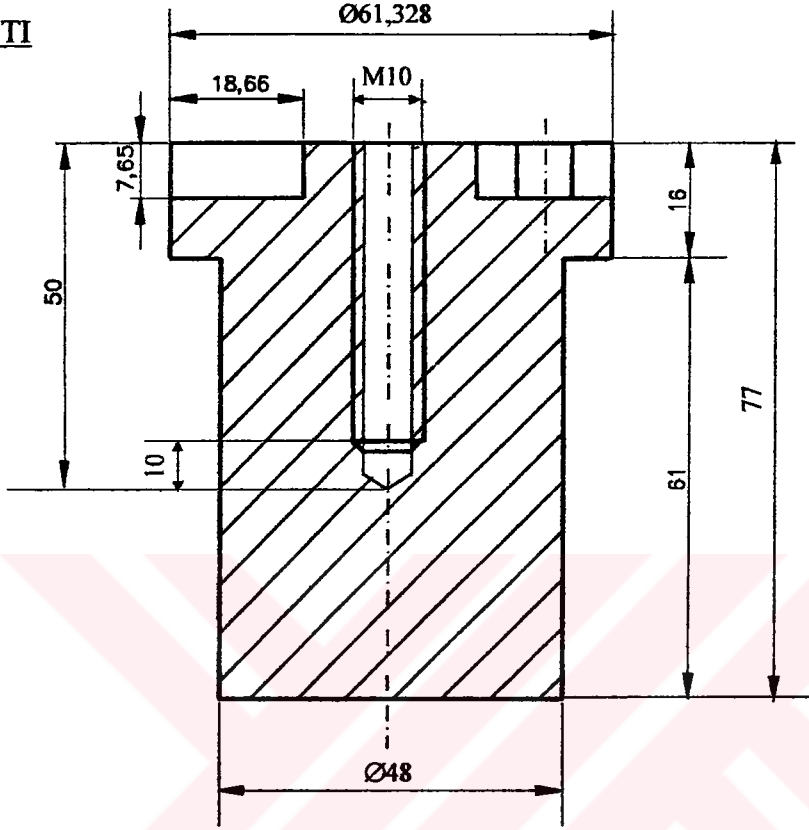
Şekil 3.14 Kamalı dişli modeli tek diş

G90;
 G40;
 G17;
 G21;
 T01;
 G42 D01.;
 G55 X-80. Y-40. Z3.;
 M03 S400;
 G00 X30.744 Y-5.665 Z2.;
 G01 Z-6. F50;
 G01 X36.196 Y-6.615 F100;
 G01 X36.517 Y-6.615;
 G03 X37.142 Y-6.680 R6.992;
 G03 X38.205 Y-6.560 R10.266;
 G03 X39.647 Y-6.270 R13.646;
 G03 X41.443 Y-5.744 R17.127;
 G03 X43.560 Y-4.920 R20.717;
 G03 X45.955 Y-3.539 R24.414;
 G03 X47.948 Y-2.258 R28.118;
 G03 X48.000 Y0.000 R48.000;
 G03 X47.948 Y2.258 R47.987;
 G03 X45.955 Y3.539 R28.118;
 G03 X43.560 Y4.920 R24.414;
 G03 X41.443 Y5.744 R20.717;
 G03 X39.647 Y6.270 R17.127;
 G03 X38.205 Y6.560 R13.646;
 G03 X37.142 Y6.680 R10.266;
 G03 X36.517 Y6.699 R6.992;
 G01 X36.472 Y6.685;
 G01 X32.474 Y5.665;
 G00 Z10. ;
 M05;

T02;
 G40;
 G49;
 G43 H02;
 G42 D02;
 G54 X80. Y-50. Z3.;
 M03 S1000;
 G00 X30.064 Y-6.384;
 G01 Z-13. F100,
 G01 X10.437 Y-2.185;
 G02 X10.437 Y2.185 R2.185;
 G01 X13.659 Y2.859 ;
 G02 X15.785 Y1.501 R2.000;
 G03 X25.075 Y3.432 R5.000;
 G02 X26.791 Y5.608 R2.000;
 G01 X30.433 Y6.384;
 G00 Z10.;
 G00 X0. Y0.;
 M30;
 G28;

2. Kamalı dişli modeli göbek için CNC imalat programı

A-A KESİTİ



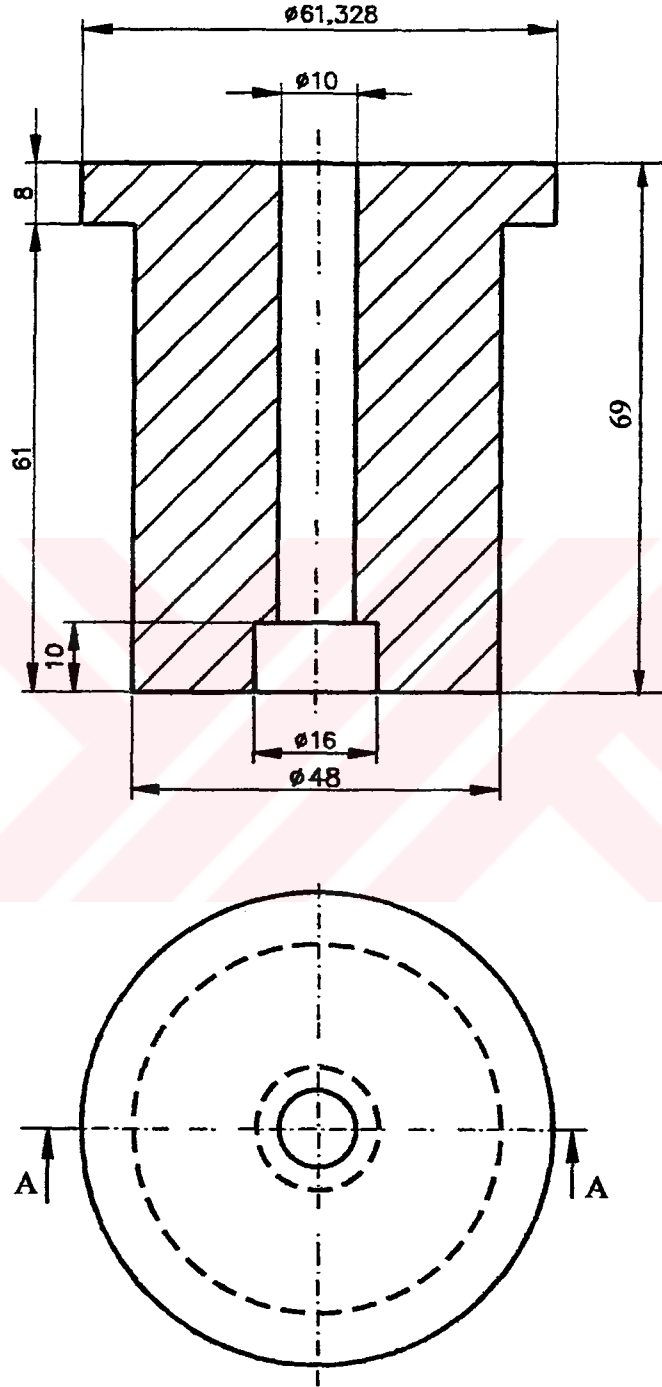
Şekil 3.15 Kamalı dişli modeli göbek

G90;	G01 X-15.250 Y26.602;
G17;	G03 X-20.588 Y22.724 R30.664;
G40;	G01 X-7.159 Y7.902 ;
G21;	G02 X-9.728 Y4.367 R2.185;
T01;	G01 X-12.731 Y5.715 ;
G42 D01;	G02 X-13.652 Y8.064 R2.000;
G58 X80. Y-40. Z10.;	G03 X-22.304 Y11.962 R5.000;
M03 S1000 ;	G02 X-24.971 Y11.210 R2.000;
G00 X27.974 Y12.558;	G01 X-27.974 Y12.558;
G01 Z-8. F100;	G03 X-30.013 Y6.283 R30.664;
G01 X9.728 Y4.367 F200;	G01 X-10.437 Y2.185 ;
G02 X7.159 Y7.902 R2.185;	G02 X-10.437 Y-2.185 R2.185;
G01 X9.370 Y10.342 ;	G01 X-13.659 Y-2.859 ;
G02 X11.888 Y10.492 R2.000;	G02 X-15.785 Y-1.501 R2.000;
G03 X18.269 Y17.515 R5.000;	G03 X-25.075 Y-3.432 R5.000;
G02 X18.378 Y20.285 R2.000;	G02 X-26.791 Y-5.608 R2.000;
G01 X20.588 Y22.724;	G01 X-30.013 Y-6.283;
G03 X15.250 Y26.602 R30.664;	G03 X-27.974 Y-12.558 R30.664;
G01 X5.303 Y9.251 ;	G01 X-9.728 Y-4.367 ,
G02 X1.147 Y10.602 R2.185;	G02 X-7.159 Y-7.902 R2.185;
G01 X1.501 Y13.874 ;	G01 X-9.370 Y-10.342 ;
G02 X3.450 Y15.476 R2.000;	G02 X-11.888 Y-10.492 R2.000;
G03 X4.484 Y24.909 R5.000;	G03 X-18.269 Y-17.515 R5.000;
G02 X2.944 Y27.213 R2.000;	G02 X-18.378 Y-20.285 R2.000;
G01 X3.298 Y30.486;	G01 X-20.588 Y-22.724;
G03 X-3.298 Y30.486 R30.664;	G03 X-15.250 Y-26.602 R30.664;
G01 X-1.147 Y10.602 ;	G01 X-5.303 Y-9.251 ;
G02 X-5.303 Y9.251 R2.185;	G02 X-1.147 Y-10.602 R2.185;
G01 X-6.940 Y12.107 ;	G01 X-1.501 Y-13.874 ;
G02 X-6.305 Y14.548 R2.000;	G02 X-3.450 Y-15.476 R2.000;
G03 X-11.013 Y22.787 R5.000;	G03 X-4.484 Y-24.909 R5.000;
G02 X-13.613 Y23.746 R2.000;	G02 X-2.944 Y-27.213 R2.000;

G01 X-3.298 Y-30.486;
G03 X3.298 Y-30.486 R30.664;
G01 X1.147 Y-10.602 ;
G02 X5.303 Y-9.251 R2.185;
G01 X6.940 Y-12.107 ;
G02 X6.305 Y-14.548 R2.000;
G03 X11.013 Y-22.787 R5.000;
G02 X13.613 Y-23.746 R2.000;
G01 X15.250 Y-26.602;
G03 X20.588 Y-22.724 R30.664;
G01 X7.159 Y-7.902 ;
G02 X9.728 Y-4.367 R2.185;
G01 X12.731 Y-5.715 ;
G02 X13.652 Y-8.064 R2.000;
G03 X22.304 Y-11.962 R5.000;
G02 X24.971 Y-11.210 R2.000;
G01 X27.974 Y-12.558;
G03 X30.013 Y-6.283 R30.664;
G01 X10.437 Y-2.185 ;
G02 X10.437 Y2.185 R2.185;
G01 X13.659 Y2.859 ;
G02 X15.785 Y1.501 R2.000;
G03 X25.075 Y3.432 R5.000;
G02 X26.791 Y5.608 R2.000;
G01 X30.013 Y6.283;
G03 X27.974 Y12.558 R30.664;
G00 Z10.;
M30;

3. Kamalı dişli modeli üst kapak için CNC imalat programı

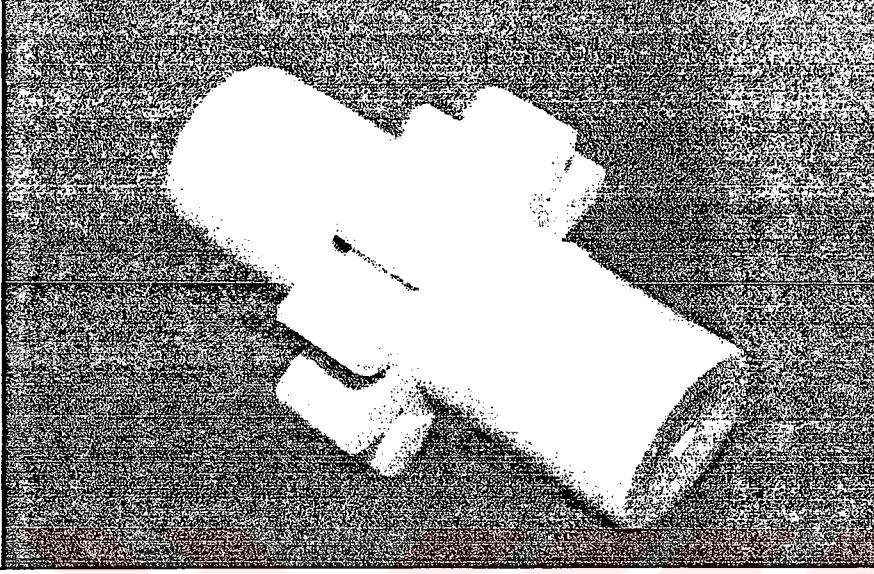
A-A KESİTİ



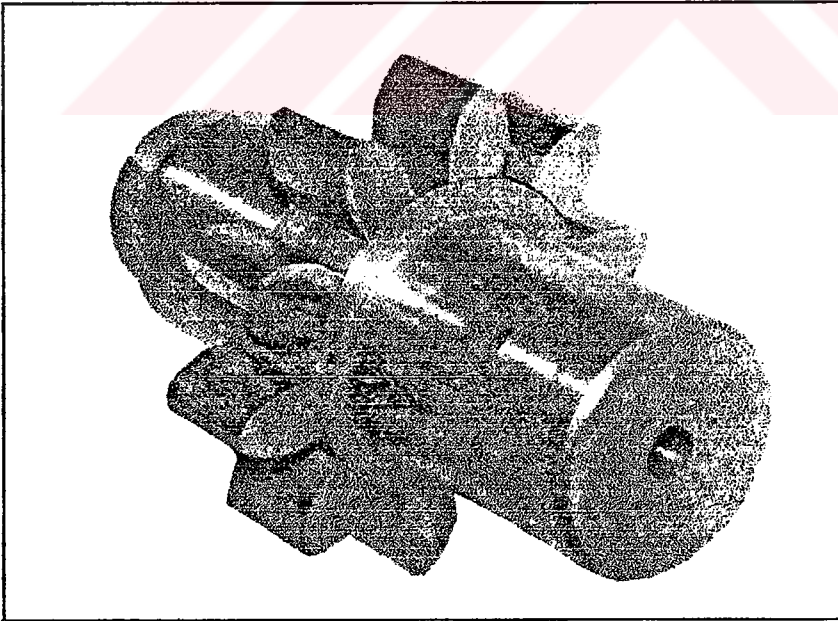
Şekil 3.16 Kamalı dişli modeli üst kapak

G90;
 G17;
 G40;
 G21;
 T01;
 G42 D01;
 G58 X80. Y-40. Z10.;
 M03 S1000 ;
 G00 X36.664 Y0.
 G01 Z-13. F100 ;
 G03 X0. Y36.664 R36.664;
 G03 X-36.664 Y0. R36.664;
 G03 X0. Y-36.664 R36.664;
 G03 X36.664 Y0. R36.664;
 G00 Z10.;
 M05;
 T02;
 G40;
 G49;
 G43 H02;
 G54 X0. Y0. Z3.;
 M03 S1000
 G99 G81 X0. Y0.000 Z-20. R3 F50;
 G00 Z10.;
 G00 X0. Y0.;
 M30;
 G28;

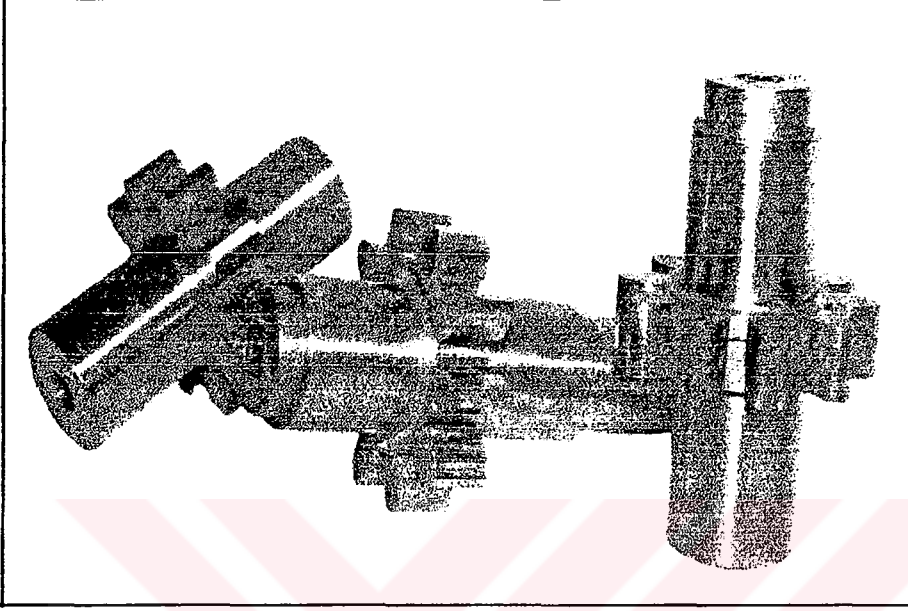
Tasarımı geliştirilerek dizaynı yapılan dişli modellerinin CNC freze tezgahlarında hazırlanmış olan ve yukarıda verilen imalat programlarına göre imal edilen dişlilerin şekilleri aşağıda Şekil 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 21 ve 3.22' de verilmiştir.



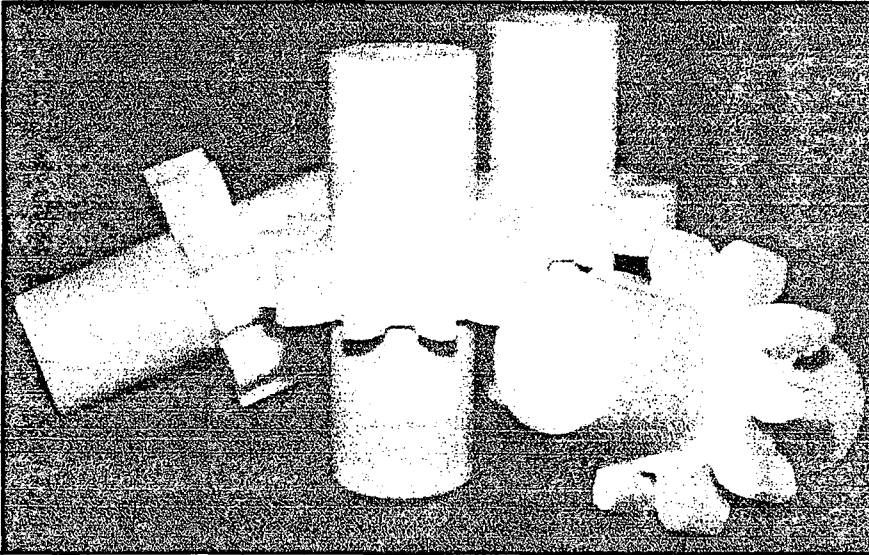
Şekil 3.17 Plastik malzemeden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen bir düz dişli



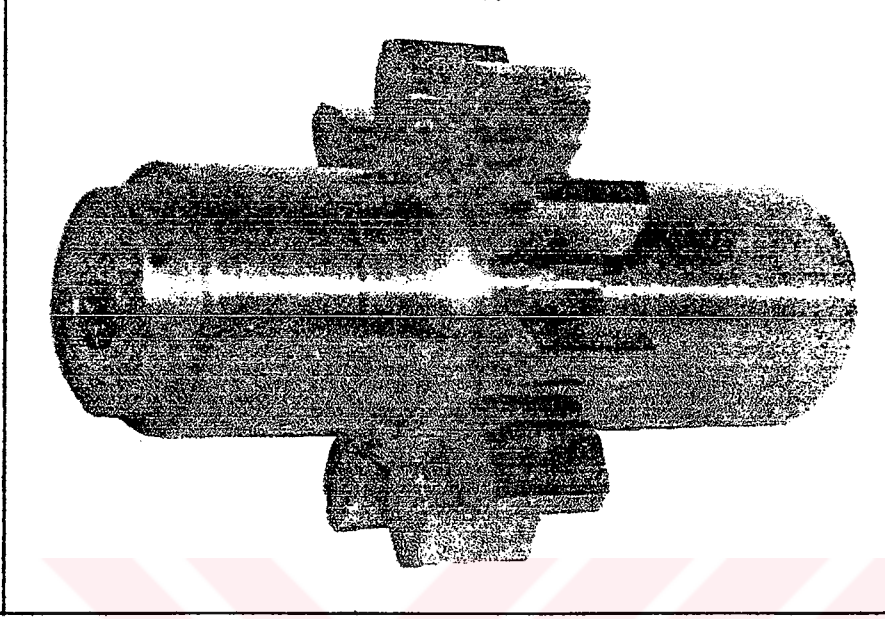
Şekil 3.18 Ç8620 Malzemesinden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen bir düz dişli



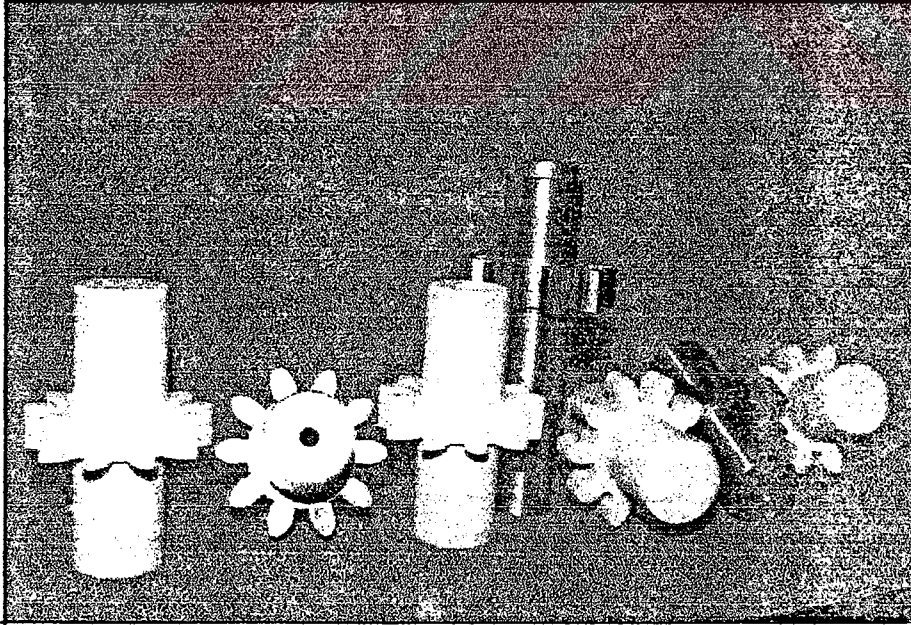
Şekil 3.19 Ç8620 Malzemesinden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen
düz dişli gurubundan bir görünüş



Şekil 3.20 Plastik malzemedan imal edilmiş dişleri değiştirilebilen
düz dişli gurubundan bir görünüş

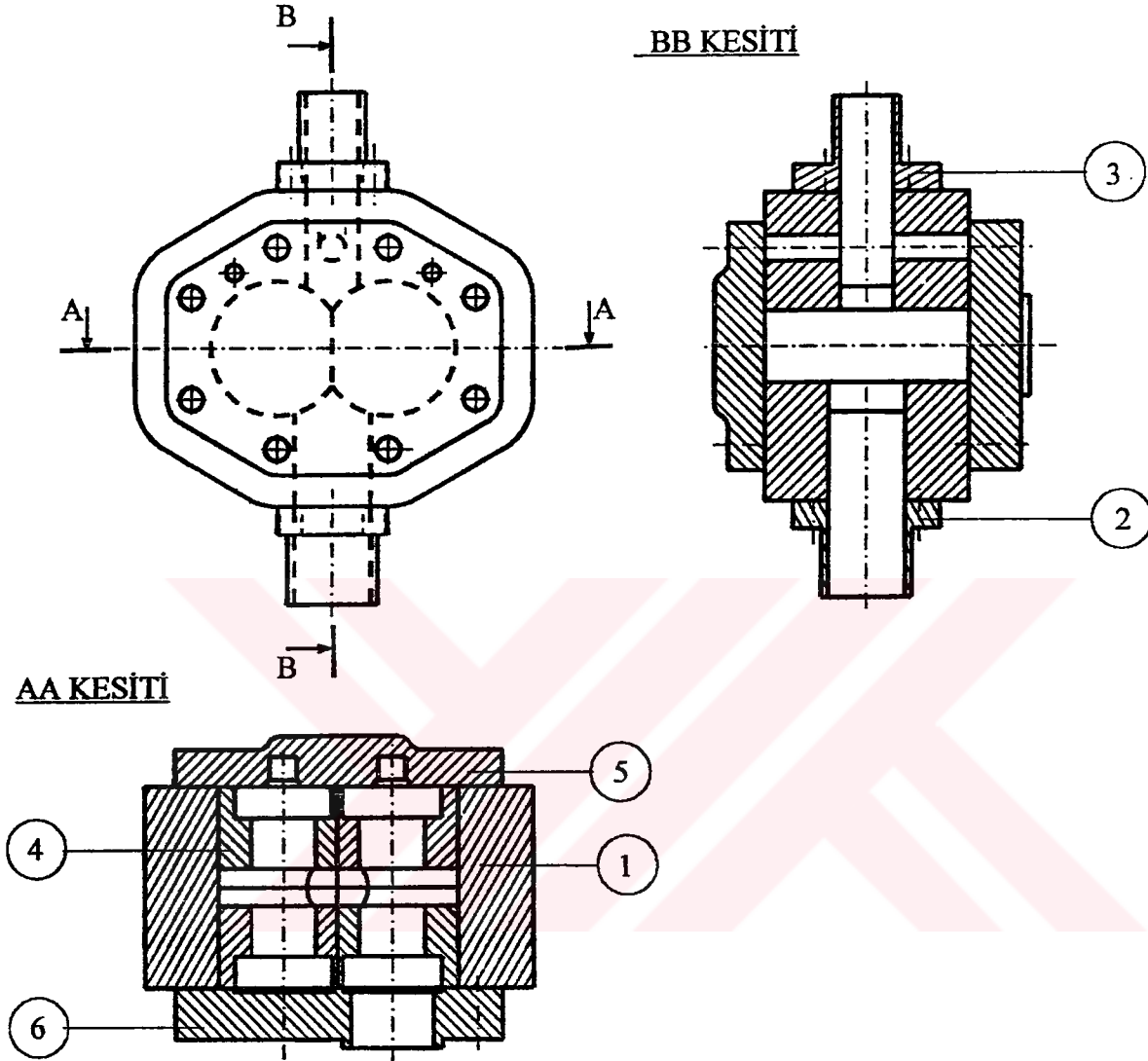


Şekil 3.21 Ç8620 malzemesinden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen bir düz dişli.



Şekil 3.22 Ç8620 ve plastik malzemeden imal edilmiş dişleri değiştirilebilen düz dişli guruplarından bir görünüş

3.5. Dişli Pompa Malzemesi ve Dişli Pompa İmalatının Yapılması



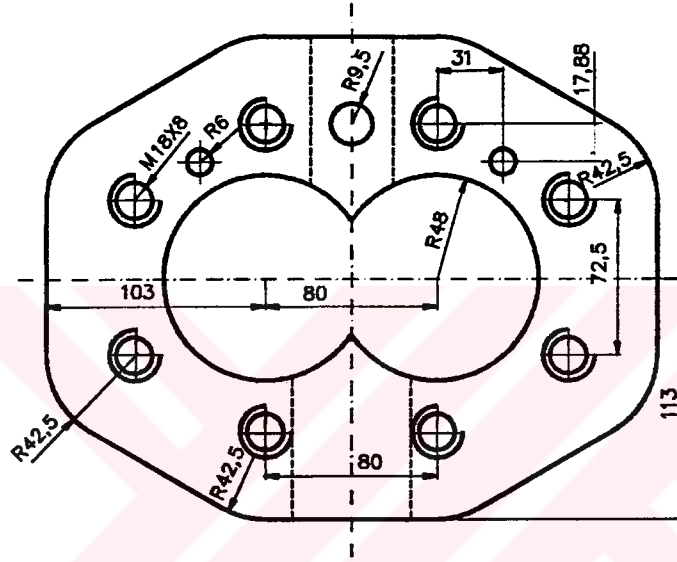
(1. Gövde 2. Ön kapak 3. Arka kapak 4. yatak 5. Üst kapak 6. Alt kapak)

Şekil 3.23. İmal edilen dişli pompa, komple ve detay parçaları.

Dişli pompalar belli bir süre çalıştıktan sonra, göbek iç yüzeyinde bulunan ve zarf adı verilen kısımları aşınmaktadır ve bu yüzden de atılmaktadırlar. Bu tip pompaların daha uzun ömürlü ve hatta sürekli kullanılabilmelerine imkan sağlayan yeni tip dişli modelleri düşünüldü. Bu yöntemde dişlileri değiştirilebilen dişliler kullanıldı. Bunun için de, deneysel çalışmalarda yeni bir dişli pompa imal edildi. Bu hidrolik pompanın imal edilmesi için, önce orijinal pompanın boyutları tespit edildi. Düz dişlilerin boyutları, göz önüne alınan dişli pompanın boyutlarına göre hesaplandı.

Boyutlandırma işlemi yapıldıktan sonra, pompanın komple ve detay resimleri çizilerek imalat projesi hazırlandı. Dişli pompaya ait imalat ve detay resimleri EK-10'da, görülebilir. Bu pompanın bütün parçalarına ait CNC imalat programları da yapılarak aşağıda verilmiştir.

3.5.1. Gövde ön yüzünün CNC imalat programı



Şekil 3.24 Dişli pompanın gövde ön yüzünün görünüşü

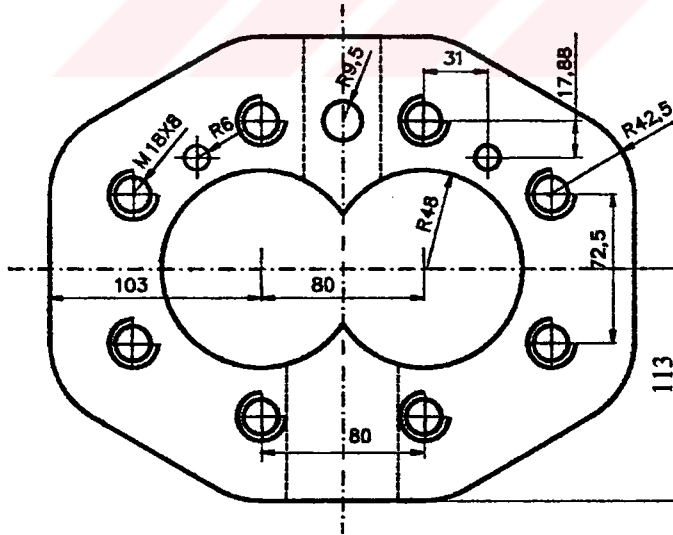
G90 G49;	X40.000 Y72.000;
G40;	X0.000 Y72.000;
T01;	X-40.000 Y72.000;
M03 S1000;	X-71.000 Y54.125;
G43 H01;	X-102.000 Y36.250;
G54 X0Y0Z5;	X-102.000 Y-36.250;
G00 X75.5Y0;	X-40.000 Y-72.000;
G99 G82 X75.5 Y0 Z-5 R3 F100;	G98 G82 X 40.000 Y-72.000;
X102.000 Y-36.250;	G54 X0 Y0Z5;
X102 Y36.25;	M05;
X71.000 Y54.125;	M06 T02;

G49;	X-40.000 Y72.000;
G43 H02;	X-102.000 Y36.250;
M03 S1000;	X-102.000 Y-36.250;
G54 X0Y0Z5;	X-40.000 Y-72.000;
G00 X75.5 Y0;	G98 G81 X 40. Y-72.000;
G01 Z-70 F40;	G54 X0. Y0. Z5.;
G01 Z5;	M05;
G99G81X102 Y-36.25 Z-25 R3 F100;	M06 T04;
X102.000 Y36.250;	G49;
X71.000 Y54.125;	G41 Q4;
X40.000 Y72.000;	G54 X0. Y0. Z5.;
X0.000 Y72.000;	G00 X88. Y0.;
X-40.000 Y72.000;	G01 Z-30. F100;
X-71.000 Y54.125;	M98 N10;
X-102.000 Y36.250;	G00 X88. Y0.;
X-102.000 Y-36.250;	G01 Z-60.;
X-40.000 Y-72.000;	M98 N10.;
G98 G81 X40. Y-72.000;	G00 X88. Y0.;
G54 X0Y0Z5;	G01 Z-90.;
M05 ;	M98 N10;
M06 T03;	G01 Z10.;
G49;	G40;
G43 H03;	G54 X0. Y0. Z5.;
M03 S800;	G42 Q4;
G54 X0Y0Z5;	M30;
G00 X75.5 Y0;	// "ÇEVRE".
G01 Z-70 F40;	G00 X143. Y0.;
G01 Z5;	G01 Z-30.;
G99G81X102 Y-36.25 Z-25 R3 F100;	M98 N20;
X102.000 Y36.250;	G01 Z-60.;
X40.000 Y72.000;	M98 N20;
X0.000 Y72.000;	G01 Z- 90.;

G00 X75.5 Y0.;	G54 X0. Y0. Z5;
G99 G82 X75.5 Y0. Z-5. R3. F100;	M05 ;
X102.000 Y-36.250;	M06 T03;
X102 Y36.25;	G49;
X40.000 Y72.000;	G43 H03;
X0.000 Y72.000;	M03 S800;
X-40.000 Y72.000;	G54 X0.Y0. Z5.
X-102.000 Y36.250;	G00 X75.5 Y0.;
X-102.000 Y-36.2500;	G01 Z-70 F40;
X-40.0000 Y-72.000;	G01 Z5.;
G98 G82 X40.000 Y-72.000;	G99 G81X102. Y-36.25 Z-25. R3 F100;
G54 X0. Y0. Z5.;	X102.000 Y36.250;
M05;	X40.000 Y72.000;
M06 T02;	X0.000 Y72.000;
G49;	X-40.000 Y72.000;
G43 H02;	X-102.000 Y36.250;
M03 S1000;	X-102.000 Y-36.250;
G54 X0.Y0. Z5.;	X-40.000 Y-72.000;
G00 X75.5 Y0.;	G98 G81 X40. Y-72.000;
G01 Z-70. F40;	G54 X0. Y0. Z5.;
G01 Z5.;	M05;
G99G81X102 Y-36.25 Z-25 R3 F100;	M06 T04;
X102.000 Y36.250;	G49;
X71.000 Y54.125;	G41 Q4;
X40.000 Y72.000;	G54 X0. Y0. Z5.;
X0.000 Y72.000;	G00 X88. Y0.;
X-40.000 Y72.000;	G01 Z-30. F100;
X-71.000 Y54.125;	M98 N10;
X-102.000 Y36.250;	G00 X88. Y0.;
X-102.000 Y-36.250;	G01 Z-60.;
X-40.000 Y-72.000;	M98 N10;
G98 G81 X40. Y-72.000;	G00 X88. Y0.;

M98 N20;	G01 X-60.828 Y-107.317 ;
G01 Z10.;	G03 X-39.598 Y-113.000 R42,5;
G28;	G01 X44.918 Y-112.665 ;
//G54 X0. Y0. Z10.	G03 X60.828 Y-107.317 R 42,5;
M30;	G01 X121.729 Y-72.201 ;
N20 G01 X143. Y35.383 F100;	G03 X143.000 Y-35.383 R42,5;
G03 X121.729 Y72.201 R42,5;	G01 X143.000 Y35.383;
G01 X60.828 Y107.317 ;	M99;
G03X44.918 Y112.665 R42,5;	N10 G03 X0. Y26.533 R48. F100;
G01X-39.598 Y113.000 ;	G03 X-88. Y0 R48.;
G03 X-60.828 Y107.317 R42,5;	G03 X0. Y-26.533 R48.;
G01 X-121.729 Y72.201 ;	G03 X88. Y0. R48.;
G03 X-143.000 Y35.383 R42,5;	G00 Z10.;
G01 X-143.000 Y-35.383 ;	//G54 X0. Y0. Z5.;
G03 X-121.729 Y-72.201 R42,5;	M99;

3.5.2. Gövde arka yüzeyinin CNC imalat programı



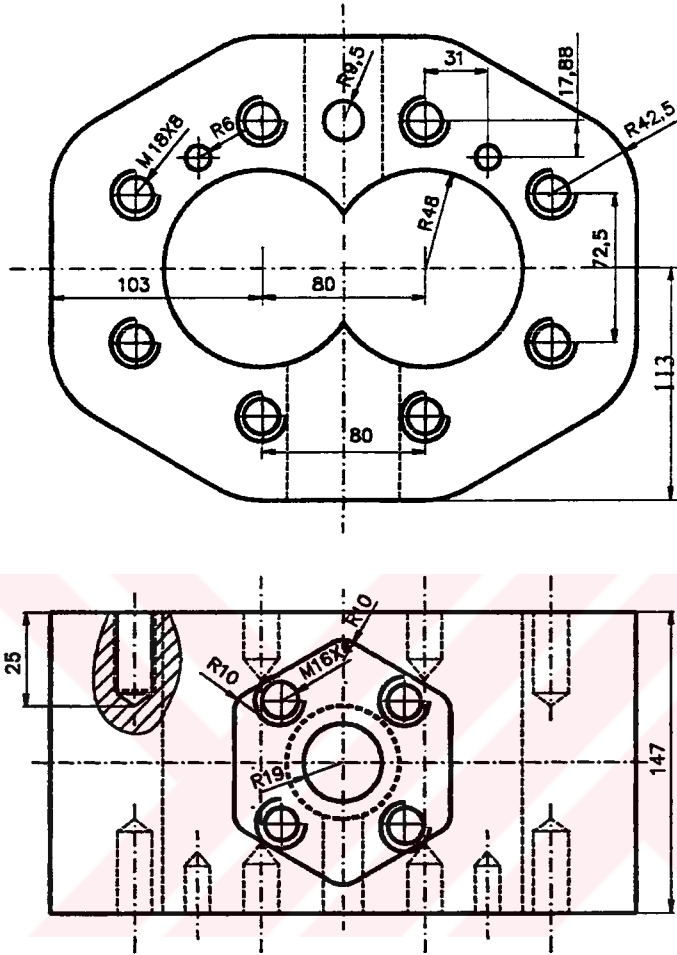
Şekil 3.25 Dişli pompanın gövde arka yüzeyinin görünüşü

G49;	M03 S1000;
G40;	G43 H01 ;
T01;	G54 X0. Y0. Z5;

G01 Z10;
 G40;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 G42 Q4;
 M30;
 // "ÇEVRE".
 G00 X143. Y0.;
 G01 Z-30.;
 M98 N20;
 G01 Z-60.;
 M98 N20;
 G01 Z- 90.;
 M98 N20;
 G01 Z10.;
 G54 X0. Y0. Z10.;
 M30;
 N20 G01 X143. Y35.383 F100;
 G03 X121.729 Y72.201 R42.5;
 G01 X60.828 Y107.317 ;
 G03X44.918 Y112.665 R42.5;
 G01X-39.598 Y113.000 ;
 G03 X-60.828 Y107.317 R42,5;
 G01 X-121.729 Y72.201 ;
 G03 X-143.000 Y35.383 R42,5;
 G01 X-143.000 Y-35.383 ;
 G03 X-121.729 Y-72.201 R42,5;
 G01 X-60.828 Y-107.317;
 G03 X-39.598 Y-113.000 R42,5;
 G01 X44.918 Y-112.665;
 G03 X60.828 Y-107.317 R 42.5;
 G01 X121.729 Y-72.201 ;
 G03 X143.000 Y-35.383 R42.5;

G01 X143.000 Y35.383;
 M99;
 N10 G03 X0. Y26.533 R48 F100;
 G03 X-88. Y0. R48;
 G03 X0.Y-26.533 R48;
 G03 X88. Y0. R48;
 G00 Z10.;
 G54 X0. Y0. Z5. ;
 M99;

3.5.3. Gvde st sağ yan yüzeyinin CNC imalat programı



Şekil 3.26 Dişli pompanın gvde st yüzeyinin sağ yandan görünüşü

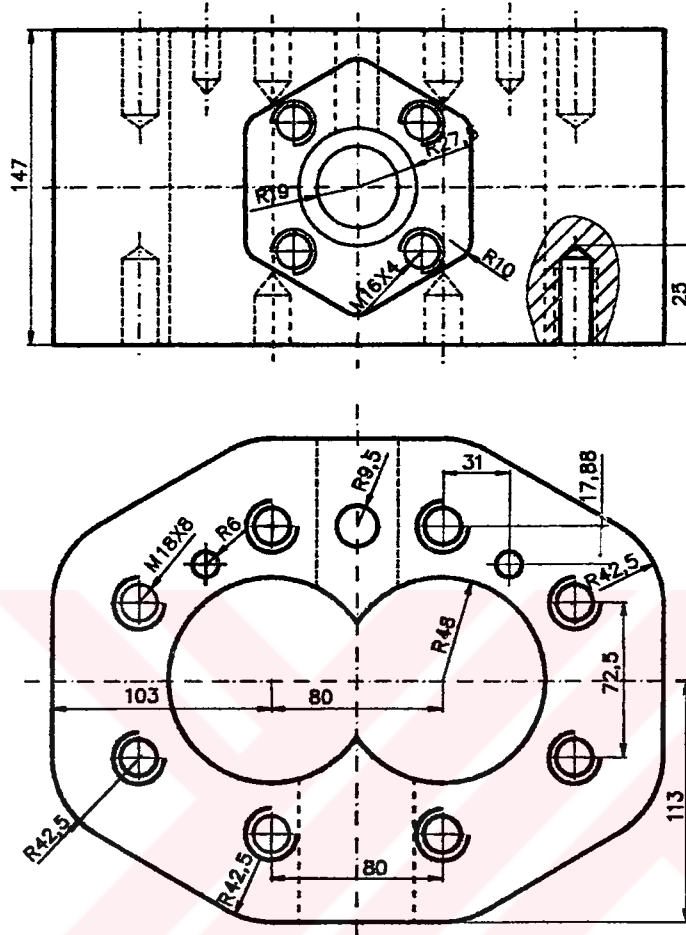
G90;	X-30. Y30.;
G40 ;	G98 G82 X-30. Y-30.;
G49;	G54 X0.Y0. Z5.;
T01;	M05;
G43 H01;	M06 T02;
M03 S1200;	G49;
G54 X0. Y0. Z5.;	G43 H02;
G99 G82 X0. Y0. Z-3. R3. F100;	M03 S1000;
X30. Y-30.;	G54 X0. Y0. Z5.;
X30.Y30.;	G99 G81 X0. Y0. Z-70. R3. F100;


```

X30.Y-30. Z-20.;
X30. Y30.;
X-30. Y30.;
G98 G81 X-30. Y-30. ;
G54 X0. Y0. Z5.;
M05;
M06 T03;
G49;
M03 S800;
G54 X0. Y0. Z5.
G00 X3.25 Y0.;
G01 Z-30. F100;
M98 N10;
G01 Z-60.;
M98 N10,
G01 Z10.
// "ALT1GEN".
G42 Q12.5;
G54 X0. Y0. Z5.;
G00 X100. Y0.;
G01 X53.025 Y0.000 G01 Z-3.;
G01 X 53.025Y24.840;
G03 X48.025 Y33.500 R10;
G01 X 5.000 Y58.341;
G03 X-5.000 Y58.341 R10;
G01 X-48.025 Y33.500;
G03 X-53.025 Y24.840 R10;
G01 X-53.025 Y-24.840;
G03 X-48.025 Y-33.500 R10;
G01 X-5.000 Y-58.341;
G03 X5.000 Y-58.341 R10;
G01 X48.025 Y-33.500;
G03 X53.025 Y-24.840 R10;
G01 X53.025 Y20.000 ;
G00 Z10.;
M30;
N10 G01 X6.5 Y0;
G03 X-6.5 Y0. R6.5;
G03 X6.5 Y0. R6.5;
M99;

```

3.5.4. Gövde üst yüzeyinin sol yan yüzeyinin CNC imalat programı

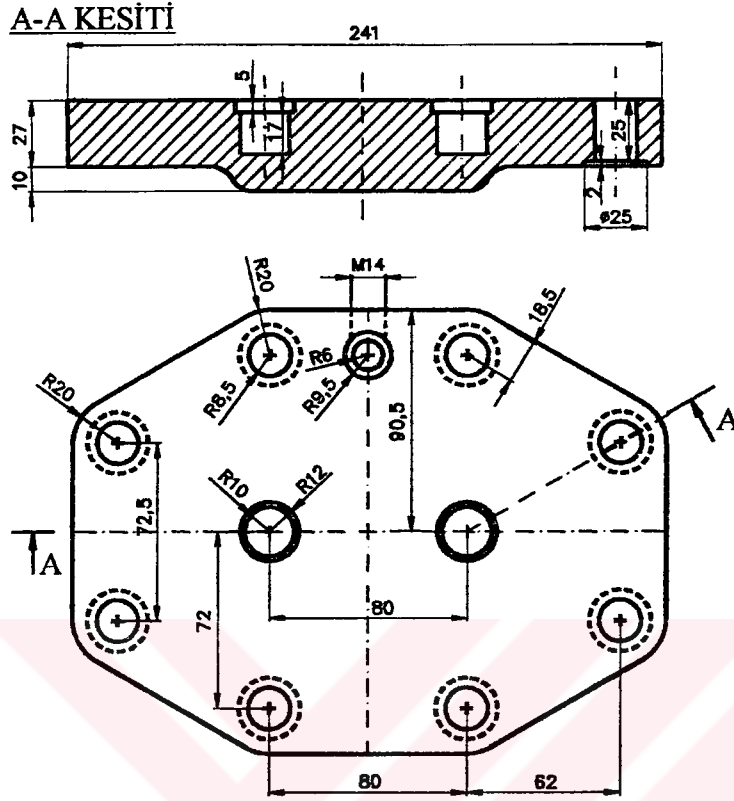


Şekil 3.27 Dişli pompanın gövde üst yüzeyinin sol yandan görünüşü

G40 ;	G98 G82 X -30. Y-30.;
G49;	G54 X0. Y0. Z5.;
T01;	M05;
G43 H01;	M06 T02;
M03 S1200;	G49;
G54 X0. Y0. Z5.;	G43 H02;
G99 G82 X0. Y0. Z-3. R3. F100;	M03 S1000;
X30. Y-30.;	G54 X0. Y0. Z5.;
X30. Y30.;	G99 G81 X0.Y0Z-70. R3. F100;
X-30. Y30.;	X30.Y-30. Z-20.;

X30.Y30.;
 X-30.Y30.;
 G98 G81 X-30. Y-30. ;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 M05;
 M06 T03;
 G49;
 M03 S800;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 G00 X3.25 Y0.;
 G01 Z-30. F100;
 M98 N10;
 G01 Z-60.;
 M98 N10;
 G01 Z10.;
 //"ALTıGEN".
 G42 Q12.5;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 G00 X100. Y0.;
 G01 X53.025 Y0.000;
 G01 Z-3.;
 G01 X53.025 Y24.840;
 G03 X48.025 Y33.500 R10;
 G01 X 5.000 Y58.341;
 G03 X-5.000 Y58.341 R10;
 G01 X-48.025 Y33.500;
 G03 X-53.025 Y24.840 R10;
 G01 X-53.025 Y-24.840
 G03 X-48.025 Y-33.500 R10;
 G01 X-5.000 Y-58.341;
 G03 X5.000 Y-58.341 R10;
 G01 X48.025 Y-33.500;
 G03 X53.025 Y-24.840 R10;
 G01 X53.025 Y20.000;
 G00 Z10.;
 M30;
 N10 G01 X15. Y0.;
 G03 X-15. Y0. R15;
 G03 X15. Y0. R15;
 M99;

3.5.5. Ön kapak CNC imalat programı



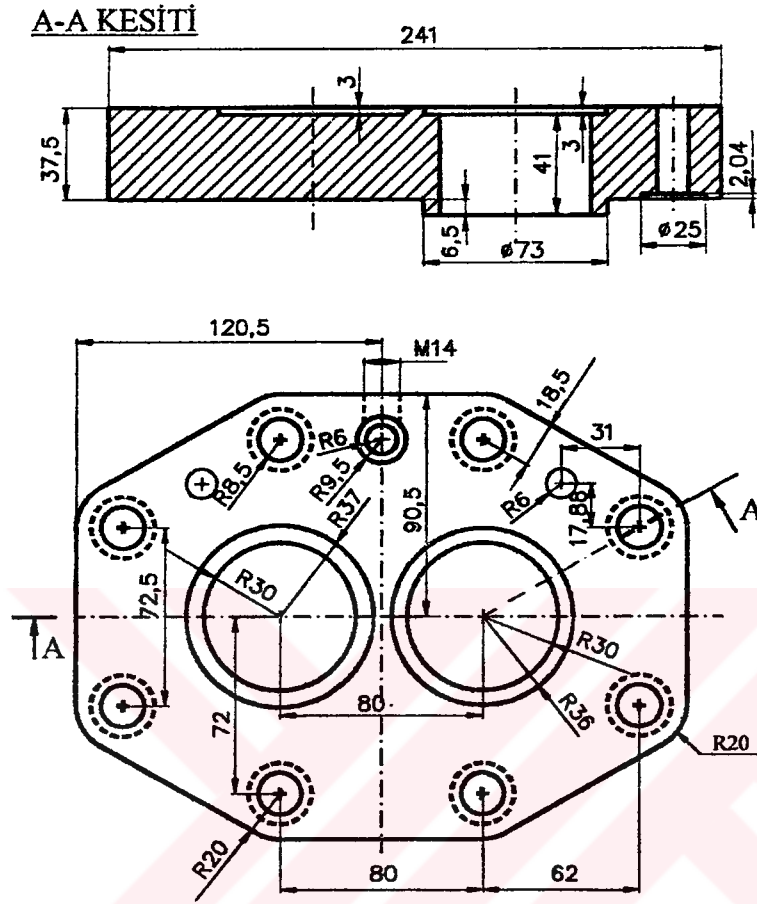
Şekil 3.28 Dişli pompanın ön kapak yüzeyinin görünüşü

G49 G40 T01;	G54 X0Y0Z5;
M03 S1000;	M05;
G43 H01;	M06 T02;
G54 X0.Y0. Z5;	G49;
G99 G82X102 Y-36.25 Z-5 R3. F50;	G43 H02;
Y36.25;	M03 S1000;
X40.000 Y72.000;	G54 X0. Y0. Z5.;
X0.000 Y72.000;	G99 G81 X102 Y-36.25 Z-25 R3 F100;
X-40.000 Y72.000;	X102.000 Y36.250 ;
X-102.000 Y36.250;	X40.000 Y72.000;
X-102.000 Y-36.250;	X0.000 Y72.000 Z-15.;
X-40.000 Y-72.000;	X-40.000 Y72.000 Z-25.;
G98 G82 X 40.000 Y-72.000;	X-102.000 Y36.250;

X-102.000 Y-36.250;
 X-40.000 Y-72.000;
 G98 G81 X40. Y-72.000;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 M05 ;
 M06 T03;
 G49;
 G43 H03;
 M03 S800;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 G99G81X102.Y-36.25 Z-25 R3 F100;
 X102.000 Y36.250;
 X40.000 Y72.000;
 X0.000 Y72.000 Z-15.;
 X-40.000 Y72.000 Z-25.;
 X-102.000 Y36.250;
 X-102.000 Y-36.250;
 X-40.000 Y-72.000;
 G98 G81 X 40. Y-72.000;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 M05;
 M06 T04,
 G49;
 G54 X0. Y0. Z5. ;
 G00 X88. Y0.;
 G42 Q12.5;
 // "ÇEVRE".
 G00 X153. Y0.;
 G01 Z-10.;
 M98 N20;
 G01 Z-20.;
 M98 N20;

G01 Z10.;
 G54 X0. Y0. Z10.;
 M30;
 N20 G01 X143. Y35.383 F100;
 G03 X121.729 Y72.201 R42.5;
 G01 X60.828 Y107.317;
 G03 X44.918 Y112.665 R42.5;
 G01X-39.598 Y113.000;
 G03 X-60.828 Y107.317 R42,5;
 G01 X-121.729 Y72.201 ;
 G03 X-143.000 Y35.383 R42,5;
 G01 X-143.000 Y-35.383 ;
 G03 X-121.729 Y-72.201 R42,5,
 G01 X-60.828 Y-107.317 ;
 G03 X-39.598 Y-113.000 R42,5;
 G01 X44.918 Y-112.665 ;
 G03 X60.828 Y-107.317 R 42.5;
 G01 X121.729 Y-72.201 ;
 G03 X143.000 Y-35.383 R42.5;
 G01 X143.000 Y35.383;
 M99;

3.5.6. Arka kapak CNC imalat programı



Şekil 3.29 Dişli pompanın arka kapak yüzeyinin görünüşü

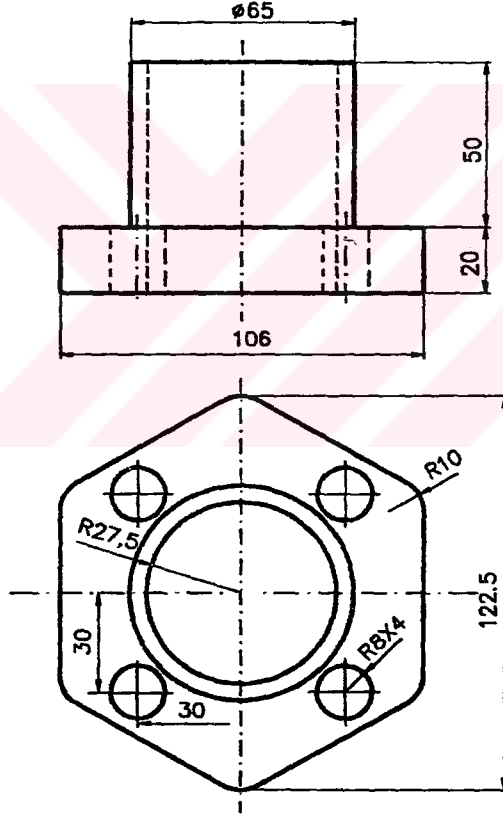
G49;	X0.000 Y72.000;
G40;	X-40.000 Y72.000;
T01;	X-71.000 Y54.125;
M03 S1000;	X-102.000 Y36.250;
G43 H01;	X-102.000 Y-36.250;
G54 X0. Y0. Z5.,	X-40.000 Y-72.000;
G00 X40. Y0. ;	G98 G82 X40.000 Y-72.000;
G99 G82 X40. Y0. Z-5. R3. F100;	G54 X0. Y0. Z5.;
X102.000 Y-36.250;	M05;
Y36.250;	M06 T02;
X71.000 Y54.125;	G49;
X40. Y72.;	G43 H02;

M03 S1000;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 G99 G81 X40. Y0. Z-25. R3 F50;
 X102. Y-36.25;
 X102.000 Y36.250;
 X71.000 Y54.125 Z-15.;
 X40.000 Y72.000 Z-25.;
 X0.000 Y72.000 Z-15.;
 X-40.000 Y72.000. Z-25.;
 X-71.000 Y54.125 Z-15.;
 X-102.000 Y36.250 Z-25.;
 X-102.000 Y-36.250;
 X-40.000 Y-72.000,
 G98 G81 X40. Y-72.000;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 M05 ;
 M06 T03;
 G49;
 G43 H03;
 M03 S800;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 G99G81X102.Y-36.25 Z-25. R3 F100;
 X102.000 Y36.250;
 X40.000 Y72.000;
 X0.000 Y72.000 Z-15.;
 X-40.000 Y72.000 Z-25.;
 X-102.000 Y36.250 ;
 X-102.000 Y-36.250;
 X-40.000 Y-72.000;
 G98 G81 X 40. Y-72.000;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 M05;

M06 T04;
 F100;
 G49;
 G42 Q12.5;
 G54 X40.Y0. Z5.;
 G01 Z-3.;
 G01 X76.Y0.;
 G02 X4. Y0. R36.;
 G02 X76. Y0. R36.;
 G02 X4. Y0. R36.;
 G01 X50.;
 G01 Z-20.;
 G02 X10. Y0. R30.;
 G02 X70. Y0. R30.;
 G02 X10. Y0. R30.;
 G02 X70. Y0. R30.;
 G01 Z10.;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 M30;
 // "ÇEVRE".
 G00 X143. Y0.;
 G01 Z-7.;
 M98 N20;
 G01 Z-14.;
 M98 N20;
 G01 Z-21.;
 M98 N20;
 G01 Z10.;
 G54 X0. Y0. Z10.;
 M30;
 N20 G01 X143. Y35.383 F100;
 G03 X121.729 Y72.201 R42.5;

G01 X60.828 Y107.317 ;	G01 X-60.828 Y-107.317;
G03 X44.918 Y112.665 R42.5;	G03 X-39.598 Y-113.000 R42,5;
G01 X-39.598 Y113.000;	G01 X44.918 Y-112.665 ;
G03 X-60.828 Y107.317 R42,5;	G03 X60.828 Y-107.317 R 42.5;
G01 X-121.729 Y72.201;	G01 X121.729 Y-72.201 ;
G03 X-143.000 Y35.383 R42,5;	G03 X143.000 Y-35.383 R42.5;
G01 X-143.000 Y-35.383 ;	G01 X143.000 Y35.383;
G03 X-121.729 Y-72.201 R42,5;	M99;

3.5.7. Alt kapakın CNC imalat programı



Şekil 3.30 Dişli pompanın alt kapak yüzeyinin görünüşü

G40 G49 T01;	G99 G82 X0. Y0. Z-3. R3. F500;
G43 H01;	X30. Y-30.;
M03 S1200;	X30.Y30.;
G54 X0. Y0. Z5.;	X-30.Y30.;

G98 G82 X-30. Y-30.;	G01 Z-20.;
G54 X0. Y0. Z5.;	M98 N40;
M05;	G01 Z-30.;
M06 T03;	M98 N40;
G49;	G01 Z-40.;
G43 H02,	M98 N40;
M03 S1000,	G01 Z-50.;
G54 X0. Y0. Z5.;	M98 N40;
G99 G81 X0. Y0. Z-75. R3. F500;	G00 Z10.;
X30. Y-30. Z-75.;	G42 Q12.5;
X30. Y30.;	G00 X100.;
X-30. Y30.;	G01 Z-70.;
G98 G81 X-30. Y-30. ;	G01 X53.025 Y0.000 ;
G54 X0. Y0. Z5.;	G01 X 53.025 Y24.840;
M05;	G03 X48.025 Y33.500 R10;
M06 T04,	G01 X 5.000 Y58.341;
G49;	G03 X-5.000 Y58.341 R10;
M03 S800,	G01 X-48.025 Y33.500;
G54 X0. Y0. Z5.;	G03 X-53.025 Y24.840 R10;
G00 X15. Y0.;	G01 X-53.025 Y-24.840;
G01 Z-30. F500;	G03 X-48.025 Y-33.500 R10;
M98 N10;	G01 X-5.000 Y-58.341;
G01 Z-50.;	G03 X5.000 Y-58.341 R10;
M98 N10;	G01 X48.025 Y-33.500;
G01 Z-70.;	G03 X53.025 Y-24.840 R10;
M98 N10;	G01 X53.025 Y20.000;
G01 Z10.;	G00 Z10.;
/"ALTIGEN".	M30;
G54 X0. Y0. Z5.;	N10 G01 X15. Y0.;
G00 X60. Y0.;	G03 X-15. Y0. R15;
G01 Z-10.	G03 X15. Y0. R15;
M98N40	M99 ;

N40 G03 X-60. Y0. R60.;

G03 X60. Y0. R60.;

G01 X45. Y0.;

G03 X-45. Y0. R45.;

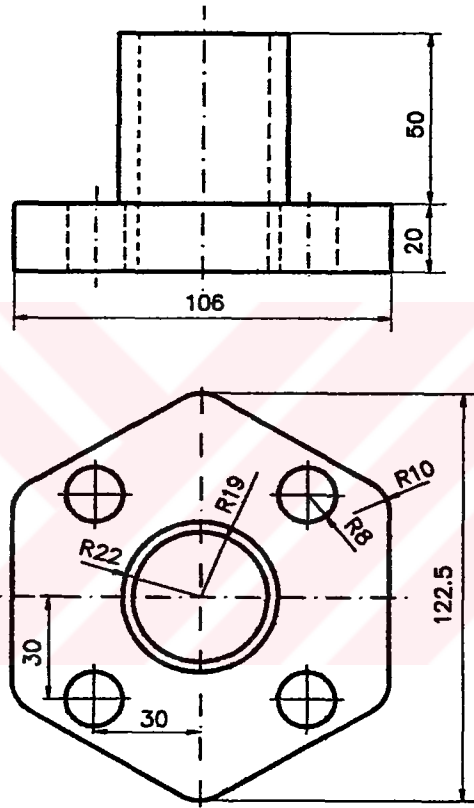
G03 X45. Y0. R45.;

//G03 X-45. Y0. R45.;

G01 X60.;

M99;

3.5.8. Üst kapağın CNC imalat programı



Şekil 3.31 Dişli pompanın üst kapak yüzeyinin görünüşü

G40 G49 T01;

G43 H01;

M03 S1200;

G54 X0. Y0. Z5.;

G99 G82 X0. Y0. Z-3. R3. F500;

X30. Y-30.;

X30. Y30.;

X-30. Y30.;

G98 G82 X-30. Y-30.;

G54 X0. Y0. Z5.;

M05;

M06 T03;

G49;

G43 H02;

M03 S1000;

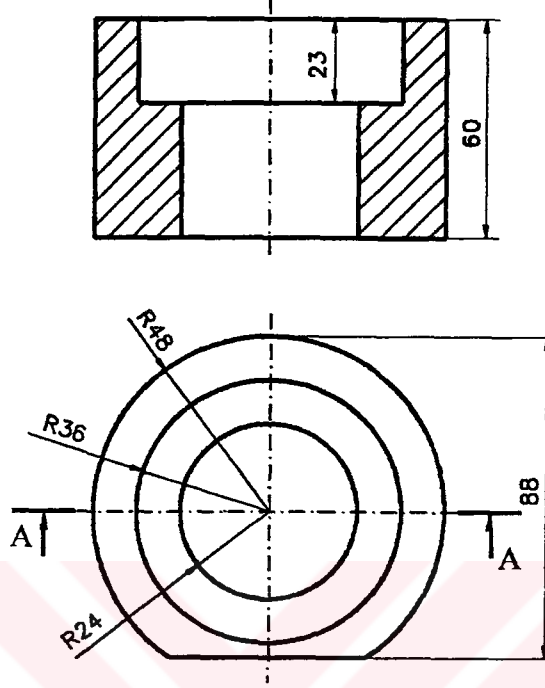
G54 X0.Y0. Z5.

G99 G81 X0. Y0. Z-70. R3. F500;
 X30. Y-30. Z-20.;
 X30. Y30.;
 X-30. Y30.;
 G98 G81 X-30. Y-30. ;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 M05;
 M06 T04;
 G49;
 M03 S800;
 G54 X0. Y0. Z5.;
 G00 X6.5 Y0.;
 G01 Z-30. F500;
 M98 N10;
 G01 Z-50.;
 M98 N10;
 G01 Z-70.;
 M98 N10;
 G01 Z10.;
 //"ALTIGEN".
 G54 X0. Y0. Z5.;
 G00 X59. Y0.;
 G01 Z-10.;
 M98 N40;
 G01 Z-20.;
 M98 N40;
 G01 Z-30.;
 M98 N40;
 G01 Z-40.;
 M98 N40;
 G01 Z-50.;
 M98 N40;

G00 Z10.;
 G42 Q12.5;
 G00 X100.;
 G01 Z-70.;
 G01 X53.025 Y0.000 ;
 G01 X 53.025 Y24.840;
 G03 X48.025 Y33.500 R10;
 G01 X 5.000 Y58.341;
 G03 X-5.000 Y58.341 R10;
 G01 X-48.025 Y33.500;
 G03 X-53.025 Y24.840 R10;
 G01 X-53.025 Y-24.840;
 G03 X-48.025 Y-33.500 R10;
 G01 X-5.000 Y-58.341;
 G03 X5.000 Y-58.341 R10;
 G01 X48.025 Y-33.500;
 G03 X53.025 Y-24.840 R10;
 G01 X53.025 Y20.000;
 G00 Z10.;
 M30;
 N10 G01 X6.5 Y0.;
 G03 X-6.5 Y0.R6.5;
 G03 X6.5 Y0. R6.5;
 M99 ;
 N40 G03 X-59. Y0. R59.;
 G03 X59. Y0. R59.;
 G01 X34.5 Y0.;
 G03 X-34.5 Y0. R34.5;
 G03 X34.5 Y0. R34.5;
 //G03 X-34.5 Y0. R34.5;
 G01 X59.;
 M99;

3.5.9. Pompa rulman yatağının CNC imalat programı

A-A KESİTİ



Şekil 3.32 Dişli pompa rulman yatağının görünüşü

T01;	M06 T04;
M03 S1200;	G49;
G49;	G54 X0. Y0. Z5.;
G43 H01;	G01 Z-10. F500;
G54 X0. Y0. Z5.;	M98 N10;
G98 G82 X0. Y0. Z-3. R3 F500;	G01 Z-23.;
M05;	M98 N10;
M06 T02;	G01 X11.5 Y0.;
M03 S1000;	G01 Z-40.;
G49;	M98 N20;
G43 H02;	G01 Z-62.;
G54 X0. Y0. Z5. R3 F500	M98 N20;
G98 X0. Y0. Z-65. R3 F500;	G00 Z10.;
M05;	G00 X60.5;

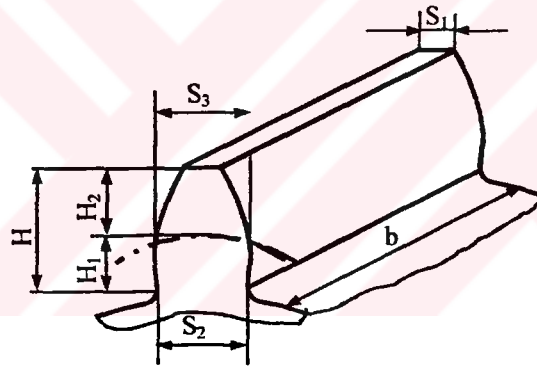
G01 Z-20.;	M99;
M98 N30;	N20 G02 X-11.5 R11.5;
G01 Z-40.;	G02 X11.5 R11.5;
M98 N30;	M99;
G01 Z-62.;	N30 G03 X-60.5 R60.5;
M98 N30;	G03 X-39.03 Y-52.5 R60.5;
G00 Z10.;	G01 X39.03;
M30I	G03 X60.5 Y0. R60.5;
N10 G02 X-23.5 Y0. R23.5;	M99;
G02 X23.5 R23.5;	



4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI

4.1. İmalatı Yapılan Dişlilerin Kalite Kontrol Ölçüleri

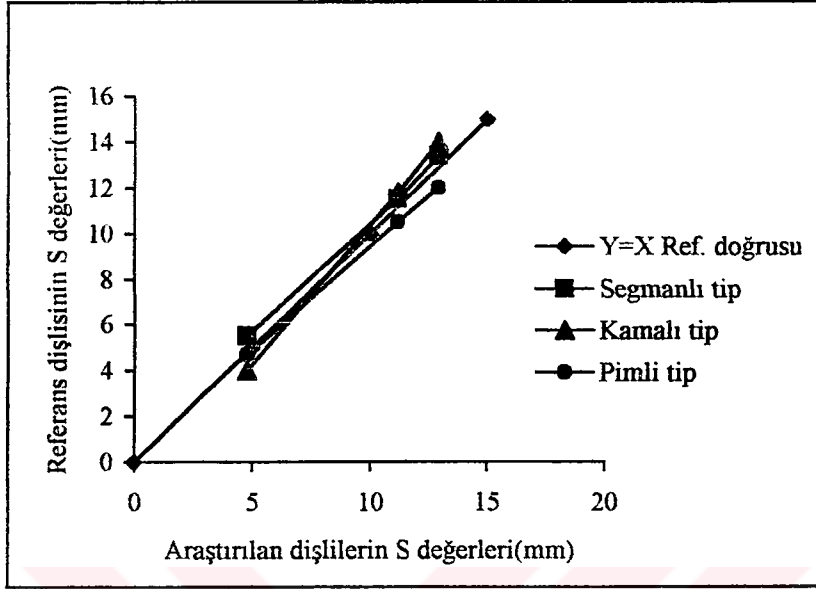
CNC frezede hazırlanan programlara uygun imal edilen dişlilerin montajları yapıldıktan sonra, imalat ölçüleri olan S_1 , S_2 , S_3 , H_1 , H_2 ve H geometrik büyüklükleri ile azdırma tezgahında imal edilen referans dişlinin S_1 , S_2 , S_3 , H_1 , H_2 ve H geometrik büyüklükleri karşılaştırılarak hassasiyet ve doğrulukları kontrol edildi. Ölçme işlemi, Romanya malı NII262-77 marka, hassasiyeti 0,02 mm olan bir modül kumpası ve Mitutoyo marka hassasiyeti 0,001 mm olan dijital bir modül mikrometresi ile yapıldı. İmalatı yapılan dişliler ile azdırma tezgahında imal edilen dişlilere ait imalat ölçüleri Tablo 4.1’de, ölçüler arasındaki değişim grafikleri ise Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’ de verilmiştir.



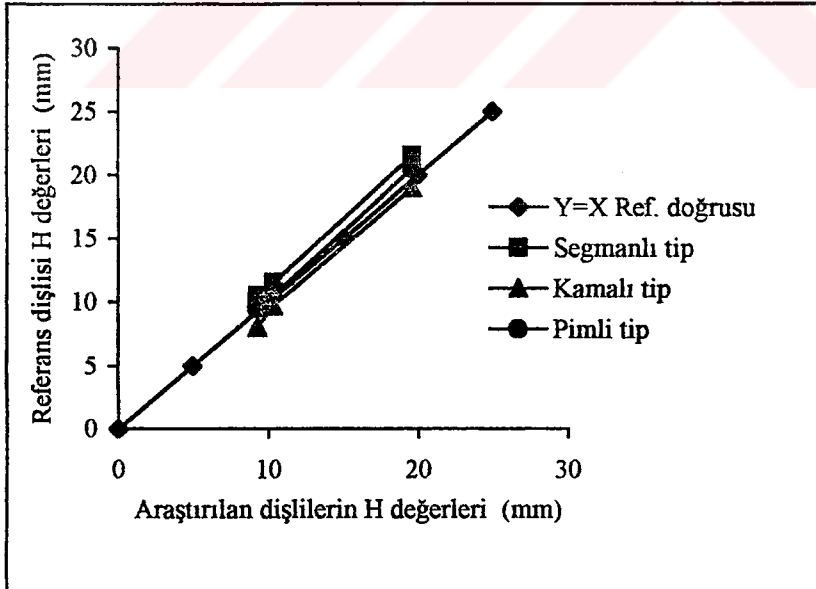
Şekil 4.1 Tek diş üzerinden ölçülen uzunluklar.

Tablo 4.1. Diş ölçülerinin karşılaştırılması.

Diş ölçüleri	Dişli tipi			
	Segmanlı tip	Kamalı tip	Pimli tip	Referans dişli
S_1	4,78	4,76	4,76	4,78
S_2	11,14	11,16	11,14	11,16
S_3	13,10	13,08	13,12	11,10
H_1	7,78	7,82	7,74	7,76
H_2	9,06	9,04	9,08	9,06
H	16,84	16,86	16,82	16,84
b	24	24	24	24



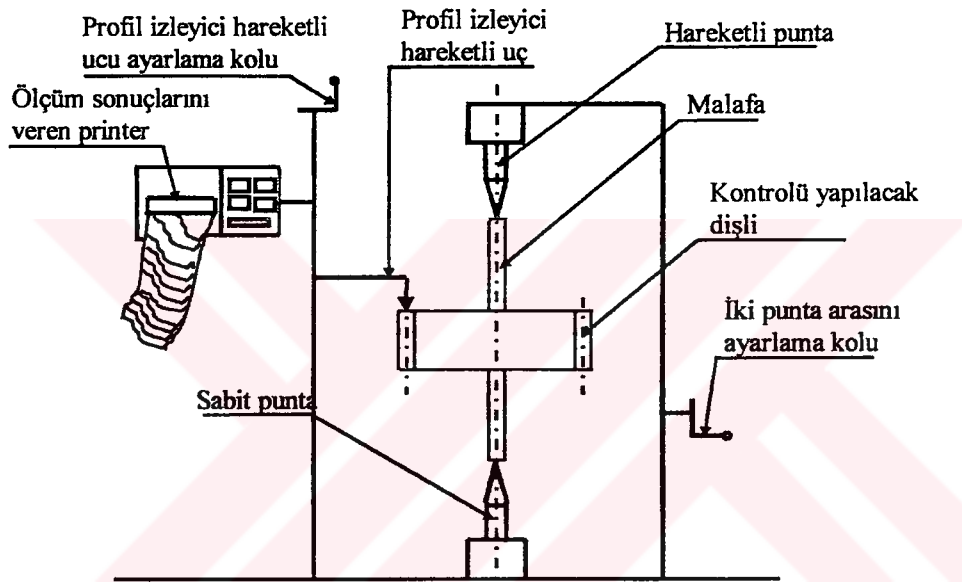
Şekil 4.2 Dişlilerin S değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.3 Dişlilerin H değerlerinin değişimi

4.2. Dişli Evolvent Profili ve Basınç Açısının Kontrolü

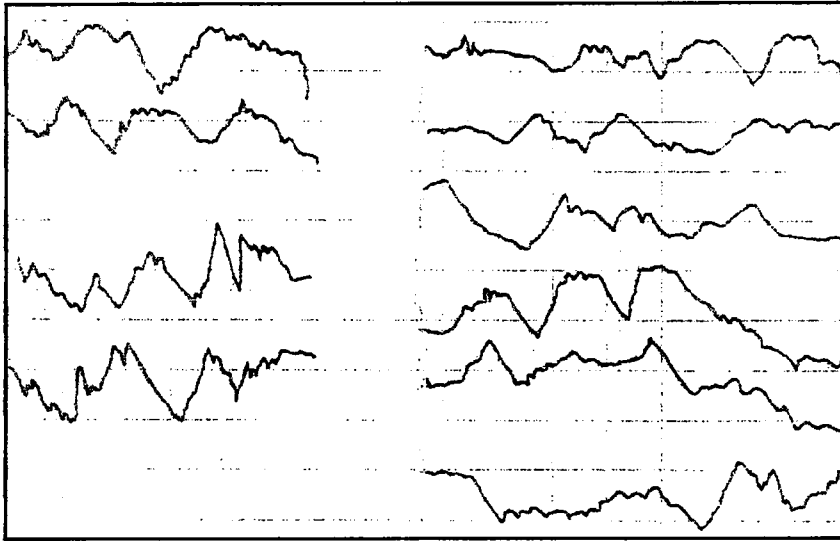
İmal edilen dişlilerin evolvent profilinin ve basınç açısının ($\alpha_c=20^\circ$) kontrolü Şekil 4.4’de görülen, Kayseri TAKSAN A.Ş. nin kalite kontrol laboratuvarında bulunan, SP 60 Maag marka, İşfiçre malı istikamet ve profil kontrol cihazın da (Gear testing machine) yapıldı. SP 60 marka istikamet ve profil kontrol cihazının özellikleri EK-2’de görülebilir.



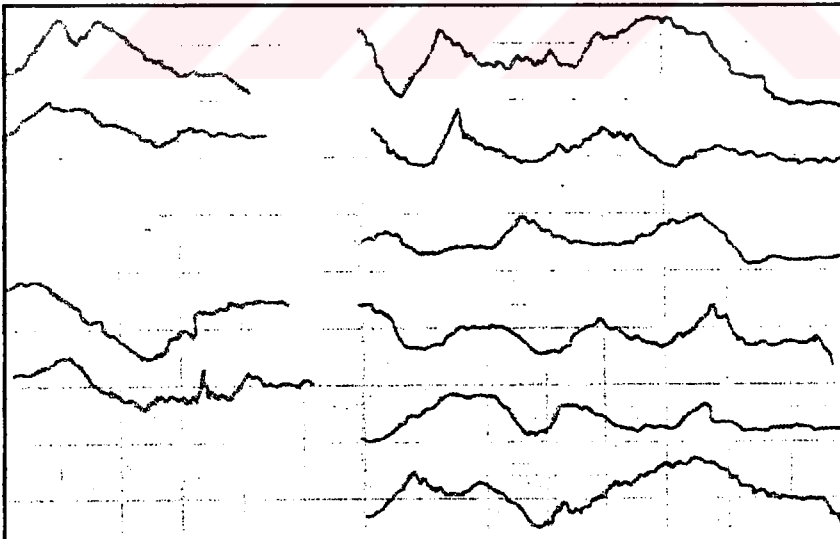
Şekil 4.4 SP 60 istikamet ve profil kontrol cihazının şematik görünüşü

Bu dişlilerin imalat sonucu evolvent profil hataları, dişlinin sağ yan ve sol yan evolvent profillerine ait evolvent profili ve profil açısı hata dağılımlarının sonuç değerleri milimetrik kağıt üzerindeki grafiklerden tespit edildi. Buna göre, tespit edilen bu sapmalara ait maksimum alt ve üst pik noktaları arası değerler profilin hata değerlerini vermektedir. Elde edilen bu sonuçlar Tablo 4.2’de gösterildi.

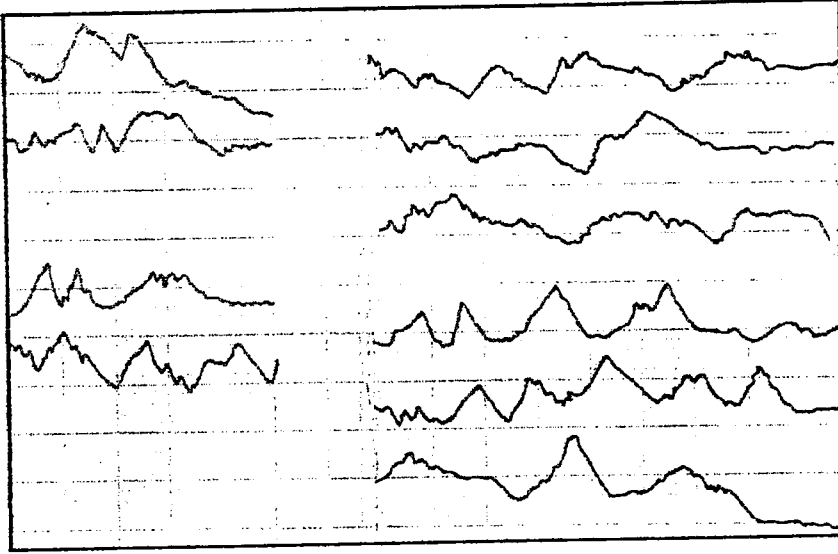
Yapılan dişlilerin diş dibi ve diş üstüne ait sağ yan ve sol yan evolvent profil sonuçlarını gösteren grafikler de Şekil 4.5’de verildi. Bu grafiklerde azdırma tezgahında imal edilen dişli referans alındı ve imalatı yapılan dişlilerin her birinin profilleri bu dişli ile karşılaştırılarak nasıl değiştikleri gösterildi.



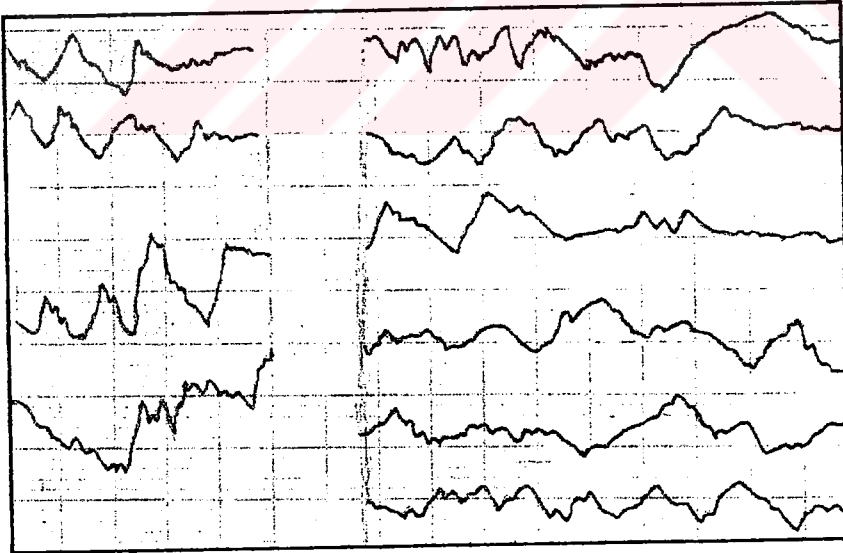
(a)



(b)



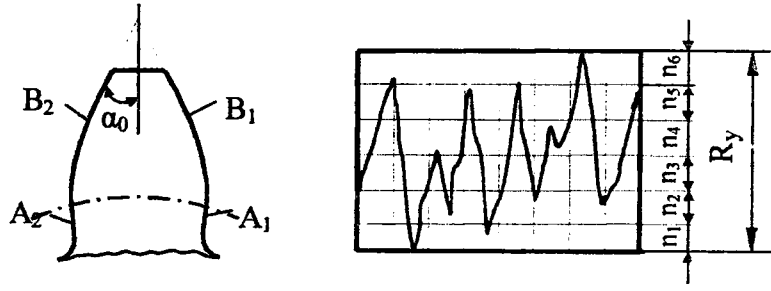
(c)



(d)

Şekil 4.5 Profil kontrol grafikleri

a) Segmanlı, b) Pimli, c) Kamalı, d) Referans dişlisi



Şekil 4.6 Profil kontrol yüzeyleri ve ölçülmesi

Evolvent profili ölçüm hatası (f_f) ve evolvent profili istikamet açısı hatası ($f_{H\alpha}$), ortalama değerleri aşağıdaki formülle hesaplandı. Ancak, burada evolvent profili hatası değerleri, A_1 ve A_2 evolvent profili istikamet açısı değerleri ise grafiklerin B_1 ve B_2 kısımlarının üzerinden alındı (Şekil 4.5).

$$f_f = n_1 + n_2 + \dots; \quad f_{H\alpha} = n_1 + n_2 + \dots; \quad n_1 = 0.2, \quad n_2 = 0.4, \quad n_3 = 0.6$$

Tablo 4.2. Evolvent profili ve istikamet açısı ölçüm değerleri

Dişli model tipleri	Dişli hataları			
	Evolvent profil hatası f_f (μm)		Evolvent profili istikamet açısı hatası $f_{H\alpha}$ (μm)	
	A_1	A_2	B_1	B_2
Segmanlı	8	9	7	7
Pimli	7	6	7	6
Kamalı	6	6	7	6
Referans dişlisi	8	10	6	7

Tablo 4.3. DIN 3962 Normuna göre $M=6-10$ mm arasında olan dişli tolerans kaliteleri

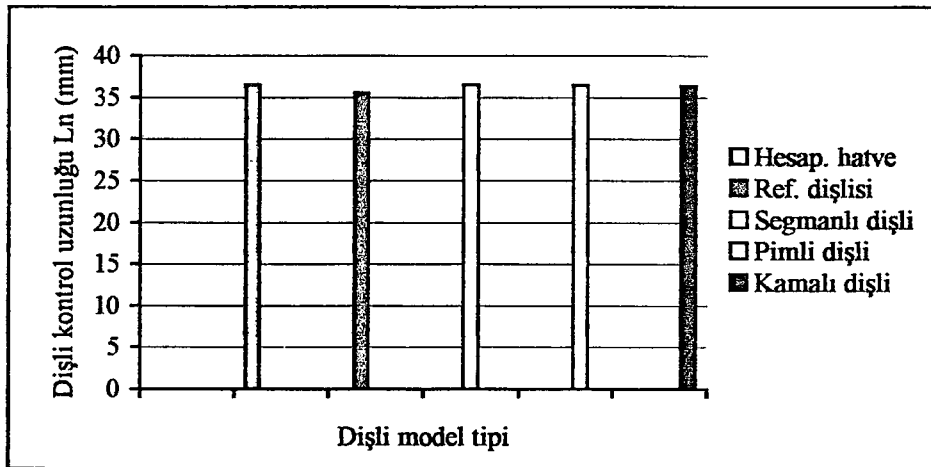
Dişli hata şekilleri	Dişli tolerans kaliteleri (μm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
f_f (μm)	2,5	3,5	5	7	10	14	20	28	40	63	100	160
$f_{H\alpha}$ (μm)	2	2,5	3,5	5	7	9	12	18	25	40	63	100
F_t (μm)	3	4	6	8	12	16	22	32	45	71	110	180

4.3 Dişlinin Kalite Kontrolü ve Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

İmalatı yapılan dişlilerin imalat hassasiyetleri, tek dişin kontrol ölçüleri hassasiyeti 0,02 mm olan ve Kayseri TAKSAN A.Ş. nin kalite kontrol laboratuvarında bulunan Romanya malı NII262-77 marka bir modül kumpası kullanılarak ölçüldü. Bu ölçme işlemi, bölüm dairesi üzerinden diş yüksekliği (h_x) ve diş genişliği (S_x) ölçülerek yapıldı. Dişlinin hatve kontrol uzunluğu ise Mitutoyo marka bir dijital mikrometre kullanılarak; modülü 8 ($M=8$), basınç açısı 20° ($\alpha_0=20^\circ$) ve diş sayısı 10 ($Z=10$) olan bir dişlinin hatve ölçümü alınacak diş sayısı ($n_{1,2}$) denklem 2.25'e göre hesaplandı. Hesaplanan $n_{1,2}$ değerine göre de dişli hatve kontrol uzunluğu olan ($Ln_{1,2}$) denklem 2.24'ye göre hesaplandı ve ölçümü yapılarak tablo haline getirildi (Tablo 4.4). Daha sonra değişim grafikleri çizildi (Şekil 4.7).

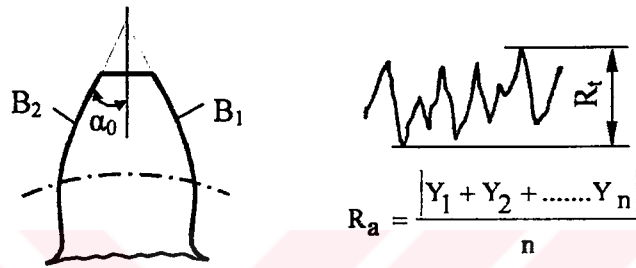
Tablo 4.4. Dişlilerin kalite kontrol ölçüleri.

İmal edilen dişli model şekli	Tek diş (mm)				Hatve(mm)		
	$(S_x)_T$	$(S_x)_\delta$	$(h_x)_T$	$(h_x)_\delta$	$(Ln)_T$	$(Ln)_\delta$	$(n_{1,2})$
Seğmanlı tip	11,096	11,10	9,051	9,06	36,545	36,544	2
Kamalı tip	11,096	11,08	9,051	9,04	36,545	36,547	2
Pimli tip	11,096	11,12	9,051	9,08	36,545	36,546	2
Rreferans tip	11,096	11,10	9,051	9,06	36,545	36,543	2



Şekil 4.7 Dişli modellerinin teorik ve deneysel olarak ölçülen kontrol uzunlukları arasındaki değişim.

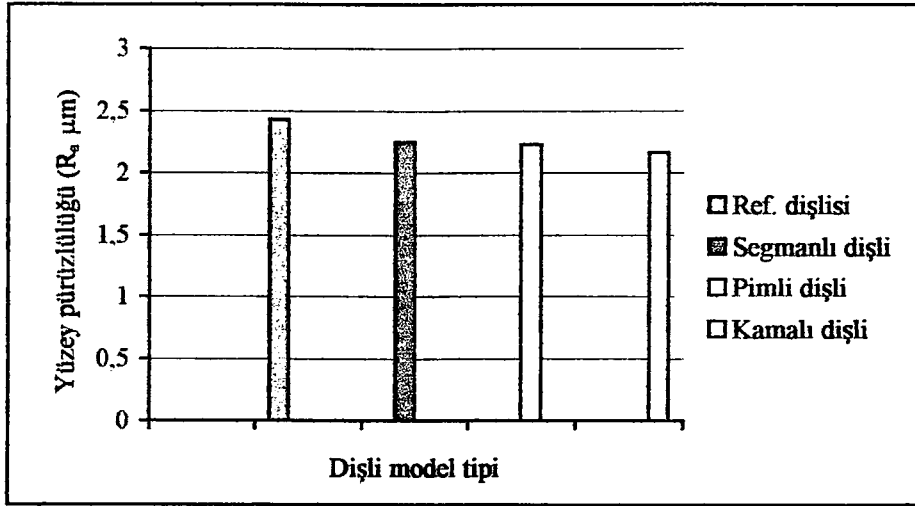
İmal edilen dişlilerin imalat sonucu yüzey pürüzlülük değerleri, dişlinin sağ yan ve sol yan evolvent profillerine ait diş üstü ve diş dibi hata dağılımlarının sonuç değerleri, mili metrik kağıt üzerindeki grafiklerden tespit edildi. Buna göre, tespit edilen bu sapmalara ait maksimum ve minimum alt ve üst pik noktalarının toplam değerleri, pik noktaları sayısına bölünerek ortalama bir profil için yüzey pürüzlülük değeri tespit edildi. Elde edilen bu sonuçlar tablo haline getirildi (Tablo 4.4). Daha sonra da değişim grafikleri çizilerek sonuçlar grafik olarak gösterildi (Şekil 4.9).



Şekil 4.8 Yüzey pürüzlülüğü profil kontrol yüzeyleri

Tablo 4.5. Dişlilerin diş yüzeylerinden ölçülen pürüzlülük değerleri

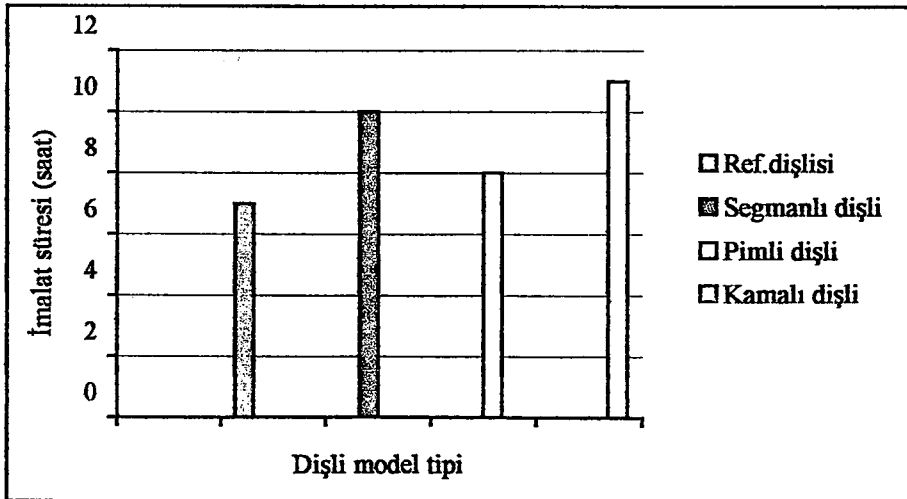
Geliştirilen dişli model şekilleri	Dişli yüzey pürüzlülükleri (µm)							
	B ₁				B ₂			
	R _a	R _t			R _a	R _t		
Segmanlı	2.076	12	16	14	2.040	20	14	18
Pimli	2.126	18	18	18	2.148	18	12	16
Kamalı	2.128	10	16	8	2.140	17	12	18
Referans	2.326	18	14	12	2.302	10	14	8



Şekil 4.9 Dişli modellerinin ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri.

Tablo 4.6. Dişlilerin maliyet süresi.

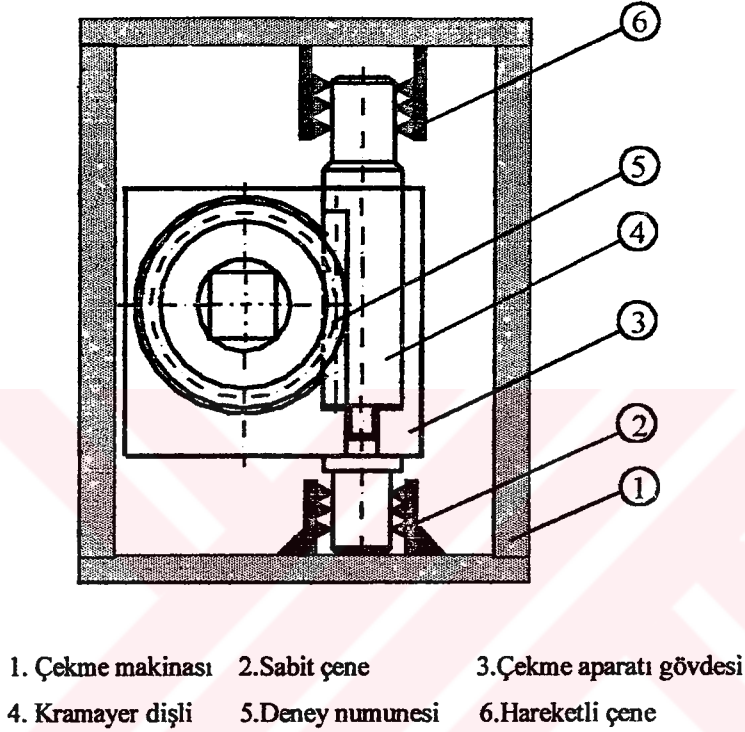
İmal edilen dişli model şekilleri	Dişlilerin maliyet süreleri (Saat)
Segmanlı tip	10
Kamalı tip	11
Pimli tip	8
Referans tip	7



Şekil 4.10 Dişli modelleri ile imalat sürelerinin değişimi (Saat).

4.4. Dişlilerin Mukavemet Kontrollerinin Yapılması

İmalatı yapılan dişlilerin mukavemet kontrolleri için, şekli aşağıda görülen bir çekme aparatı imal edildi. İmal edilen bu aparatın imalat detay resimleri EK-11'de verilmiştir.

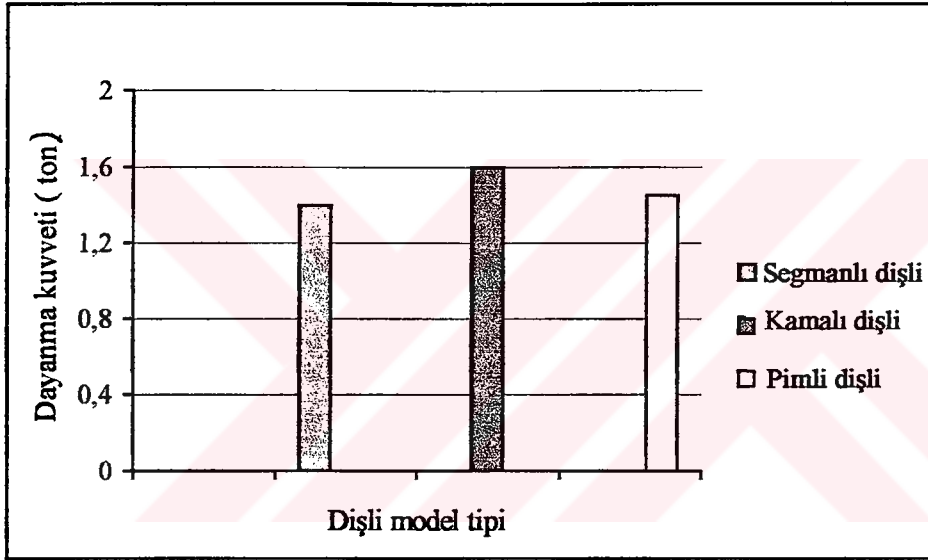


Şekil 4.11 Çekme aparatının görünüşü.

İmal edilen dişlilerin mukavemet kontrolleri Şekil 4.11.'de görülen, çekme aparatında yapıldı. Çekme aparatı, bir gövde ve bir kramayer dişli ile mukavemet kontrolüne tabi tutulacak olan dişlinin takılacağı yuva olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Kontrol dişlisinin kare kesitli olan mili ilgili kare kesitli yuvasının içerisine sıkıca oturmaktadır. Çekme aparatının alt kısımdaki tutturma mili, çekme makinasının sabit çenelerine, üst taraftan da kramayer dişli mili ile çekme makinasının hareketli çenelerine bağlanabilmektedir. Deney dişlisi aparatındaki yerine yerleştirildikten sonra, aparat çekme makinasına bağlanarak çekme işlemi yapıldı. Tespit edilen değerler tablo haline getirildi (Tablo 4.7). Değişim grafikleri çizildi (Şekil 4.12).

Tablo 4.7. Dişlilerin maksimum kuvvet dayanımı.

Dişli model şekilleri	Dişlilerin maksimum kuvvet dayanımı (Ton)
Seğmanlı tip	1,4
Kamalı tip	1,6
Pimli tip	1,450



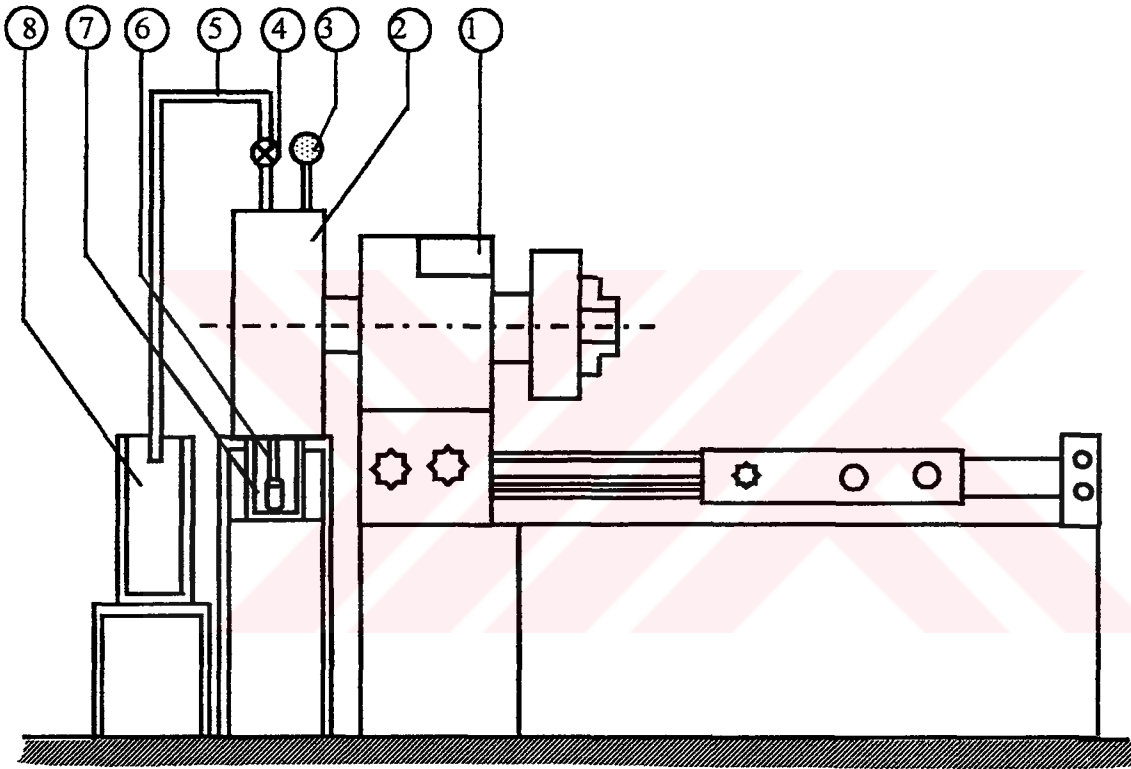
Şekil 4.12 Dişli model tiplerine bağlı olarak maksimum kuvvet dayanımı.

4.5. Yağ Pompası ile İlgili Deney Düzeneği ve Hazırlanması

İmalatı yapılan üç adet dişli ile referans dişlisinin yağ iletme debileri açısından karşılaştırmak için yeniden imal edilen hidrolik bir pompa kullanıldı. Bu pompa ile ilgili detay resimleri EK-10'da görülebilir.

Deney düzeneği, Microwelly marka, TY-700 model, 3 kW gücünde, 45-2500 (d/d) devir aralıklarında değişen 12 farklı devir sayısına sahip bir torna tezgahı tarafından tahrik edilmektedir. Torna tezgahının seçilmesinin sebebi, hız ayar kademelerinin uygunluğu ve verimin daha yüksek olmasıdır.

Deney düzeneği, Şekil 4.13’ de görüldüğü gibi, torna tezgahının arka kısmında bulunmaktadır. Torna tezgahının fener mili devamına (arka tarafına) Ø100’ lük bir torna aynası yerleştirildi. Aynanın arka kısmında, 4 adet M10 vida ile aynaya vidalanmış bir kaplin bulunmaktadır. Kaplinin ortasına somun görevi görecek, M20 lik bir iç vida açıldı. Aynayı torna tezgahının fener miline sabitlemek için, freze tezgahının bir çekirme mili kullanıldı. Bu çekirme mili aracılığı ile ön taraftaki ayna torna tezgahının fener miline sıkı bir şekilde sabitlendi.



- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1-) Torna tezgahı | 5-) Basma borusu |
| 2-) Dişli pompa | 6-) Emiş borusu |
| 3-) Manometre | 7-) Yağ tankı |
| 4-) Kısmi vanası | 8-) Yağ boşaltma tankı |

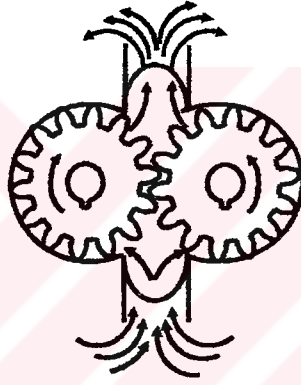
Şekil 4.13 Deney düzeneği ve şematik görünüşü.

Pompanın giriş mili, aynanın ayakları arsına geçirilip ayna ayakları sıkılarak, pompa devirleri torna tezgahının kumanda kolu tarafından kontrol edildi. Pompanın alt kısmına 18 (lt) hacminde bir yağ tankı yerleştirildi ve 2” çapında olan emiş borusu bu

yağ tankı içerisine daldırıldı. Emiş borusunun ucuna bir klape ile bir filtre konularak yağın temiz basılması ve çalışma durdurulduğunda da yağın geriye kaçması önlenildi.

Pompanın yan tarafında, 30 (kg)'a kadar ağırlık ölçebilen dijital göstergeli bir terazi ve terazi üzerine 20 (lt) hacminde bir yağ boşaltma tankı konularak, pompanın 1.1/2" çapındaki çıkış borusu bu yağ boşaltma tankı içerisine daldırıldı. Ayrıca pompa üzerinde bir kısma vanası ile basınç manometresi de bulunmaktadır. Bu vana açılıp kapatılarak, pompanın kilitlenip yüklenmesi ve basınç manometresi ile de basınç kontrolünün yapılması sağlandı.

4.5.1. Dişli pompanın çalışma prensibi



Şekil 4.14 Hidrolik pompanın şematik resmi.

Dişli pompaların yapısı basit olup, birbirleriyle tatlı çalışan iki dişliden meydana gelirler. Genellikle dönen ve döndüren dişliler düz dişli olmakla beraber, helisel ve (V) dişli tipinde olanları da vardır. Elektrik motoruyla veya diğer metotlarla döndürülen dişliler depodaki yağı emerek, diş boşluklarına alır ve çıkış ağzına doğru basarlar. Dişlilerin dişleri arasındaki boşluk yağın dişliler arasından geriye kaçmasına engel olacak toleranslardadır. Buradaki tolerans zamanla dişlerin aşınması sonucu büyür ve pompanın verimi düşer. Dişli pompaların debisi dişli modüllerine ve devir sayılarına göre değişir. Bunun için ihtiyaca uygun debiyi üreten pompanın seçilmesi gerekir.

Dişli pompalar 40 bar ile 200 bar arasında çalışacak şekilde farklı kapasitelerde imal edilirler. Çalışma sıcaklıkları sürekli çalışmalarda 0 °C ile 80 °C arasında, aralıklı olarak çalışanlarda ise -20 °C ile 100 °C arasında olmaktadır. Genellikle, normal şartlarda SAE 20 W, soğuk havada SAE 10 W yağları tercih edilir (Şekil 4.14).

4.6. Yağ Pompası İle İlgili Deneylerin Yapılması ve Sonuçları

Deneyisel çalışmalar için, modülü 8 mm, diş sayısı 10 ve basınç açısı 20° olan iki adet düz dişli, ZFTK 250/1 azdırma tezgahında imal edildi. İmal edilen bu dişliler, yeni imal edilen hidrolik pompada belirli devirlerde (540, 800 1200, 1700 ve 2500 d/d) çalıştırılarak, her devir için sabit miktardaki (11,5 kg) akışkanın kaç saniyede tahliye edildiği bir kronometre ile tespit edildi. (akışkan olarak Mobil SAE 20 numara, yoğunluğu 0.891 gr/cm³ olan yağ kullanıldı). Akışkan miktarı pompanın yan tarafında bulunan dijital teraziden okundu. Yağ tankının hacmi, 23.5x23.5x25 Cm (13806,25 Cm³) olduğundan, yağın miktarı, $V = m / \rho$ formülünden, yağın yoğunluğuna ($\rho = 0,891$ gr / cm³) bölünerek, yaklaşık olarak 13 (lt) bulundu. Her bir devir için yağın tahliye süresi bir kronometre ile tespit edildi. Yağ miktarı tahliye süresine bölünerek pompanın debisi hesaplandı. Azdırma tezgahında açılan dişlinin debisi referans alınarak, daha sonra, dişli modellerinin her biri farklı devir sayılarında (540, 800, 1200, 1700 ve 2500 d/d) denenerek bu dişlilere göre ölçülen debinin kaç saniyede tahliye edildiği bir kronometre ile tespit edildi. Azdırma tezgahında açılan dişliler ile yeni geliştirilen dişli modellerinin her birinin debileri karşılaştırıldı.

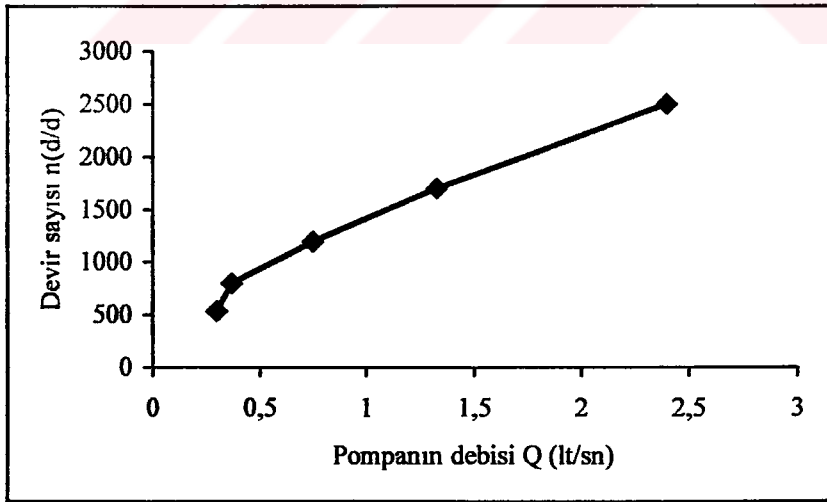
Tespit edilen yağ debilerinin ölçümü, 4.1 formülü kullanılarak yapıldı.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{lt/sn}) \quad 4.1$$

Her dişli modeli için devir sayılarına bağlı olarak hesaplanan yağ debilerinin sonuçları tablo haline getirildi (Tablo 4.8-12). Daha sonra bu sonuçlara göre, dişli modellerinin her biri için ayrı ayrı devir sayısı ve pompanın debisi için değişim grafikleri çizildi (Şekil 4.15-18).

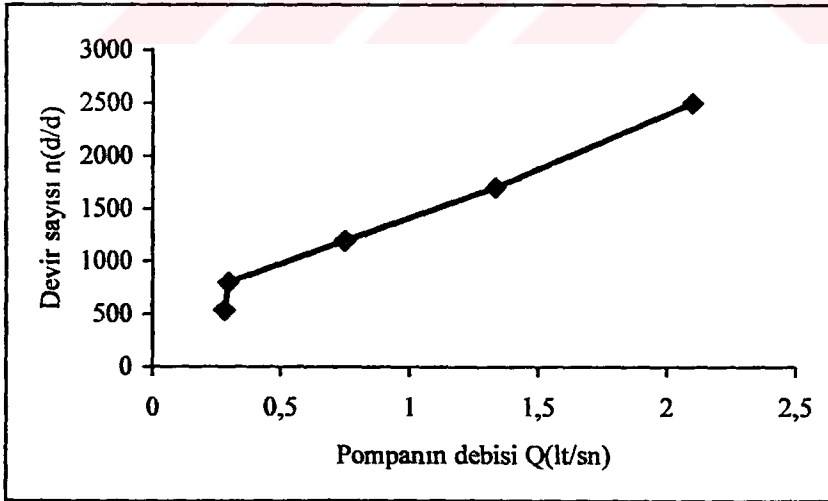
Tablo 4.8. Segmanlı tip dişlinin debi miktarları Q (lt/sn).

Devir sayısı n (d/d)	Akışkan ıktarı V (lt)	Zaman t (sn)	Akışkan debisi Q (lt/sn)
540	13	40	0,325
800	13	32	0,406
1200	13	16	0,812
1700	13	9	1,444
2500	13	5	2,6

**Şekil 4.15** Segmanlı tip dişli modeli için debi değişimi

Tablo 4.9. Pimli tip dişlinin debi miktarları Q (lt/sn).

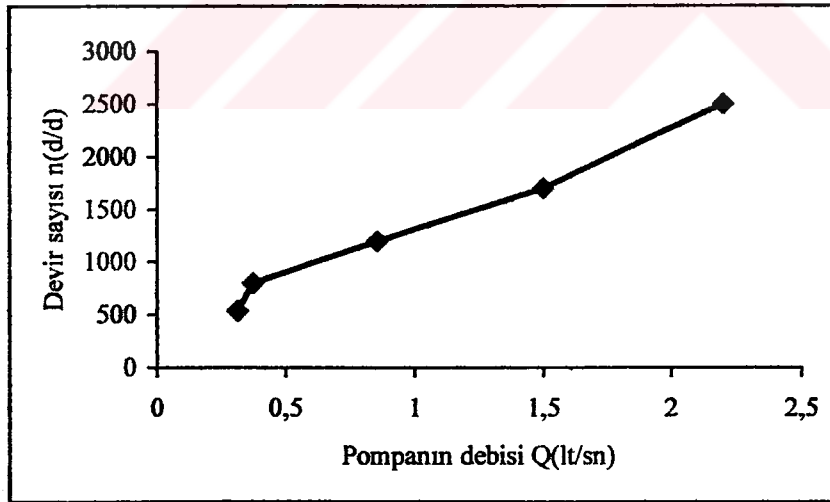
Devir sayısı $n(d/d)$	Akışkan miktarı $V(lt)$	Zaman $t(sn)$	Pompanın debisi $Q(lt/sn)$
540	13	42	0,309
800	13	34	0,382
1200	13	16	0,812
1700	13	9	1,444
2500	13	5	2,6



Şekil 4.16 Pimli tip dişli modeli için debi değişimi.

Tablo 4.10. Kamalı tip dişlilerin debi miktarları Q (lt/sn).

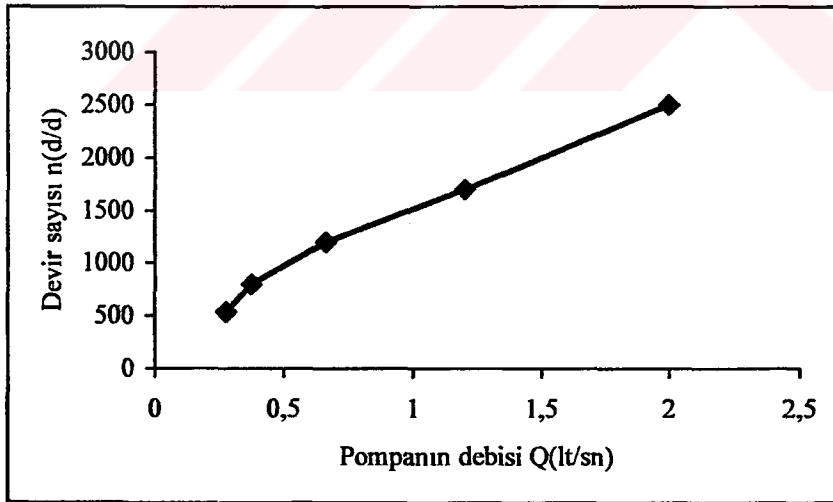
Devir sayısı $n(d/d)$	Akışkan miktarı $V(lt)$	Zaman $t(sn)$	Pompanın debisi $Q(lt/sn)$
540	13	38	0,342
800	13	32	0,406
1200	13	14	0,928
1700	13	8	1,625
2500	13	5	2,6



Şekil 4.17 Kamalı tip dişli modeli için debi değişimi.

Tablo 4.11. Azdırma tezgahında imal edilen dişlinin debi miktarları Q (lt/sn).

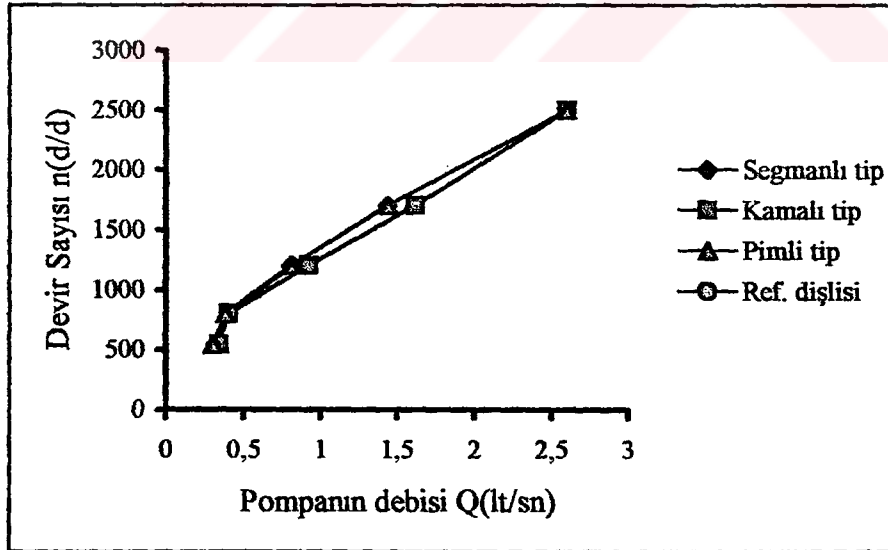
Devir Sayısı $n(d/d)$	Akışkan miktarı $V(lt)$	Zaman $t(sn)$	Pompanın debisi $Q(lt/sn)$
540	13	43	0,302
800	13	32	0,406
1200	13	18	0,722
1700	13	10	1,3
2500	13	6	2,16



Şekil 4.18 Azdırma tezgahında imal edilen dişli için debi değişimi.

Tablo 4.12. Azdırma tezgahında imal edilen dişli ile araştırılan dişli model tiplerinin debi miktarları Q (lt/sn).

İmal edilen dişli model tipi															
Segmanlı tip				Kamalı tip				Pimli tip				Referans dişlisi			
n (d/d)	V (lt)	t (sn)	Q (lt/sn)	n (d/d)	V (lt)	t (sn)	Q (lt/sn)	n (d/d)	V (lt)	t (sn)	Q (lt/sn)	n (d/d)	V (lt)	t (sn)	Q (lt/sn)
540	13	40	0,32	540	13	38	0,34	540	13	42	0,30	540	13	43	0,30
800	13	32	0,40	800	13	32	0,40	800	13	34	0,38	800	13	32	0,40
1200	13	16	0,81	1200	13	14	0,92	1200	13	16	0,81	1200	13	18	0,72
1700	13	9	1,44	1700	13	8	1,62	1700	13	9	1,44	1700	13	10	1,3
2500	13	5	2,6	2500	13	5	2,6	2500	13	5	2,6	2500	13	6	2,16



Şekil 4.19 Azdırma tezgahında imal edilen dişli ile araştırılan dişli model tiplerinin debi değişimi Q (lt/sn).

4.7. Teorik Olarak Hesaplanan Debi ile Deneysel Olarak Bulunan Debilerin Karşılaştırılması

Teorik ve deneysel debiler arasındaki ilişki tespit edilirken, teorik debinin hesabı, sırasıyla hidrolik pompanın bir dişinin taşıdığı yağ miktarı hesaplanarak, pompanın bir devirde taşıdığı yağ miktarı hesaplandı. Daha sonra pompanın debisi, 4.4 formülü kullanılarak her dişli modeline göre her devir için ayrı ayrı hesaplandı. Teorik ve deneysel debilere ait sonuçlar tablo haline getirildi (Tablo 4.13-4.16). Bu sonuçlara ait değişim grafikleri çizildi (Şekil 4.20-4.23).

Bir diş aralığının taşıdığı yağ miktarı;

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D_t \cdot M \cdot b}{Z} \quad (\text{Cm}^3/\text{diş}) \quad 4.2$$

Pompanın bir devirde taşıdığı yağ miktarı;

$$V_g = 2 \cdot Z \cdot V_0 \quad (\text{Cm}^3/\text{devir}) \quad 4.3$$

Pompanın debisi;

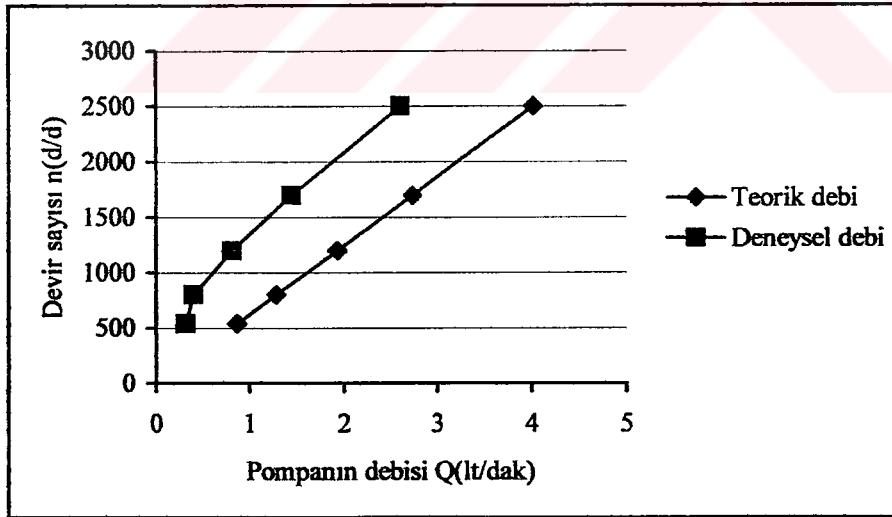
$$Q = V_g \cdot n \quad (\text{Cm}^3/\text{dak})$$

Burada pompanın debisini (lt / sn) olarak hesaplamak için, 1 lt = 1000 Cm³ ve 1 dak = 60 sn olduğundan, pompanın debi formülü 4.4 denklemini şeklinde bulundu. Bu formül kullanılarak, pompanın debisi her dişli modeli için ayrı ayrı hesaplandı.

$$Q = \frac{V_g \cdot n}{60000} \quad (\text{lt/sn}) \quad 4.4$$

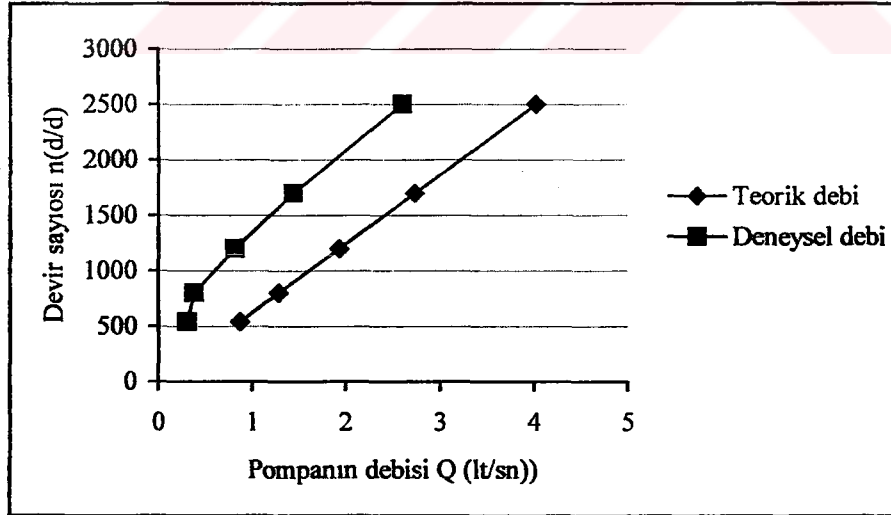
Tablo 4.13. Segmanlı dişli modeli için deneysel ve teorik debi miktarları Q (lt/sn).

Pompa devri n (d/d)	Bir diş aralığının debi miktarı V_0 ($\text{Cm}^3/\text{diş}$)	Bir devirdeki debi miktarı V_g (Cm^3/d)	Pompanın debisi Q (lt /sn)	
			Torik debi Q_T (lt/sn)	Deneysel debi Q_D (lt/sn)
540	4,8254	96,508	0,868	0,325
800	4,8254	96,508	1,286	0,406
1200	4,8254	96,508	1,930	0,812
1700	4,8254	96,508	2,734	1,444
2500	4,8254	96,508	4,021	2,6

**Şekil 4.20** Devir sayısına bağlı olarak segmanlı dişli modeli için teorik ve deneysel debi değişimi.

Tablo 4.14. Pimli dişli modeli için deneysel ve teorik debi miktarları Q (lt/sn).

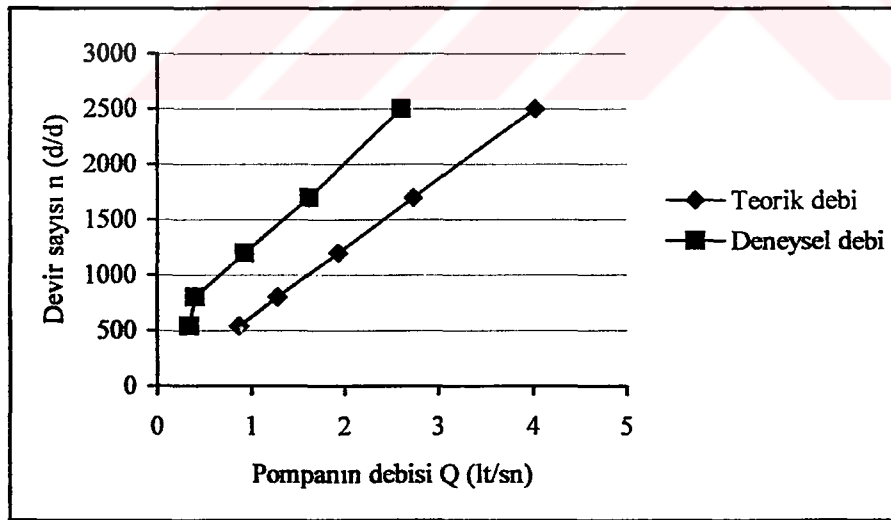
Pompa devri n (d/d)	Bir diş aralığının debi miktarı V_0 (Cm ³ /diş)	Bir devirdeki debi miktarı V_g (Cm ³ /d)	Pompanın debisi Q (lt /sn)	
			Torik debi Q_T (lt/sn)	Deneysel debi Q_D (lt/sn)
540	4,8254	96,508	0,868	0,309
800	4,8254	96,508	1,286	0,382
1200	4,8254	96,508	1,930	0,812
1700	4,8254	96,508	2,734	1,444
2500	4,8254	96,508	4,021	2,6



Şekil 4.21 Pimli tip dişli modeli için teorik ve deneysel debi değişimi.

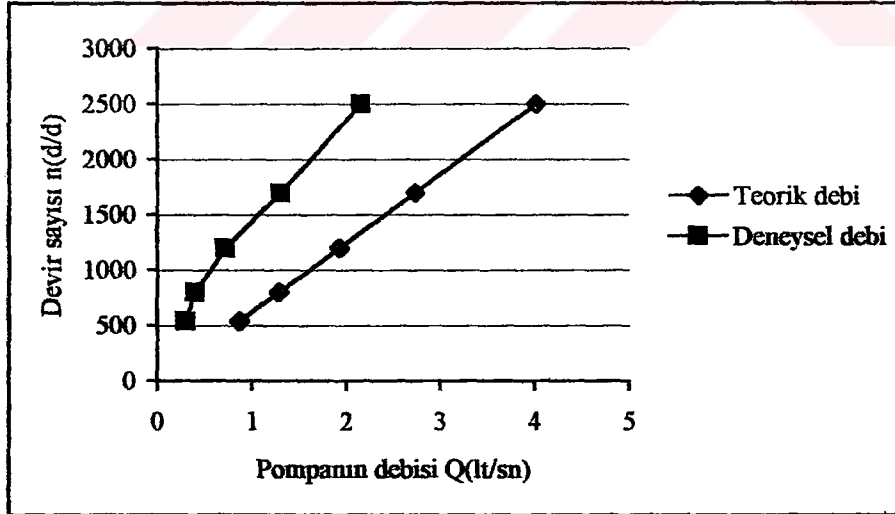
Tablo 4.15. Kamalı dişli modeli için deneysel ve teorik debi miktarları Q (lt/sn).

Pompa devri n (d/d)	Bir diş aralığının debi miktarı V_0 (Cm ³ /diş)	Bir devirdeki debi miktarı V_g (Cm ³ / d)	Pompanın debisi Q (lt /sn)	
			Torik debi Q_T (lt/sn)	Deneysel debi Q_D (lt/sn)
540	4,8254	96,508	0,868	0,342
800	4,8254	96,508	1,286	0,406
1200	4,8254	96,508	1,930	0,928
1700	4,8254	96,508	2,734	1,625
2500	4,8254	96,508	4,021	2,6

**Şekil 4.22** Kamalı dişli modeli için teorik ve deneysel debi değişimi.

Tablo 4.16. Azdırma tezgahında imal edilen dişli (referans)
için deneysel ve teorik debi miktarları Q (lt/sn).

Pompa devri n (d/d)	Bir diş aralığının debi miktarı V_0 (Cm ³ /diş)	Bir devirdeki debi miktarı V_g (Cm ³ / d)	Pompanın debisi Q (lt /sn)	
			Torik debi Q_T (lt/sn)	Deneysel debi Q_D (lt/sn)
540	4,8254	96,508	0,868	0,302
800	4,8254	96,508	1,286	0,406
1200	4,8254	96,508	1,930	0,722
1700	4,8254	96,508	2,734	1,3
2500	4,8254	96,508	4,021	2,16



Şekil 4.23 Azdırma tezgahında imal edilen dişli (referans dişlisi)
için teorik ve deneysel debi değişimi.

5. SONUÇLARIN İRDELENMESİ

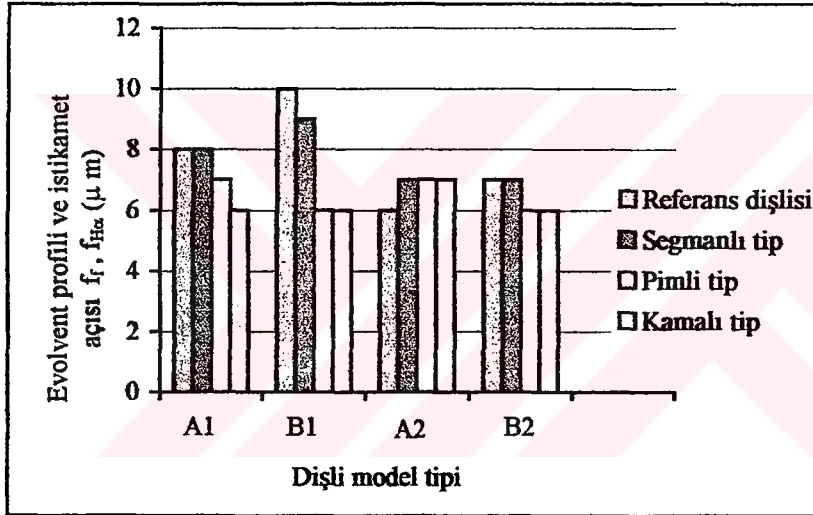
Yapılan bu çalışmada tasarım ve imalatı yapılan yeni dişli modelinde özel çakılar (modül çakısı, azdırma...vb) kullanılmadan piyasada ucuz ve bol miktarda bulunan parmak freze çakıları kullanılarak hassas bir şekilde düz dişlilerin imalatının yapılabildiği, böylece hassas silindirik düz dişliler sadece belirli firmalar tarafından özel dişli imalat tezgahlarında (azdırma tezgahları, freze tezgahları..vb) imal edilmelerinin yanında, genel amaçlı CNC freze tezgahlarında da istenilen tamlik ve toleranslarda imal edilebildiği görüldü.

CNC freze tezgahlarında dişleri değiştirilebilen düz dişliler imal edilirken özellikle modülü büyük olan dişlilerin imalatlarının daha kolay yapılabildiği, modülü küçük olan dişlilerin imalatlarının ise parmak freze çakısının çapı ve imal edilen modelin boyutlarından dolayı bir sorun oluşturduğu görüldü. Parmak freze çakısının çapı, imalatı yapılacak olan dişlilerin diş dibi yarıçapından büyük olduğu zaman, çakı kesme yolu çakışmaktadır. Bu çakışmadan dolayı kesme tamlığı gerçekleşmemektedir. Bu problem dişli model tiplerinin, göbek parçalarının imalatında daha çok ortaya çıkmaktadır. Dişlinin modülü küçüldükçe, daha küçük çaplı parmak freze çakısının kullanılmasını gerektirmektedir. Özellikle segman kanal kısımları, pim delikleri ve kamalı tip dişin yan yarıçaplarında G02 ve G03 dairesel enterplasyon kodları ile G41 ve G42 çap telafi kodlarının uygulanmasında. Bunun dışında, çakının çapının küçülmesi nedeniyle kırılmaları, daha düşük ilerleme miktarlarının verilme zorunluluğu, daha az talaş derinliği ve çakının daha erken körelmesi durumlarını meydana getirmektedir. Bu durumun da, imalat süresini artırdığı ve buna bağlı olarak da maliyetin artmasına sebep olduğu görüldü.

İmal edilen dişliler, evolvent profili ve istikamet açısı hatası bakımından referans dişlisi ile karşılaştırıldıklarında; evolvent profili hatası açısından referans dişlisine göre en ideal profilin segmanlı model tipinde, referans profilinden en fazla sapmış olan profil hatasının ise kamalı model tipinde olduğu görüldü. İstikamet açısı hatası bakımından da her üç model referans dişlisine göre karşılaştırıldığında en ideal tamlığın segmanlı model tipinde, en fazla sapmış olan modelin ise kamalı model tipinde olduğu görüldü (Tablo 5.1, Şekil 5.1). Bu da DIN 3962 normuna göre azdırma tezgahlarında açılan dişlilerin kaliteleri olan 5-6 kalitesine denk gelmektedir (Tablo 5.2).

Tablo 5.1. Profil ölçüm sonuçları

Dişli model tipleri	Dişli hataları			
	Evolvent profil hatası $f_r (\mu m)$		Evolvent profili istikamet açısı hatası $f_{H\alpha} (\mu m)$	
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂
Segmanlı	8	9	7	7
Pimli	7	6	7	6
Kamalı	6	6	7	6
Referans	8	10	6	7



Şekil 5.1 A1 sağ yan, A2 sol yan evolvent profile ve B1 sağ yan, B2 sol yan istikamet açısı profil değerlerinin değişimi.

Tablo 5.2. DIN 3962 normuna göre dişli profil hataları

Dişli hata şekilleri	Dişli tolerans kaliteleri (μm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$f_t (\mu m)$	2,5	3,5	5	7	10	14	20	28	40	63	100	160
$f_{H\alpha} (\mu m)$	2	2,5	3,5	5	7	9	12	18	25	40	63	100

Genel olarak kalsık dişlilerde dişlinin herhangi bir dişi kırıldığı zaman dişlinin tamamının atılması gerekmektedir. Ancak, geliştirilen bu yeni dişli konstrüksiyon tipleri ve imalat yöntemleri ile yıpranan dişlere uygun ölçülerde yeni

dişin eğrilik yarıçapları hesaplanarak imal edilip yerine takılabilmektedir. Bu da zaman ve maliyet bakımından bir avantaj sağlamaktadır.

Geliştirilen bu yeni tip dişli modellerinin göbek kısımlarının imalatları için bir C programı geliştirilmiş ve bu program kullanılarak sadece dişlinin; diş sayısı, modülü ve istenirse basınç açısının verilmesiyle dişlilerin göbeklerinin uygun boyutlarda imalatları sağlanabilmektedir (EK-7, 8, 9).

İmal edilen düz dişliler mukavemet bakımından çekme aparatına bağlı özel çekme cihazında çekmeye tabi tutulduklarında; en fazla mukavemet gösteren modelin kamalı, en az mukavemet gösteren modelin ise segmanlı model tipi olduğu görüldü (Tablo 4.6, Şekil 4.11). Bunun nedeni, kamalı tipte kama desteğinin olması diğer tiplerde ise bu desteğin olmadığı gibi çentik etkilerinin dişli mukavemetini olumsuz olarak etkilediği sonucu ile yorumlanmaktadır.

İmal edilen dişliler, diş kontrol ölçüleri bakımından incelendiklerinde Tablo 4.1' de görüldüğü gibi, referans dişlisine göre diş ölçülerinde yüzde mertebesinde bir sapma görüldü. Bu da ölçme aletlerinin hassasiyetinden kaynaklanmaktadır. Dişli kontrol uzunluğu (kalite kontrolü) bakımından incelendiklerinde de, en ideal dişli modelinin segmanlı tip, referans ölçüsünden en fazla sapmış olan modelin ise kamalı tip dişli olduğu görüldü (Tablo 4.4, Şekil 4.7). Ancak, geliştirilen dişli modellerinin kontrol ölçüleri azda olsa birbirinden farklılıklar göstermektedir. Bu da ölçme sırasında ölçüm mikrometresinin binde hassasiyetinde olması ve fazla sıkılıp veya gevşek tutulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İmalat süreleri açısından incelendiklerinde, en kısa sürede imal edilen dişlinin pimli model, en uzun sürede imal edilen dişlinin ise segmanlı model tipi olduğu görüldü (Tablo 4.6, Şekil 4.9). Bu da diş profillerinin geometrik özelliklerinden illeri gelmektedir.

İmal edilen dişliler yağ basma debileri açısından dişli pompaya sırasıyla takılarak referans dişlisinin yağ basma debisi ile karşılaştırıldıklarında, devir sayısına bağlı olarak aynı devir sayılarında pompanın debisinin tüm dişlilerde sürekli arttığı görüldü. Ancak tablo 4.12'ye bakılırsa, en iyi debinin sırasıyla; kamalı, segmanlı,, pimli ve azdırma ile açılan dişlilerin debilerinin olduğu görülür. Bu da araştırma yapılan dişlilerin bu tip pompalarda uygunluğunu göstermektedir.

Ayrıca, verim açısından, dişli modellerinin pompanın aktardığı debi üzerindeki etkisini görmek için, pompanın devir sayılarına bağlı olarak teorik ve

pratik debi oranları göz önüne alındığında, düşük devirlerde debi oranının yüksek devirdeki debi oranına uymadığı görüldü. Bunun nedeni, yağ pompalarının düşük devirlerde çalıştırılmasının ekonomik olmadığıdır (Karaca,1987). Devir sayısının artmasıyla, Tablo 5.3'den de görüldüğü gibi, teorik ve deneysel debilerin oranları birbirine yaklaşarak 1'e doğru gittiği görüldü. Buda yüksek devirlerde çalışan yağ pompalarının, yağ kaçaklarına imkan vermemesi ile yorumlandı.

Tablo 5.3. Teorik ve deneysel debi oranlarının devir sayılarına göre değişimi.

Devir Sayısı n(d/d)	Teorik ve deneysel debilerin oranı (Q_T / Q_D)			
	Segmanlı	Pimli	Kamalı	Azdırma
540	2,67	2,81	2,54	2,87
800	3,17	3,37	3,17	3,17
1200	2,38	2,38	2,08	2,67
1700	1,89	1,89	1,68	2,10
2500	1,54	1,55	1,55	1,86

Debiler, teorik ve deneysel olarak da karşılaştırıldığında, teorik debi miktarlarının deneysel debi miktarlarına göre daha büyük çıkmasının sebebi, teorik debi hesaplamalarında kullanılan formüllerin bazı kabuller yapılarak türetilmesidir. Ancak deneysel debiler, direk olarak deney seti üzerinden ölçüldüğünden, çeşitli kayıplar ölçülen sonuçları etkilemektedir. Bu kayıplar için; basınç, kayış-kasnak ayarları gibi nedenler sıralanabilir.

6. GENEL SONUÇLAR

Bu araştırmadan elde edilen önemli sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. Düz dişlilerin dişlerinin değiştirilerek imal edilebilecekleri gösterilmiştir,
2. Yağ pompalarında kullanıldıklarında, daha verimli oldukları görülmüştür,
3. Dişlilerin imalatlarında göz önüne alınan nokta nokta programların dışında, evolvent denklemine göre de imalat yapılabileceği görülmüştür.
4. Araştırılan üç tip tasarım şeklinin dışında, farklı tasarım tiplerinin de olabileceği söylenebilir.
5. Dişlilerin tek tek dişlerinin bir silindir gövdesinden oyularak işlenmesi dışında, lama şeklinde malzemelerden de imal edilebileceği söylenebilir.

7. KAYNAKLAR

J.R. PHILLIPS, "Some Geometrical Aspects of Skew Polyangular Involute Gearing", Mechanism and Machine Theory, Sayı 34, 1999, P781-790.

A. K. DAS, "Technological Heredity in Spur Gear manufacturing "Material Processing Technology, Sayı 91, 1999, P66-74.

CHUNG-BIAU, TSAY; WEN-YAO, LIU; YI-CHENG, CHEN; "Spur Gear Generation by Shaper Cutters" Materials Processing Technology, Sayı 104, 2000, P271-279.

A. KAPELEVICH; "Geometry and Design of Involute Spur Gears with Asymmetric Teeth" Mechanism and Machine Theory, Sayı 35, 2000, P117- 130.

MING-HAUNG TSAI, SHENG-FENG LIN, YING-CHIEN TSAI, "Diagnoses of the Operational Errors of a Threaded-Wheel Grinder in the Grinding of Spur Gears Using Kinematic Transmission Errors" Materials Processing Technology, Sayı75, 1998, P190-197.

S. H. SUH, W. S. JIH, H. D. HONG, D. H. CHUNG; "Sculptured surface machining of spiral bevel gears with CNC milling" Machine Tool Manufacture, Sayı 41, 2001, P833-850.

ANDERS FLODIN, SÖREN ANDERSSON; "Simulation of mild wear in helical gears" Wear, Sayı 24, 2000, P123-128.

MICHELA CIAVARELLA, GIUSEPPE DEMELIO; "Numerical methods for the optimisation of specific sliding, stress concentration and fatigue life of gears" International journal of fatigue, Sayı 21, 1999, P465-474.

ANDERS FLODIN, SÖREN ANDERSSON; "Simulation of mild wear in spur gears" Wear, Sayı 207, 1997, P16-23.

CIHAN ÖZEL, "Düz konik dişlilerin sayısal denetimli freze tezgahlarında hassas şekilde açılmasının tasarımı ve imalatı" Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000, Doktora tezi.

SHRAIBMAN, S. M., "A Statistical survey of gear-cutting operations in various production models" Soviet Engineering Research, Cilt 60, No:2, 1989, P29-31.

ZAİTSEV, V. V. "Calculation of the geometrical parameters of the gear cutting heads" Soviet Engineering Research, Cilt 7, No:7, 1987, P70-71.

ELBER, G. COHEN, E., "Tool path generation for freeform surface models" Proc. 2 Symp. Solid model appl. Publ by ACM, New York, 1993, P419-428.

AKKURT, M., SEVİNÇ, A., "Tel erozyon işlemine yönelik CAD-CAM-CNC integrasyonu" İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1994, Doktora Tezi.

DACCAK, M. J., ANGELES, J.; "The modelling of bevel gears using the exact spherical involute" Computer-aided and computational design ASME, Design Engineering Division, Cilt 19-1, No:pt 1, New York, 1989, P151-156.

J. CASTRO, J. SEABRA.; "Scuffing and lubricant film breakdown in FZG gears part 1. analytical and experimental approach" Wear, Sayı 215, 1998, P104-113.

YİNG-CHİEN TSAİ, WERN-KUEİR JEHNG; "A kinematics parametric method to generate new tooth profiles of gear sets with skew axes" Mechanism and Machine Theory, Sayı 34, 1999, P857-876.

M. A. HAİDAR, A. İSHİBASHİ, K. SONODA, S. EZOE; "Minimization of effect of CBN wheel wear on ground gear errors" Machine tools manufacture, Sayı 39, 1999, P607-626.

MUZAFFER ERTEN, "Dişli çarklarda yük taşıma kabiliyetinin ve diş dibi gerilmelerinin incelenmesi" İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1993, Doktora Tezi.

GHOLAMHASSAN PAYGANE, "Dişli çarklarda yenme olayının yağlama bakımından incelenmesi" İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1990, Doktora tezi.

MİNG-HAUNG TSAİ, YİNG-CHİEN TSAİ.; "Design of high-contact-ratio spur gears using quadratic parametric tooth profile" Mechanism and Machine Theory, Cilt 33, No:5, 1998, P551-564.

S. GLODEZ, S. PEHAN, J. FLASKER.; "Experimental results of the fatigue crack growth in a gear tooth root" International Journal of Fatigue, Cilt 20, No:9, 1998, P669-675.

M. MACK ALDANER, M. OLSSON.; "Tooth interior fatigue fracture-computational and material aspects" International Journal of Fatigue, Sayı 23, 2001, P329-34.

JONGUNG CHOİ, HAE-YONG CHO, CHANG-YONG JO.; "An upper-bound analysis for the forging of spur gears" Materials Processing technology, Sayı 104, 2000, P67-73.

MASAYA KUROKAWA, YOSHİTAKA UCHİYAMA, SUSUMU NAGAI.; "Performance plastic gear made of carbon fiber reinforced poly-eter-eter-ketone" Tribology International, Sayı 32, 1999, P491-497.

MARİA PİA SAMMARTİNİ, LEONARDO DE CHİFFRE.; "Development and validation of a new reference cylindrical gear for pitch measurement" Precision Engineering Journal of the international societies for precision engineering and nanotechnology, Sayı 24, 2000, P302-309.

FETVACI, M. CÜNEYT, "Ansys Sonlu Elemanlar Analiz Programı ile Düz Dişli Çarkların Modellenmesi" Mühendis ve Makine, (1999), Cilt 40, Sayı 474,

G. GÜRGÜL, “Hidrodinamik Olarak Yağlanmış Alın Dişlilerde Diş Yüzeyi Deformasyonunun Kapasiteye Etkisi” YTÜD , Sayı 4, (1993)

DİKMEN, F.; “Hipoid Dişli Mekanizmalarında Optimum eksen Kaçıklığının Belirlenmesi”, YTÜD , Sayı 3-4, (1997)

M. KESAN, Ö. N: ÖZGÜVEN.; “Helisel Dişlilerin Dinamik analizi”, Ulusal Makine Tasarım ve imalat Kongresi, (1992) OTDÜ. Ankara.

M. C. FETVACI.; “Plastik Dişli Çarklarda Malzeme Seçimi ve Konstrüktif Tedbirler” Mühendis ve Makine, (1998), Cilt 39, Sayı 464,

ABERSEK,B.;FLASKER, J.,(1994), Stress Intensity Factor for Cracked Gear Tooth Theoretical and Applied Fracture Mechanics, V 20, P 99-104.

AKKURT, M.,(1982), Makine Elemanları Referans Kitabı, Cilt 3, Birsen Yayınevi, İstanbul.

AKKURT, M., (1990), Makine Elemanları Cilt 1., Birsen yayınevi.

AKKURT, M., (1990),Makine Elemanları, Cilt 2, Birsen yayınevi, İstanbul.

AKKURT, M.,(1997), CNC ve Sistemleri, Birsen Yayınevi, İstanbul.

ARIKAN, M.A.S.,(1987),Computer – Aided Dynamic Modelling of Spur Gears Ph.D. Dissertation.

ARIKAN, M.A.S.,(1991), Dynamic Load and Contact Stress Analysis of Spur Gears, Advances in Design Automation, ASME, V32-1, V1, P85-91.

ARIKAN, M.A.S.; Kaftanoğlu, B.,(1989), Dynamic Load and Root Stress Analysis of Spur Gears, Annalsof the CIRP, V38/1 P171-174.

ARIKAN., M.A.S.; UYAR (ÇARKOĞLU). Ö.,(1993), Performance Rating of Spur Gears With Nonstandartd Proportions and Profiles, Annals of the CIRP, V 42, P 189-192.

BARONET, C.N.; TORDİON, G.V.(1974), Exact Stress Distribütion in Standard Gear Teeth and Geometry Factors, Journal of Engineering for Industry, P1159-1163.

ESİN, A.,(1992), CNC Tezgahları”, TMMOB Dergisi, Ankara.

ICHİMARU, K.; HİRANO,F.,(1974), Dynamic Behavior of Heavy Loaded Spur Gears, Journal of Engineering for Industry, P 373-381.

KASUBA, R.; EVANS, J.W.,(1981), An Extended Model for Determining Dynamic Loads in Spur Gearing, Journal of Mechanical Design, P 398-409.

LEVİS, W.,(1992), Investigation of the Strength of Gear Teeth.

NGUYEN, Q.D.; YELLE, H.; GAUVIN, R.(1986), A Computer Program on IBM PC Designs Plastic Gears, Spring National Design Engineering Show and Conference, March 24-27, P 171-183, Chicago.

NİCOLETTA, G.,(1993), Approximate Stress Intensity Factors for Cracked Gear Teeth, Engineering Fracture Mechanics, V 44, P 231-242.

PREMİLHAT, A.; TORDİON, G.V.; BARONET, C.N.,(1974),An Improved Determination of the Elastic Compliance of a Spur Gear Tooth Acted on by on a Concantrated Load, Journal of Engineering for Industry, P382-384.

SEİREG, A.; HOUSER, D.R.,(1970), Evaluation of Dynamic Factors for Spur and Helical Gears, Journal of Engineering for Industry, P504-515.

SPOTS, M.F.,(1984), Estimating Dynamic Loads on Gear Teeth, Machine Design., P 84-88.

TARHAN., A.İ.,(1996), Kökünde Çatlak Bulunan Bir Düz Dişlinin Kırılma Mekanikliğiyle Ömrünün Hesaplanması, Doktora Tezi. Eylül, O.D.T.Ü.

TERAUCHİ, Y.; MORİ, H.(1974), Comparison of Theories and Experimental Results for Surface Temperatures of Spur Gear Teeth, Journal Engineering for Industry, P 41-50.

UYAR, Ö.,(1992), Dynamic Load and Stress Analysis of Standard and Nonstandard Spur Gears, M.S. Thesis.

YELLE, H.; BURNS, D.J.,(1986), Calculation of Contact Ratios for Plastic/Plastic and Plastic/Steel Spur Gear Pairs, ASME Journal of Mechanical Design. Vol.103, No 2, P 528-543.

YELLE, H.; GAUVIN, R. NGUYEN AND QUANG D.,(1988), Microcomputer Program to Calculate Spur Gear, Gear Technology V5 n4 Jul-Aug, P10.

KARACA, İ.; Endüstriyel Hidrolik, (1987), 4. Baskı. S 292-295.

BIERMANN, W., WMW. Handbook, TAKSAN A.Ş. Kayseri.

EK-1 DIŞLI ÇARK MALZEMELERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Malzeme Grubu		Simgesi	Ö _k daN/mm ²	Sertlik HB Çekirdek-Yanak		Ó *GD daN/mm ²	P HD daN/mm ²
Genel İmalat Çelikleri	St 50	50.....60	150		19	34	
	St 60	60.....70	180		21 (20)	40	
	St 70	70.....85	210		24 (22)	46	
İslah Çelikleri	C 22	50.....60	140		17	44	
	C 45	65.....80	185		20	54	
	C 60	75.....90	210		22	62	
	34Cr4	75.....90	260		26	65	
	37MnSi5	70.....80	230		30	64	
	42CrM ₀ 4	95.....110	300		29	67	
	34CrM ₀ 6	100.....130	310		32	77	
Sementasyo n Çelikleri	C 15	50.....65	190	636	23	160	
	16MnCr5	80.....110	270	650	44	163	
	20MnCr5	100.....130	360	650	48	163	
	15CrNi6	90.....120	310	650	50	163	
	18CrNi8	120.....145	400	650	50	163	
Endüksiyon veya alevle sertleştirilmi ş islah çelikleri	C _k 45	65.....80	190	560	27	110	
	34CrM ₀ 4		270	590	48	107	
	42CrM ₀ 4	95.....110	280	610	43	136	
	34CrNiM ₀ 6	100.....130	250	590	45	127	
Nitrürleme (banyo)	C _k 45	65.....80	190		35	110	
	42CrM ₀ 4	95.....110	275		43	122	
Gaznitrülem e	31CrM ₀ V9		320	700	50		
Dökme Çelikler	GS 52	52	150		15	34	
	GS 60	60	175		17	42	
Dökme Demir	GG 20	20	170		5	27	
	GG 25	25	200		6	31	
	GG 35	35	230		8	36	
Sfera Döküm	GGG 42	42	180		20	36	
	GGG 60	60	250		22	49	
	GGG 100	100	350		24	70	
Temper Döküm	GIS 35	35.....40	140		19	32	
	GIS 65	65.....70	235		23	46	
Günümüzde sertlikler HV10 ve HV1 olarak ifade edilen Vickers ölçeğine göre verilmektedir.							

EK-2**SP60 MARKA İSTIKAMET VE PROFİL KONTROL CİHAZININ
ÖZELLİKLERİ**

- | | |
|--|----------------------|
| 1. En Küçük Ayarlanabilir Temel Dairesi Çapı | :20 mm |
| 2. En Büyük Ayarlanabilir Temel Dairesi Çapı | :600 mm |
| 3. En Büyük Ayarlanabilir Diş Üstü Çapı | :650 mm |
| 4. En Büyük Ölçebildiği Modül | :20 mm |
| 5. En Küçük Ölçebildiği Modül | :0,5 mm |
| 6. Ölçebildiği Helis Açısı Aralığı | :0.....60° |
| 7. Hata Büyütme Oranı | : 250-500, 1000-2000 |
| 8. Temel Dairesini Okuma Hassasiyeti | : 0,001 mm |
| 9. Helis açısını Okuma Hassasiyeti | : 1 Saniye |
| 10. Kontrol Edebileceği En Büyük Dişli Ağırlığı | : 500 kg. |
| 11. İki Punta Arası Mesafe (Düşeyde) | :150 mm |
| 12. Hareketli Uzun En Büyük Ayarlanabilir Mesafesi | : 250 mm |
| 13. Hareketli Uzun En Büyük Ayarlanabilir Hareket Alanı Çapı | : 400 mm |

EK-3. DIN 3962 Normuna göre M=1-2 mm arasında olan dişli kaliteleri

Dişli hata şekilleri	Dişli tolerans kaliteleri											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$f_t (\mu m)$	1	1,5	2	3	4,5	6	9	12	16	28	45	71
$f_{H\alpha} (\mu m)$	1	1,5	2	3	4	5	7	10	14	22	36	56
$F_t (\mu m)$	1,5	2	3	4	6	9	12	16	22	36	56	90

EK-4. DIN 3962 Normuna göre $M=2-3,5$ mm arasında olan dişli kaliteleri

Dişli hata şekilleri	Dişli tolerans kaliteleri											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$f_t(\mu m)$	1,5	2	3	4	6	8	11	16	22	36	56	90
$f_{Ha}(\mu m)$	1	1,5	2	3	4,5	6	9	12	18	28	45	71
$F_t(\mu m)$	2	3	4	5	7	10	14	20	28	45	71	110

EK-5. DIN 3962 Normuna göre $M=3,5-6$ mm arasında olan dişli kaliteleri

Dişli hata şekilleri	Dişli tolerans kaliteleri											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$f_t(\mu m)$	2	3	4	5	7	10	14	20	28	45	71	125
$f_{Ha}(\mu m)$	1,5	2	3	4	5,5	7	10	14	20	32	50	80
$F_t(\mu m)$	2,5	3,5	5	7	9	12	18	25	36	56	90	140

EK-6. DIN 3962 Normuna göre $M=6-10$ mm arasında olan dişli kaliteleri

Dişli hata şekilleri	Dişli tolerans kaliteleri											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$f_t(\mu m)$	2,5	3,5	5	7	10	14	20	28	40	63	100	160
$f_{Ha}(\mu m)$	2	2,5	3,5	5	7	9	12	18	25	40	63	100
$F_t(\mu m)$	3	4	6	8	12	16	22	32	45	71	110	180

EK-7**SEGMANLI DIŞLİ MODELİ GÖBEK İMALATI İÇİN C PROGRAMI**

```

#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
#define PI 3.1415926
Int Z, i ;
Float M, X, C, B, DF, L, K, kaydirma_acisi=0;//, carpan=2.167 ;
FILE *dosya ;
Char ad[100],cikis=0;
Float der (float rad)
{ return (float) (180.0*rad) / PI ;
} ;
void ciz( )
{ X= (float) (2.0*PI) / (float) Z ;
C=(float) M*0.167;
B=(float) C+M ;
//DF=(float) M+Z-carpan*M ;
DF=(float) (M*Z-((2.0*B)) ;
L=(float) (M*2.5) ;
K=(float) (M*PI/2.0) ;
Dosya=fopen (ad,"wt") ;
Cleardevice ( ) ;
Fprintf ( dosya ,"\n//M= %5.2f",M) ;
Fprintf ( dosya ,"\n//Z= %5d",Z) ;
// Fprintf ( dosya ,"\n//DF=%5.5f",DF) ;
// Fprintf (dosya ,"\n//L= %5.5f",L) ;
// Fprintf (dosya ,"\n//K= %5.5f\n\n",K) ;
// Fprintf (dosya ,"\ncap= %5.5f\n\n",cap) ;
Fprintf (dosya ,"\n// kanalların ortalarına acılara PİM deliklerinin koordinatları.") ;

```

```

Fprintf (dosya ,"\nG90");
Fprintf (dosya ,"\nG40");
Fprintf (dosya ,"\nG17");
Fprintf (dosya ,"\nG21");
Fprintf (dosya ,"\nG54 X0. Y0. Z0.");
Fprintf (dosya ,"\nM03 s1000");
Fprintf (dosya ,"\nF150");
// Fprintf ( dosya ,"\n//G41 Q2.0");
// Fprintf ( dosya ,"\n//G42 Q2.0");
// Fprintf ( dosya ,"\n//G01 X100. Y25.");
// Fprintf ( dosya ,"\n//G01 Z-5");
Circle (300,250,200);
Line (50,250,550,250);
Line (300,25,300,475);
For (i=1;i<=Z;i++)
{ Float aci , teta , disu , disa , DF_,X_,Y_ ;
DF_=DF/2.0 ;
Aci=(Float) X*i+((kaydirma_acisi*PI)/180) ;
Teta=asin(K/DF) ;
Disa=aci-teta ;
Disu=aci+teta ;
//      Fprintf      (dosya,      "\nAçı=%10.7f,      DışA      =%10.7f,      DışU=
%10.7f",der(aci),der(disa),der(disu));
Fprintf (dosya,      "\n G03%3d - X%15.9f      Y%15.9f      R%10.5f", //1,DF_*cos
(disa),DF_*sin (disa) , DF_) ;
Fprintf (dosya, "\n G01%3d - X%15.9f Y%15.9f", 1,(DF_-L)*cos (disa) ,
(DF_-L)*sin (disa));
Fprintf (dosya,      "\n %G023d-X%15.9f      Y%15.9f      R%12.9f", 1,(DF_-L)*cos
(disu),(DF_-L)*sin      (disu),sqrt(((DF_-L)*cos(disa)-(DF_-L)*cos(disu))*((DF_-
L)*cos(disa)-(DF_-L)* sin(disu))* (DF_-L)*sin(disa)- (DF_-L)*sin(disu))))*0.5);
Fprintf (dosya,      "\n G01 %3d - X%15.9f      Y%15.9f", //1,(DF_*cos(disu) ,
DF_*sin(disu))If(i==1) setcolor(4); else setcolor (i+%2+2) ;

```

```

Line(300,250,300,250*cos(aci),250-250*sin(aci)) ;
Circle(300+200*cos(disa),250-200*sin(disa),3) ;
{ Char s[5] ;
Sprintf(s,"%d",1) ;
Outtextxy (302+200*cos(disa),252-200*sin(disa),s) ;
} ;
Circle(300+200*cos(disu),250-200*sin(disu),3) ;
{ Char s[5] ;
Sprintf(s,"%d",4) ;
Outtextxy (302+200*cos(disu),252-200*sin(disu),s) ;
} ;
Circle(300+150*cos(disa),250-150*sin(disa),3) ;
{ Char s[5] ;
Sprintf(s,"%d",2) ;
Outtextxy (302+150*cos(disa),252-150*sin(disa),s) ;
} ;
Circle(300+150*cos(disu),250-150*sin(disu),3) ;
{ Char s[5] ;
Sprintf(s,"%d",3) ;
Outtextxy (302+150*cos(disu),252-150*sin(disu),s) ;
} ;
} ;
Fclose (dosya) ;
} ;
Void main( )
{ İnt gdriver =DETECT, gmode , errorcode ;
Char kbd ;
Clrscr( ) ;
Printf ("\\n Kanallar ve kanalların ortalarına açılacak PİM deliklerinin koordinatlarını verir.") ;
Printf ("\\n Dosya adi.....: ") ; scanf ("%s",ad) ;
Printf ("\\n Diş Sayisi (Z) .....: ") ; scanf ("%d",&Z) ;

```

```

Printf("\nModül (M) .....: "); scanf ("%f",&M);
// Printf (" cap telafisi için çakı capı ....: "); scanf ("%f",&cap);
// Printf ("\n C bosluğu (st.2.167) .....: "); scanf ("%f",&carpan);
//Printf ("\n Diş dibi kanal genişliği K="); scanf ("%f",&K);
//Printf ("\n Diş dibi kanal genişliği L="); scanf ("%f",&L);
Initgraph (&gdriver, &gmode, " ");
Errorcode=Graphresult();
While (!cikis)
{ Çiz ();
Outtextxy (0, getmaxy() -textheight("A"),"ENTER-Açıyı değiştir");
Kbd=Getch ();
If (kbd==13)
{Setviewport (0, getmaxy() -textheight("A"), getmaxx(),getmaxy(),1);
Clearviewport();
Setviewport (0,0, getmaxx(),getmaxy(),1);
Outtextxy (0, getmaxy() -textheight("A"),"Açıyı Giriniz: ");
Scanf ("%f", &kaydirma_acisi);
};
If (kbd==27) cikis=1;
};
Closegraph();
};

```

EK-8**PİMLİ DİŞLİ MODELİ GÖBEK İMALATI İÇİN C PROGRAMI**

```

#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
#define PI 3.1415926
Int Z, i ;
Float M, X, C, B, DF, L, K, kaydirma_acisi=0;//, carpan=2.167 ;
FILE *dosya ;
Char ad[100],cikis=0;
Float der (float rad)
{ return (float) (180.0*rad) / PI ;
} ;
void ciz( )
{ X= (float) (2.0*PI) / (float) Z ;
C=(float) M*0.167;
B=(float) C+M ;
//DF=(float) M+Z-carpan*M ;
DF=(float) (M*Z-((2.0*B)) ;
L=(float) (M*2.5) ;
K=(float) (M*PI/2.0) ;
Dosya=fopen (ad,"wt") ;
Cleardevice ( ) ;
Fprintf ( dosya , "\n//M= %5.2f",M) ;
Fprintf ( dosya , "\n//Z= %5d",Z) ;
// Fprintf ( dosya , "\n//DF=%5.5f",DF) ;
// Fprintf (dosya , "\n//L= %5.5f",L) ;
// Fprintf (dosya , "\n//K= %5.5f\n",K) ;
// Fprintf (dosya , "\ncap= %5.5f\n",cap) ;
Fprintf (dosya , "\n// kanalların ortalarına acılara PİM deliklerinin koordinatları." ) ;

```

```

Fprintf (dosya ,"\nG90") ;
Fprintf (dosya ,"\nG40") ;
Fprintf (dosya ,"\nG17") ;
Fprintf (dosya ,"\nG21") ;
Fprintf (dosya ,"\nG54 X0. Y0. Z0.") ;
Fprintf (dosya ,"\nM03 s1000") ;
Fprintf (dosya ,"\nF150") ;
// Fprintf ( dosya ,"\n//G41 Q2.0") ;
// Fprintf ( dosya ,"\n//G42 Q2.0") ;
// Fprintf ( dosya ,"\n//G01 X100. Y25.") ;
// Fprintf ( dosya ,"\n//G01 Z-5") ;
Circle (300,250,200) ;
Line (50,250,550,250) ;
Line (300,25,300,475) ;
For (i=1;i<=Z;i++)
{ Float aci , teta , disu , disa , DF_,X_,Y_ ;
DF_=DF/2.0 ;
Aci=(Float) X*i+((kaydirma_acisi*PI)/180) ;
Teta=asin(K/DF) ;
Disa=aci-teta ;
Disu=aci+teta ;
//      Fprintf      (dosya,      "\nAçı=%10.7f,      DişA      =%10.7f,      DişU=
%10.7f",der(aci),der(disa),der(disu));
Fprintf (dosya,      "\n G03%3d - X%15.9f      Y%15.9f      R%10.5f", //1,DF_*cos
(disa),DF_*sin (disa) , DF_) ;
Fprintf (dosya,      "\n G01%3d - X%15.9f      Y%15.9f", 1,(DF_-L)*cos (disa) ,
(DF_-L)*sin (disa));
Fprintf (dosya,      "\n %G023d-X%15.9f      Y%15.9f      R%12.9f", 1,(DF_-L)*cos
(disu),(DF_-L)*sin      (disu),sqrt(((DF_-L)*cos(disa)-(DF_-L)*cos(disu))*((DF_-
L)*cos(disa)-(DF_-L)* sin(disu))*((DF_-L)*sin(disa)- (DF_-L)*sin(disu)))*0.5);
Fprintf (dosya,      "\n G01 %3d - X%15.9f      Y%15.9f", //1,(DF_*cos(disu) ,
DF_*sin(disu)) ;

```

```

Fprintf(dosya, "\G99 G81 %3d - X%15.9f Y%15.9f Z-10. R3 F75 ", 5, (DF_-
(L/2.0))*(cos(aci)) , (DF_-(L/2.0))*(sin(aci))) ;
If(i==1) setcolor(4); else setcolor (i+%2+2) ;
Line(300,250,300,250*cos(aci),250-250*sin(aci)) ;
Circle(300+200*cos(disu),250-200*sin(disu),3) ;
{ Char s[5] ;
Sprintf (s,"%d",1) ;
Outtextxy (302+200*cos(disu),252-200*sin(disu),s) ;
} ;
Circle(300+200*cos(disu),250-200*sin(disu),3) ;
{ Char s[5] ;
Sprintf (s,"%d",4) ;
Outtextxy (302+200*cos(disu),252-200*sin(disu),s) ;
} ;
Circle(300+150*cos(disu),250-150*sin(disu),3) ;
{ Char s[5] ;
Sprintf (s,"%d",2) ;
Outtextxy (302+150*cos(disu),252-150*sin(disu),s) ;
} ;
Circle(300+150*cos(disu),250-150*sin(disu),3) ;
{ Char s[5] ;
Sprintf (s,"%d",3) ;
Outtextxy (302+150*cos(disu),252-150*sin(disu),s) ;
} ;
} ;
Fclose (dosya) ;
} ;
Void main()
{ Int gdriver =DETECT, gmode , errorcode ;
Char kbd ;
Clrscr( ) ;

```



```

Printf (“\n Kanallar ve kanalların ortalarına açılacak PİM deliklerinin koordinatlarını verir.”) ;
Printf (“\n Dosya adi.....: “) ; scanf (“%s”,ad) ;
Printf (“\n Diş Sayısı (Z) .....: “) ; scanf (“%d",&Z) ;
Printf (“\nModül (M) .....: “) ; scanf (“%f",&M) ;
// Printf (“ cap telafisi için çakı capı ...: “) ; scanf (“%f",&cap) ;
// Printf (“\n C boslugu (st.2.167) .....: “) ; scanf (“%f",&carpan) ;
//Printf (“\n Diş dibi kanal genişliği K=”) ; scanf (“%f",&K) ;
//Printf (“\n Diş dibi kanal genişliği L=”) ; scanf (“%f",&L) ;
Initgraph (&gdriver, &gmode, “ ”) ;
Errorcode=Graphresult( ) ;
While (!cikis)
{ Çiz ( ) ;
Outtextxy (0, getmaxy( )-textheight(“A”),”ENTER-Açıyı değiştir”) ;
Kbd=Getch ( ) ;
If(kbd==13)
{Setviewport (0, getmaxy( )-textheight(“A”), getmaxx( ),getmaxy( ),1) ;
Clearviewport( ) ;
Setviewport (0,0, getmaxx( ),getmaxy( ),1) ;
Outtextxy (0, getmaxy( )-textheight(“A”),”Açıyı Giriniz: ”) ;
Scanf (“%f”, &kaydirma_acisi);
} ;
If(kbd==27) cikis=1 ;
} ;
Closegraph( ) ;
} ;

```

EK-9**KAMALI DİŞLİ MODELİ GÖBEK İMALATI İÇİN C PROGRAMI**

```

#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include<math.h>
#define PI 3.1415926
Int Z, i;
Float M, X, C, B, DF, L, K, kaydirma_acisi=0;// ,carpan=2.167 ;
FILE *dosya ;
Char ad[100] , cikis=0 ;
Float der (float rad)
{ return (float) (180.0*rad) / PI;
};
void ciz( )
{ X= (float) (2.0*PI) / (float) Z ;
C=(float) M*0.167;
B=(float) C+M;
DF=(float) (M*Z-((2.0*B))) ;
L=(float) (M*2.5) ;
K=(float) (M*PI/2.0) ;
//Rmc=(Float) L / 6.0 ;
//Rc=(Float) cap/2.0 ;
Dosya=fopen (ad,"wt") ;
Cleardevice( ) ;
Fprintf ( dosya , "\nM= %5.2f", M ) ;
Fprintf ( dosya , "\nZ= %5d", Z ) ;
Fprintf ( dosya , "\nDF= %5.5f", L ) ;
Fprintf ( dosya , "\nL= %5.5f", L ) ;
Fprintf ( dosya , "\nK= %5.5f\n\n", K ) ;

```

```

Fprintf ( dosya, "\n//sst kenardan kama verilerek kanal ve kanala uygun parçaların
çıkartılması için kullanılacak koordinatları verir.");
Fprintf ( dosya, "\n// kanalları açmak için 1-, 2-, 3-, 8- nolu satırlar, kama'yı oluşturan
4-, 5-, 6-, 7- nolu satırlar.");
Fprintf ( dosya, "\n// kullanılacak cakı capı= %5. 5f\n\n",cap);
Fprintf ( dosya, "\nG90");
Fprintf ( dosya, "\nG40");
Fprintf ( dosya, "\nG17");
Fprintf ( dosya, "\nG21");
Fprintf ( dosya, "\nG54 X0. Y0. Z10.");
Fprintf ( dosya, "\nM03 S1000");
Fprintf ( dosya, "\nF150");
Fprintf ( dosya, "\n// G41 Q2. 0");
Fprintf ( dosya, "\n// G42 Q2. 0");
Fprintf ( dosya, "\nG01 X100. Y25. ");
Fprintf ( dosya, "\nG01 Z-5. ");
Circle ( 300 , 250 , 200 );
Line ( 50 , 250 , 550 , 250 );
Line ( 300 , 25 , 300 , 475 );
For ( i=1; i<=Z;i++)
{ Float aci, teta, disu, disa, DF_, Len1, Len2 ,g, Al, gama1, gama2, DL1, DL2 ;
DF=DF/2.0 ;
Aci= (float) X*i + ((kaydirma_acisi*PI)/180);
Teta=asin (K/DF);
Disa=aci – teta ;
Disu=aci + teta ;
Rmc=L/ 4.0 ;
Rc=cap/ 2.0 ;
Len1=sqrt ((Rmc*Rmc)+(2.0*Rc*Rmc));
Len2=Len1-Rc ;
Al=acos (Len2/Rmc);
G=tan(Al)*Rmc ;

```

```

Gamal=atan (g/ (DF_-L/2.0-Len2)) ;
Gama2=atan (g/ (DF_-L/2.0+Len2)) ;
DL1=cos (gama1) * (DF_-L/2.0-Len2) ;
DL2= cos (gama2) * (DF_-L/2.0+Len2) ;
// Fprintf(dosya, "\nAçı= %10.7f, DişA= %10.7f, DişU= %10.7f",der (aci) ,der (disa)
,der (disu));
Fprintf (dosya,"\n G03%3d - X%15.9f Y%15.9f R%10.5f", 1, DF_*cos (disa) ,
DF_*sin (disa) ,DF_);
Fprintf (dosya,"\n G01%3d - X%15.9f Y%15.9f " , 1, (DF_-L)*cos (disa) , (DF_-
L)*sin (disa)) ;
Fprintf (dosya,"\n G02 %3d - X%15.9f Y%15.9f R12.9f " ,1, (DF_-L)*cos
(disu),(DF_-L)*sin (disu),sqrt (((DF_-L*cos (disa) - (DF_-L)*cos (disu))*((DF_-L)*cos
(disa)- (DF_-L)*cos(disu)) + ((DF_-L)*sin (disa)- (DF_-L)*sin (disu))*((DF_-L)*sin
(disu) - (DF_-L)*sin(disu))))*0.5) ;
Fprintf (dosya, "\n G01 %3d - X%15.9f Y%15.9f " , 1, (DF_-(L/2.0) - Len1) *cos
(disu) , (DF_-(L/2.0) - Len1) *sin (disu)) ;
Fprintf (dosya, "\n G02 %3d - X%15.9f Y%15.9f R%5.3f " , 1, DL1*cos (disu -
gama1) , DL1*sin (disu - gama1) , Rc) ;
Fprintf (dosya, "\n G03%3d - X%15.9f Y%15.9f R%12.9f " , 1, DL2*cos (disu -
gama2) , DL2*sin (disu - gama2) , Rmc) ;
Fprintf (dosya, "\n G02 %3d - X%15.9f Y%15.9f R%5.3f " , 1, (DF_- (L/2.0) +
Len1)*cos (disu) , (DF_- (L/2.0) + Len1)*sin (disu) , Rc) ;
Fprintf (dosya, "\n G01 %3d - X%15.9f Y%15.9f " , 1, DF_*cos (disu) , DF_*sin
(disu)) ;
If (i==1) setcolor (4) ; else setcolor (i%2+2) ;
Line (300 , 250 , 300 + 250*cos (aci) , 250 - 250*sin (aci);
Circle (300 + 200*cos (disa) , 250 - 200*sin (disa) , 3) ;
{ Char s [5] ;
Sprintf (s , "%d" , 1) ;
Outtextxy (302 + 200*cos (disa) , 252 - 200sin (disa) , s) ;
} ;
Circle (300 + 200*cos (disu) , 250 - 200*sin (disu) , 3) ;

```

```

{ Char s[5];
Sprintf(s, "%d", 4);
Outtextxy(302 + 200*cos(disu), 252 - 200*sin(disu), s);
};
Circle(300 + 150*cos(disu), 250 - 150*sin(disu), 3);
{ Char s[5];
Sprintf(s, "%dosya", 2);
Outtextxy(302 + 150*cos(disu), 252 - 150*sin(disu), s);
};
Circle(300 + 150*cos(disu), 250 - 150*sin(disu), 3);
{ Char s[5];
Sprintf(s, "%d", 3);
Outtextxy(302 + 150*cos(disu), 252 - 150*sin(disu), s);
};
};
Fclose(dosya);
};
Void main()
{ Int gdriver = DETECT, gmode, errorcode;
Char kbd;
Clrscr();
Printf("\n üst kenardan kama verilerek kanal ve kanala uygun parçaların çıkartılması
için kullanılacak noktaların koordinatları listeleyerek verir. ");
Printf("\n Dosya Adı .....: "); scanf("%s", ad);
Printf("\n Modül (M).....: "); scanf("%f", &M);
Printf("\n Dış sayısı (Z).....: "); scanf("%d", &Z);
Printf("\n Kullanılacak çakı çapı.....: "); scanf("%f", &çap);
// Printf("\n C boşluğu (st. 2. 167).....: "); scanf("%f", &çarpan);
// Printf("\n Dış dibi kanal genişliği K="); scanf("%f", &K);
// Printf("\n Dış dibi kanal derinliği L="); scanf("%f", &L);
Initgraph(&gdriver, &gmode, "");
Errorcode = graphresult();

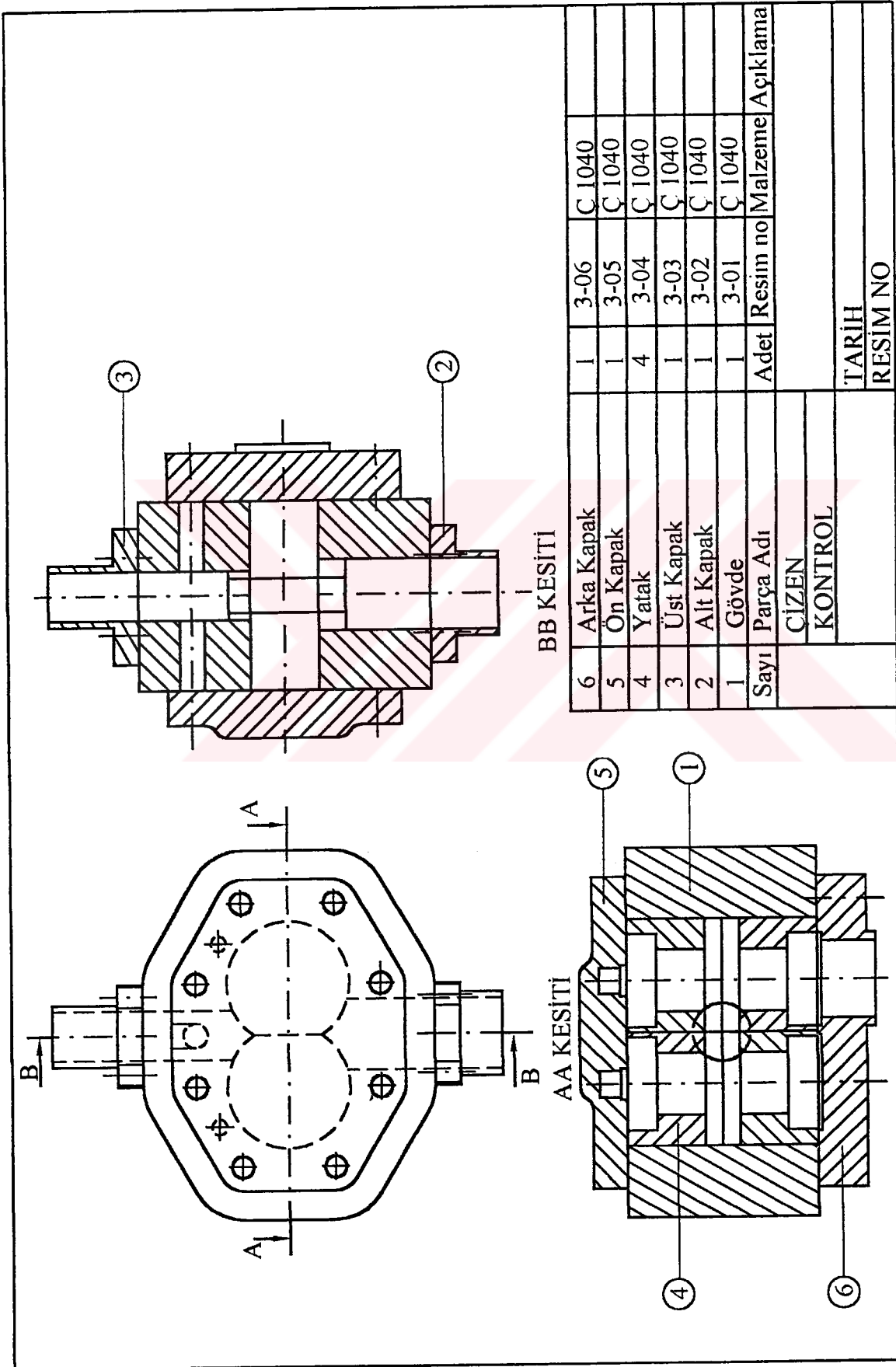
```

```

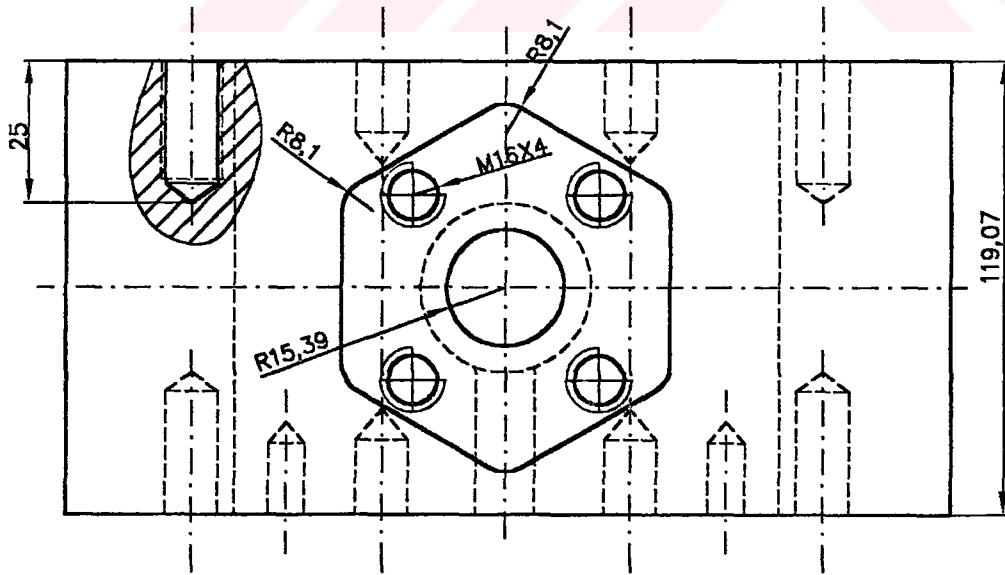
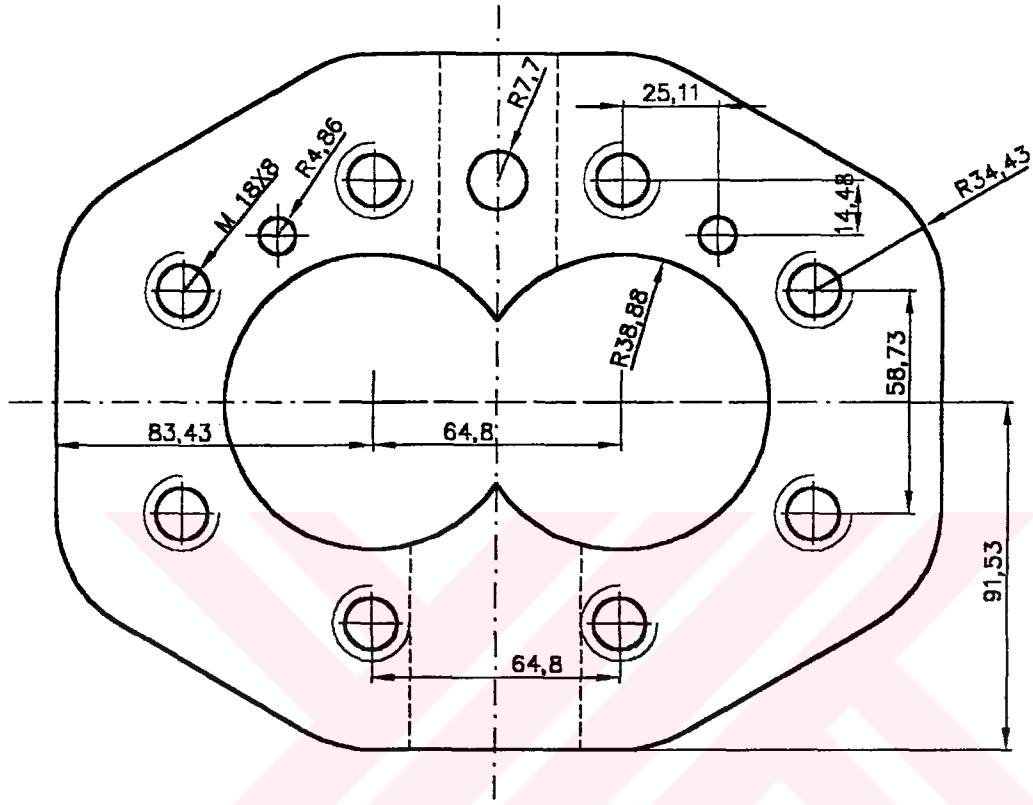
While ( ! çıkış)
{
    çiz ( ) ;
    Outtextxy ( 0 , getmaxy ( ) – textheight ( “A” ) , “ENTER” – açıyı değiştir ) ;
    Kbd = getch ( ) ;
    If (Kbd ==13)
    {
        Setviewport ( 0 , getmaxy ( ) – textheight ( “A” ) ,getmaxx ( ) , getmaxy ( )
        ,1);Clearviewport ( ) ;
        Setviewport ( 0 , 0 , getmaxx ( ) getmaxy ( ) , 1 ) ;
        Outtextxy ( 0 , getmaxy ( ) – textheight ( “A” ) , “Açıyı giriniz: ” ) ;
        Scanf ( “%f” , &kaydırma_ açısı ) ;
    } ;
    If (kbd==27) çıkış=1 ;
} ;
Closegraph ( ) ;
} ;
Closegraph ( ) ;
{ ;

```

EK-10. Dişli Pompa

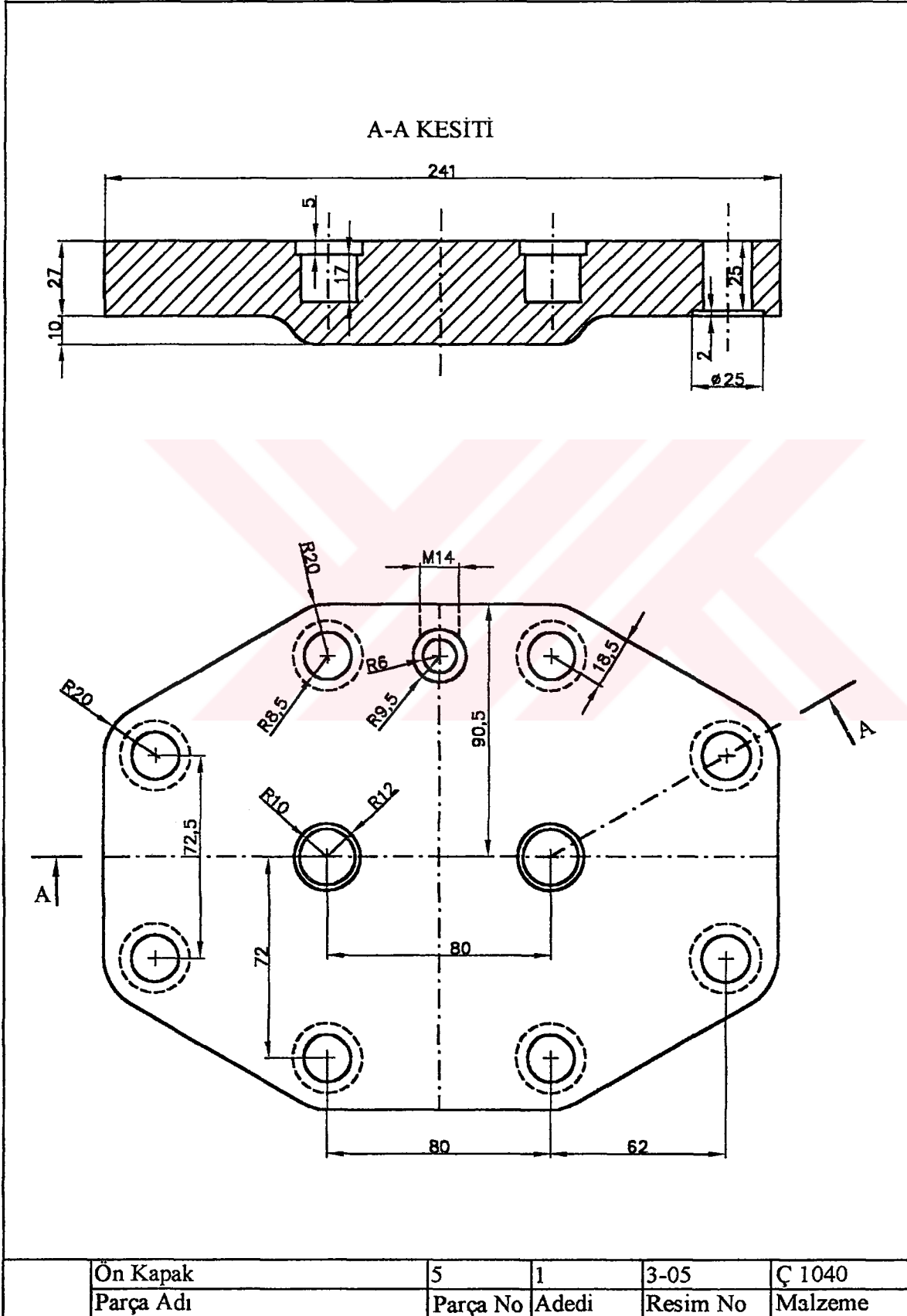


EK-10.1. Dişli Pompa Gövdesi



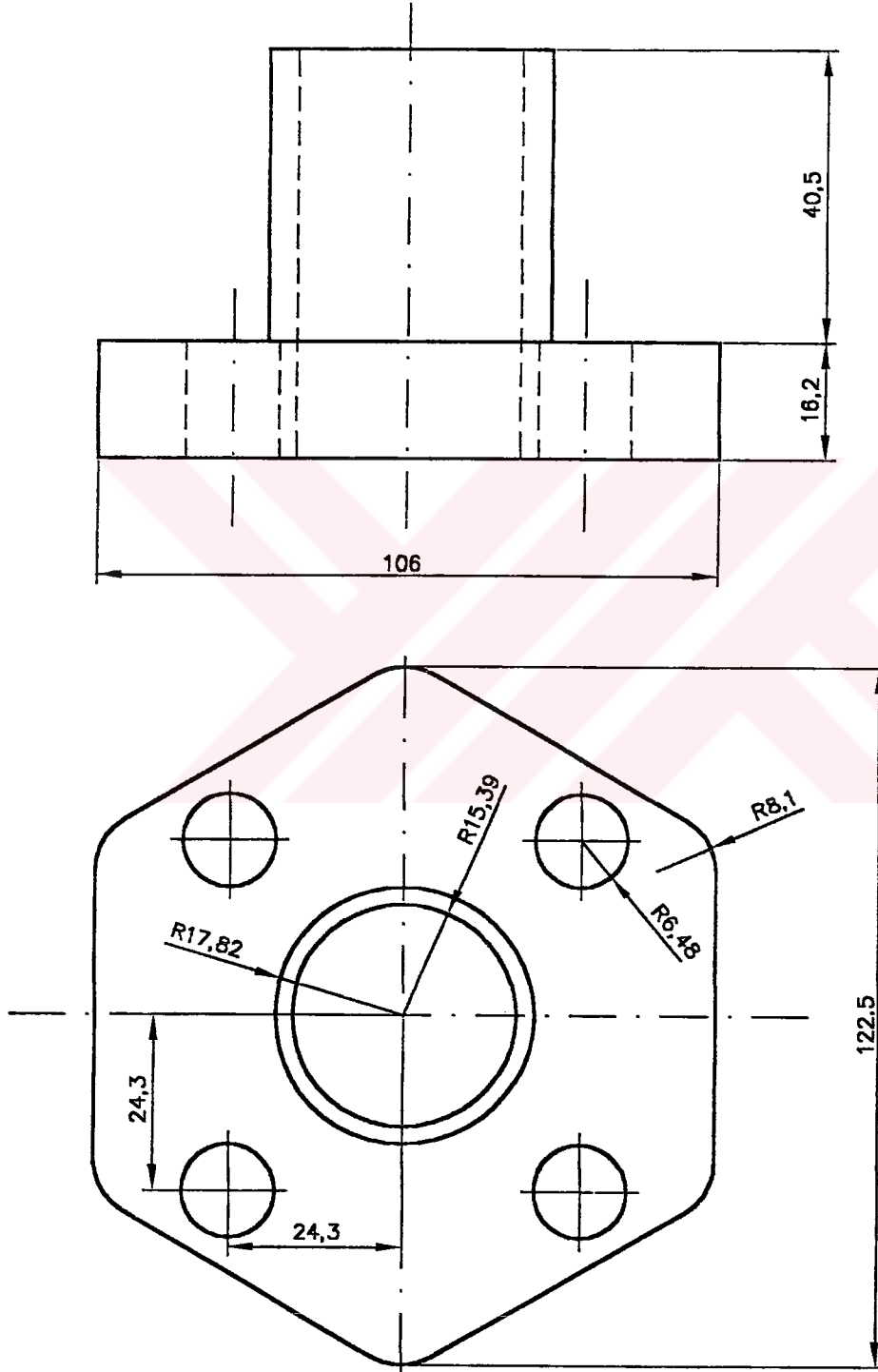
Gövde	6	1	3-06	Ç 1040
Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme

EK-10.2. Dişli Pompa Gövdesi Ön Kapak



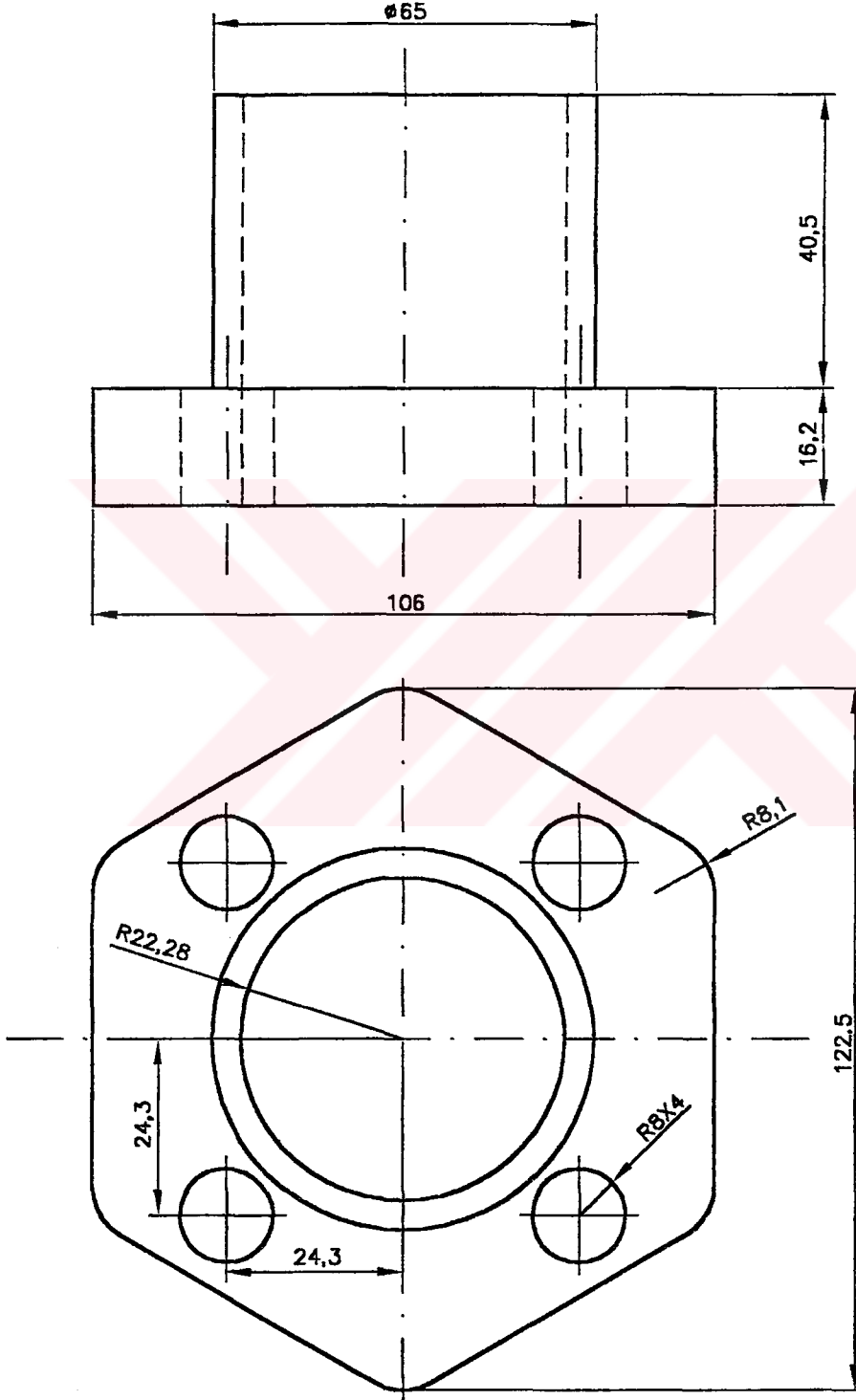
Arka Kapak	6	1	3-06	Ç 1040
Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme

EK-10.4. Dişli Pompa Gövdesi Üst Kapak



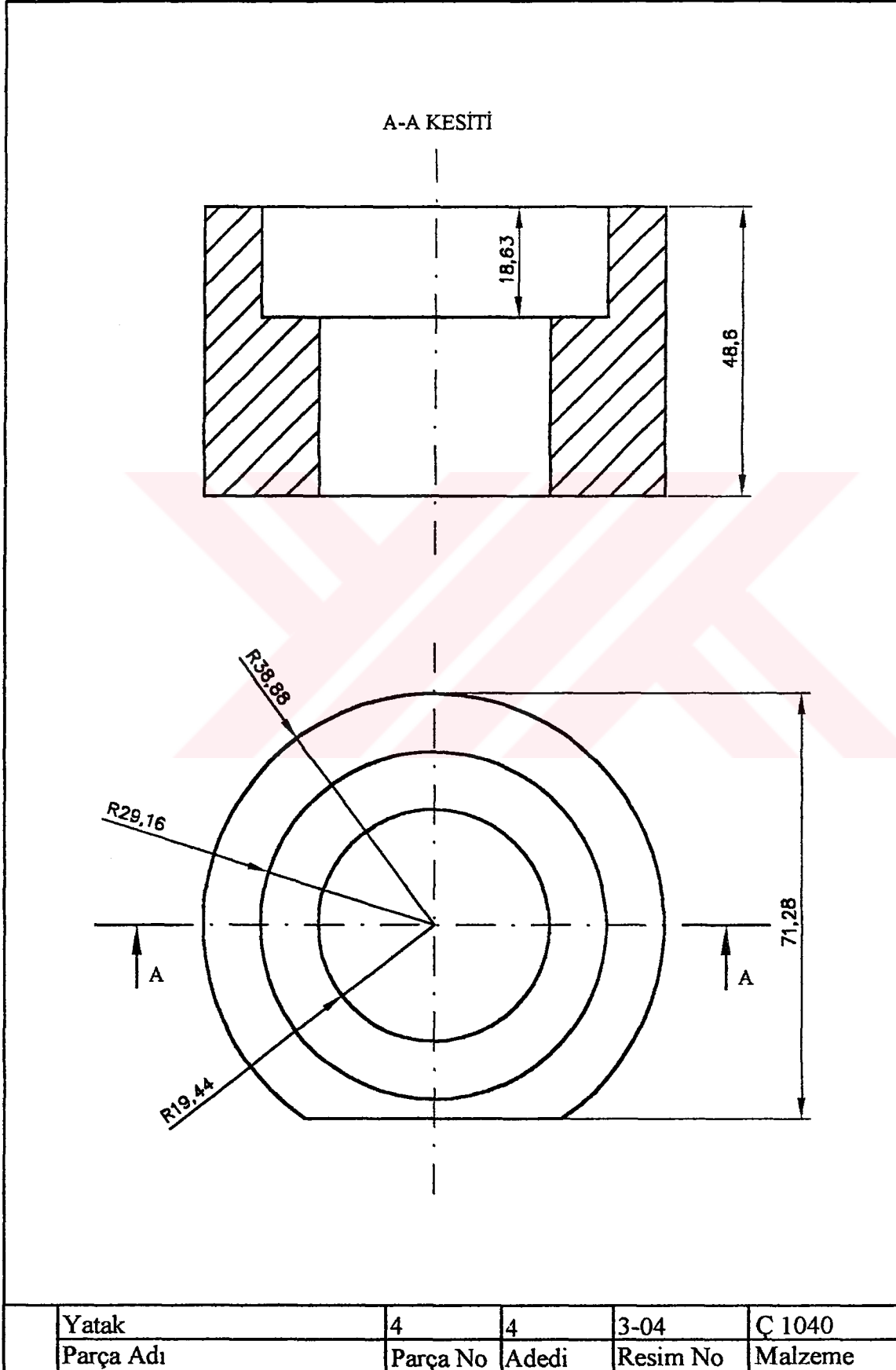
Üst Kapak	3	1	3-03	Ç 1040
Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme

EK-10.5. Dişli Pompa Gövdesi Alt Kapak

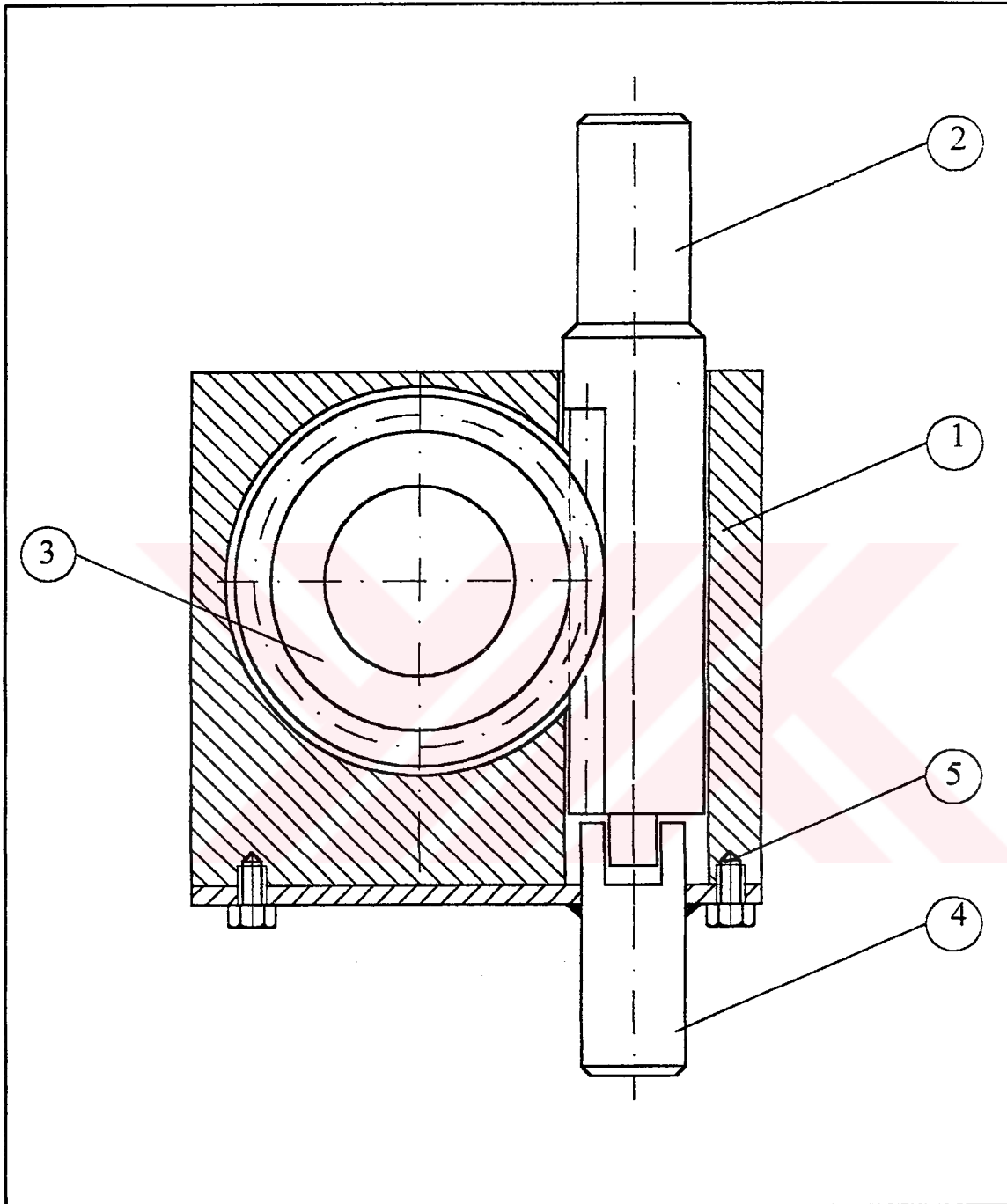


Alt Kapak	2	1	3-02	Ç 1040
Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme

EK-10.6. Dişli Pompa Gövdesi Rulman Yatakları

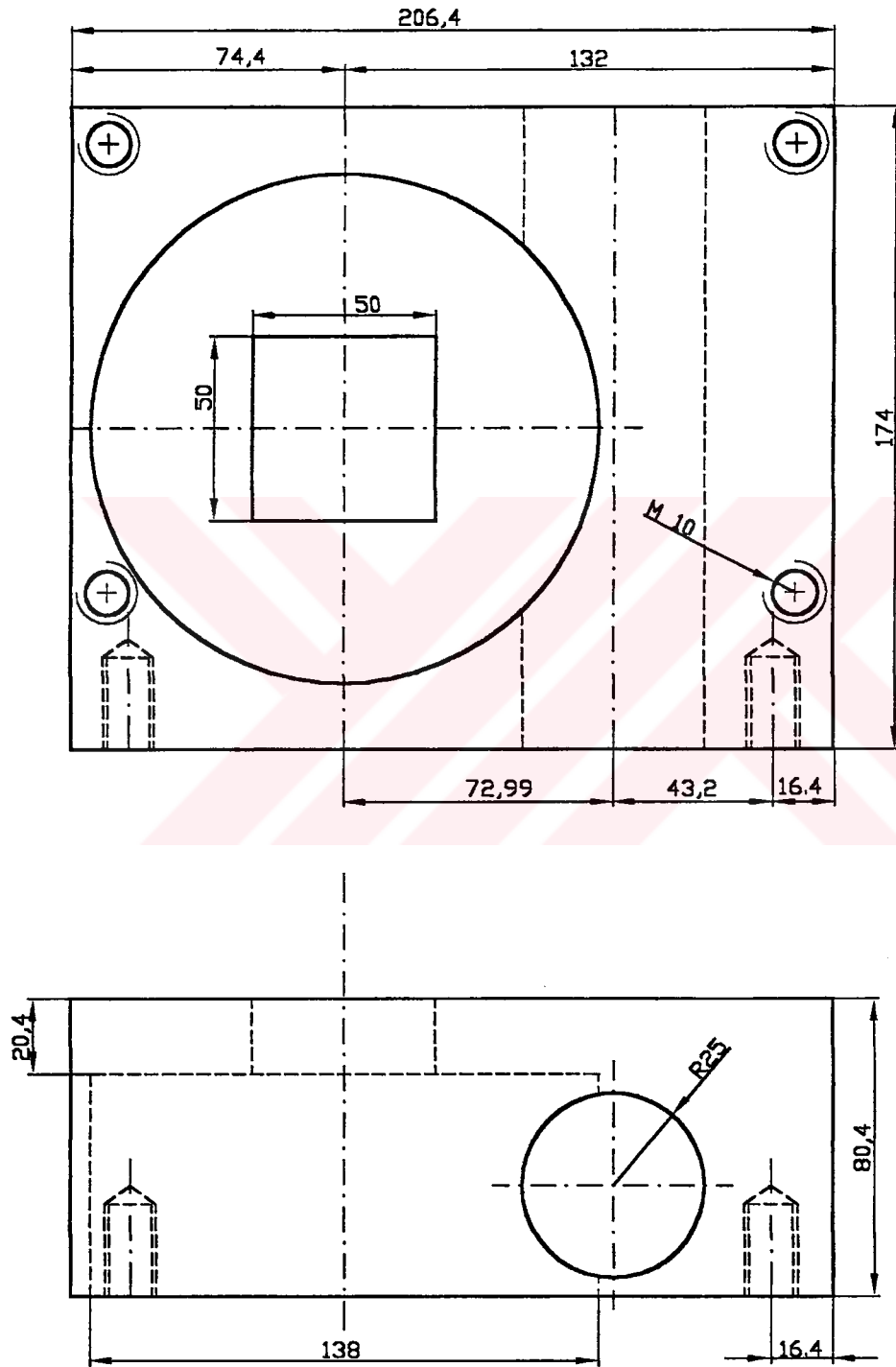


EK-11. Dişli Çekme Aparatı



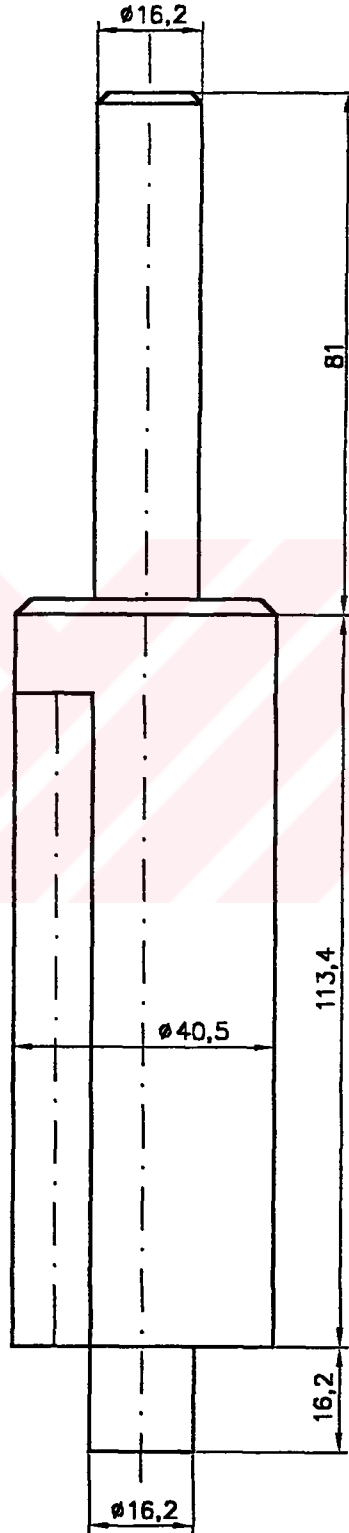
5	M10 Civata	4	FÜ.208	Ç 1040	
4	Alt Tutucu ve Kapak	1	FÜ.205	Ç 1050	
3	Düz Dişli	8	FÜ.203	Ç 1050	
2	Kramayer Dişli	1	FÜ.202	Ç 1060	
1	Gövde	1	FÜ.201	Ç 1030	
Sayı	Parça Adı	Adet	Resim no	Malzeme	Açıklama
	ÇİZEN				
	KONTROL				
			TARİH		
			RESİM NO:		

EK-11.1. Çekme Aparatı Gövdesi



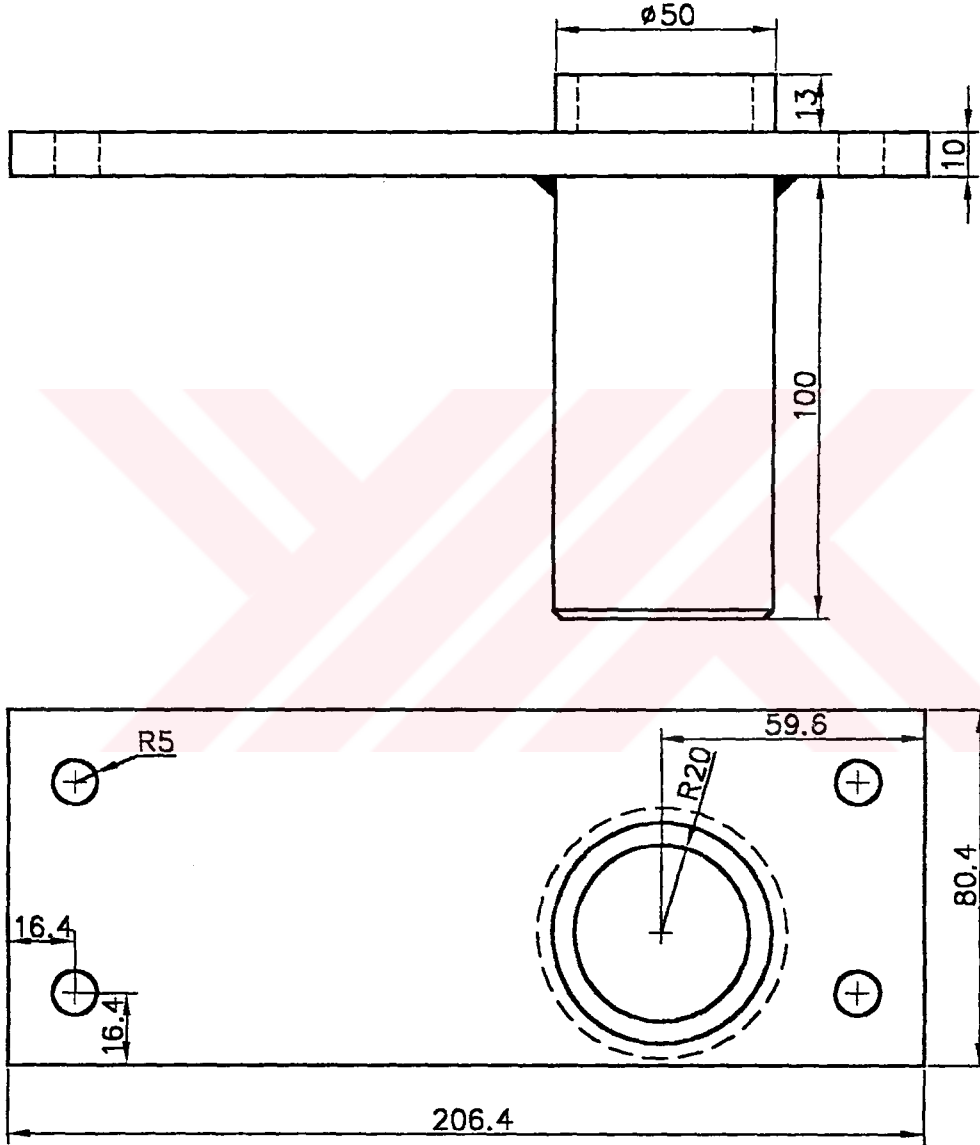
Gövde	1	1	FÜ.201	Ç 1030
Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme

EK-11.2. Kramayer Dişli



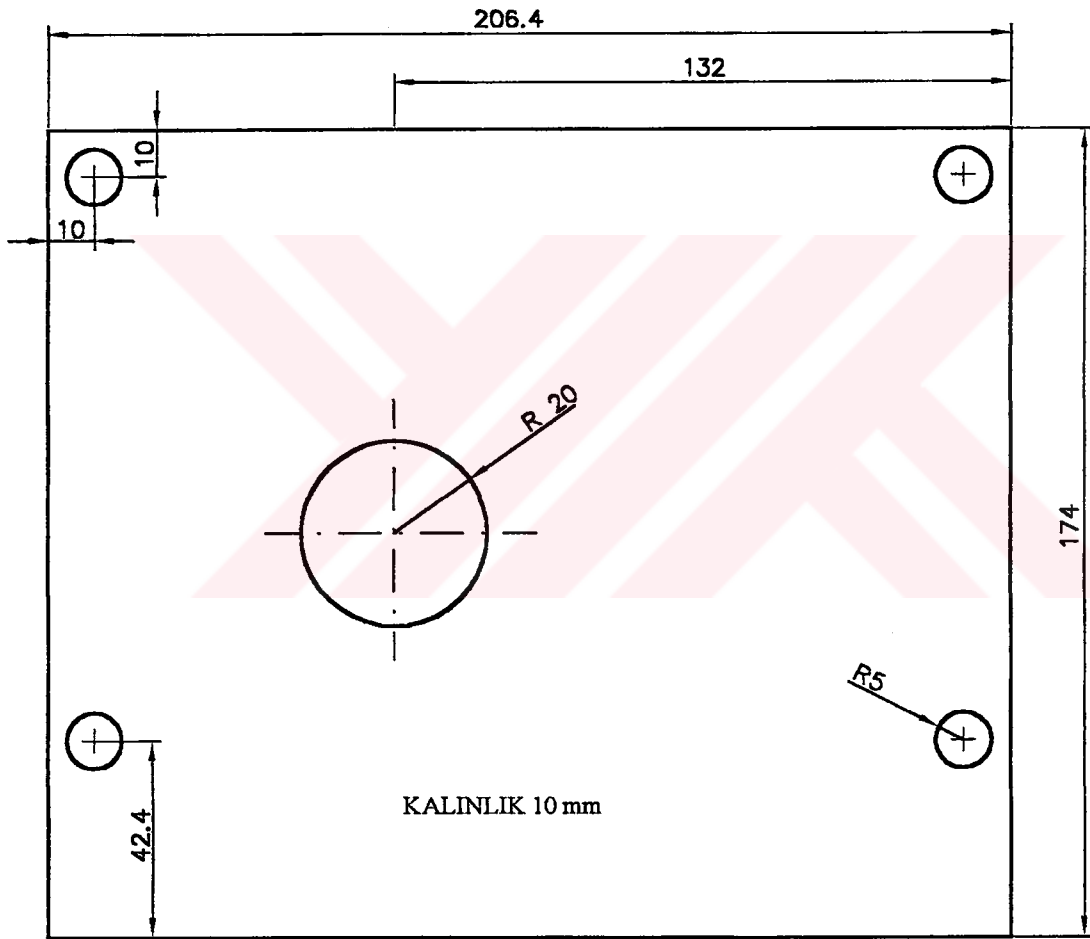
Kramayer Dişli	2	1	FÜ.202	Ç 1060
Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme

EK-11.3. Alt Kapak



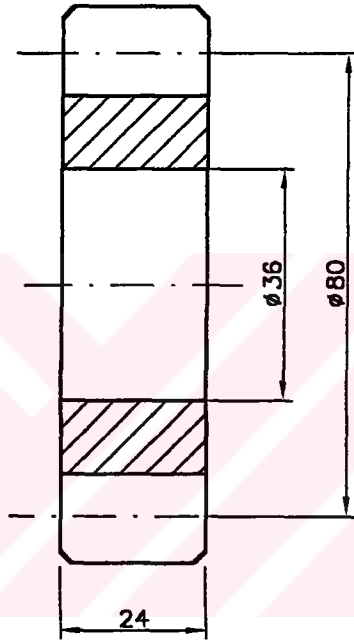
Alt Tutucu ve Kapak	4	1	FÜ.205	Ç 1050
Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme

EK-11.4. Ön Kapak



Ön Kapak	6	1	FÜ.204	Ç 1050
Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme

EK-11.5. Düz Dişli



			Diş Sayısı	Z	10
			Modül	m	8
			Kavrama Açısı	α_s	20°
			Diş Yüksekliği	h	17.66
	Düz Dişli	3	8	FÜ.203	Ç 1050
	Parça Adı	Parça No	Adedi	Resim No	Malzeme