

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

**DÜZ KONİK DİŞLİLERİN SAYISAL DENETİMLİ FREZE
TEZGAHLARINDA HASSAS ŞEKİLDE AÇILMASININ
TASARIMI VE İMALATI**

Mak. Yük. Müh. Cihan ÖZEL

DOKTORA TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

2000

**EC FİRAT ÜNİVERSİTESİ KUTUPU
DOKÜMANLARI MERKEZİ**

96 3 26

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜZ KONİK DİŞLİLERİN SAYISAL DENETİMLİ FREZE
TEZGAHLARINDA HASSAS ŞEKİLDE AÇILMASININ
TASARIMI VE İMALATI**

Mak. Yük. Müh. Cihan ÖZEL

DOKTORA TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez,..... Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği / Oyçokluğu İle Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

Danışman:

Doç.Dr. Ali İNAN

(İmza)

(İmza)

ÖZET

Doktora Tezi

**DÜZ KONİK DİŞLİLERİN SAYISAL DENETİMLİ FREZE
TEZGAHLARINDA HASSAS ŞEKİLDE AÇILMASININ
TASARIMI VE İMALATI**

Mak. Yük. Müh. Cihan ÖZEL

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

2000, Sayfa: 141

Endüstride hassas olarak konik düz dişlilerin imal edilebilmeleri için özel amaçlı takım tezgahlarına gerek duyulması, bu dişlilere az sayıda ihtiyaçları olanlar için önemli bir engel teşkil etmektedir. Herhangi bir nedenle yenilenmesi gereken konik dişliler freze tezgahlarında modül çakılarıyla ancak yaklaşık olarak açılabilirdiğinden, hem çalışan dişli verimsiz olmakta, hem de birlikte çalıştığı dişlinin de ömrünü aşırı derecede kısaltmaktadır. Ülkemizde konik dişli açma tezgahları sayıca çok kısıtlı olduğundan, küçük işletmelerde hassas konik düz dişli açımı önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, son yıllarda ülkemizde de Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrollü genel amaçlı freze tezgahlarının yaygınlaşması göz önünde bulundurularak, küçük

işletmelerdeki az sayıdaki konik dişli ihtiyaçlarını karşılamak üzere, bu tezgahlardan yararlanabilme olanakları ile genel bir programın geliştirilmesi konusunun araştırılması amaçlandı. Bu amaç için, ilk önce piyasada mevcut olan bütün konik dişli imalat yöntemleri incelendi. Bu yöntemlerin incelenmesinden sonra, piyasada kullanılabilecek yeni  konik düz dişli açma şekli üzerinde duruldu. Bunlar sırasıyla;

- 1) Vargel tezgahında konik düz dişli açmak için kullanılan Matterson Aparatı, klasik freze tezgahına bağlandı ve herhangi bir özel akıya ihtiyaç duyulmadan, parmak freze çakısıyla konik düz dişliler açıldı,
- 2) Dik işlem Merkezli CNC freze tezgahında, Matterson Aparatı kullanılarak konik düz dişlilerin imalatının yapılması konusu düşünüldü. Bunun için, tamamen yeni bir konik freze akısı tasarlanarak imal edildi. Bu akı ile konik dişlinin sağ ve sol diş profillerinin aıla bilmesi için, farklı iki CNC programı hazırlanarak, konik düz dişliler imal edildi,
- 3) Yardımcı bir aparat kullanmadan, CNC Dayna freze tezgahında konik düz dişlilerin açılması için, CNC imalat programı hazırlanarak konik düz dişlilerin açılması sağlandı.

Bu üç yoldan imal edilen konik düz dişliler ile piyasada kullanılan Doğu Alman malı ve özel konik düz dişli açma tezgahı olan ZFTK 250/1' de de aynı ölçülerde konik düz dişliler açılarak, hatve ve yüzey pürüzlülük miktarları karşılaştırılıp araştırma tamamlandı.

Anahtar Kelimeler: Konik dz dişli, Matterson Aparatı, CNC Freze Tezgahı, zel konik freze akısı.

SUMMARY

PhD Thesis

THE DESIGN AND MANUFACTURING OF STRAIGHT BEVEL GEARS ACCURATELY IN CNC MILLING MACHINES

Mak. Yk. Mh. Cihan ZEL

Fırat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

2000, Page: 141

The need of special aimed machine tool for manufacturing straight bevel gears accurately is an important problem for the ones who need only a few of these gears. Since the need for bevel gears to be renewed, because of any reasons, are able to be manufactured in milling machine by module milling cutters approximately, the working gear manufactured becomes unproductive and the service life bevel gear works with it is much more shortened. In our country, since these are limited number of machines for manufacturing bevel gears, the manufacturing of accurately bevel gears is very important problem in small workshops.

In recent years, considering general aimed CNC miling machinings become wide spread over the country, for meeting the need of a few bevel gears in workshops, it is aimed to develop a general program using CNC. For this aim, firstly all bevel gear manufacturing methods exist already in use were examined. After examining these methods, three kinds of bevel gears manufacturing type that can be used in industry were investigated. These methods are as follow;

- 1) Matterson apparatus which is used to cut straight bevel gear at shape machines was attached to a classic milling machine and bevel gear were cut by milling cutter without using any special cutter.
- 2) Using Matterson apparatus at CNC milling machine manufacturing of straight bevel gear was thought for this reason a completely new taper miling cutter was manufactured. Straight bevel gears were manufactured by prepearing two different CNC programs so as to cut right and left gear profiles of the bevel gear with this cutter
- 3) Preparing a CNC manufacture program straight bevel gears were cut at CNC Dyna milling machine without any apparatus.

Straight bevel gears manufactured in three in ways were compared with straight bevel gear used in industry made by East Germany ZFTK 250/1 and their pitch and face roughness were measured and presented in graphs and tables.

Key Words: Straight bevel gears, Matterson Apparatus, CNC Milling Machines, Special taper milling cutter.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında çalışmalarımı teşvik eden, her türlü yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ali İNAN' a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca laboratuvar imkanlarından faydalanmamı sağlayan bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Kazım PIHTILI' ya, Teknik Eğitim Fakültesi CNC Laboratuvarından faydalanmamda yardımcı olan Öğr. Gör. Vedat SAVAŞ' a, Makina Mühendisliği bölümü atölye teknisyenlerine, tezi hazırlamamda manevi desteklerinden dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKSOY ve eşim Arş. Gör. Meral ÖZEL' e teşekkür ederim.

Araştırmanın tamamlanması için TAKSAN A.Ş. Genel Müdürlüğü imalat ünitesi imkanlarını sağlayan, AR-GE Müdürü Sayın Mak. Yük. Müh. Bahri UZUNER beye ve tüm emeği geçenlere teşekkür ederim.

Cihan ÖZEL

İÇİNDEKİLER

Saysa No

ÖZET.....	I
SUMMARY.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	X
TABLolar LİSTESİ.....	XIV
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XV
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Dişli Çarkların Tarihçesi.....	6
2.2. Günümüzde Kullanılan Çeşitli Dişli Çark Mekanizmaları ve Sınıflandırılması.....	7
2.3. Düz Konik Dişliler.....	9
2.4. Konik Dişli Geometrisi.....	9
2.5. Okdoid Eğrisi.....	12
2.6. Konik Dişli Çark Mekanizmalarının Genel İfade ve Özellikleri.....	14
2.6.1. Bölüm Dairesi Çapı.....	14
2.6.2. Adım (Hatve).....	14
2.6.3. Diş Sayısı.....	14
2.6.4. Diş Başı Yüksekliği.....	15
2.6.5. Diş Dibi Yüksekliği.....	15
2.6.6. Diş Derinliği.....	15
2.6.7. Diş Kalınlığı (Taksimat dairesi üzerindeki).....	15
2.6.8. Konum Açısı.....	15
2.6.9. Diş Başı Koniklik Açısı.....	22
2.6.10. Diş Üstü Koniklik Açısı (Tormalama açısı).....	23
2.6.11. Diş Dibi Doğuray Açısı.....	23
2.6.12. Divizör Ayar Açısı.....	24
2.6.13. Taksimat Konisi Uzunluğunun Hesabı.....	25

2.6.14. Diş Boyu Genişliği.....	25
2.6.15. Diş Üstü Çapı.....	26
2.6.16. İç Modül Hesabı.....	26
2.6.17. Ortalama Modül.....	27
2.6.18. Konik Dişli Çarkların Eşdeğer Düz Dişlisinin Bulunması.....	28
2.7. Yüzey Kalitesi ve Yüzey Pürüzlülüğü.....	29
3. DÜZ KONİK DİŞLİ ÇARK İMALAT YÖNTEMLERİ.....	36
3.1. Üiversal Freze Tezgahında Düz Konik Dişli İmalatı.....	36
3.2. Şablon İle Konik Dişli İmalatı.....	39
3.3. Boşaltma Usulü Konik Dişli İmalatı.....	40
3.4. Yuvarlanma Metodu İle Düz Konik Dişli İmalatı.....	41
3.4.1. Bilgram Sistemine Göre Konik Dişli İmalatı.....	46
3.4.2. Çift Kalem İle Konik Dişli İmalatı.....	48
3.4.3. Matterson Aparatı ile Vargel Tezgahında Düz Konik Dişli İmalatı.....	50
3.4.3.1. Matterson Aparatında Yuvarlanma Hareketinin Oluşumu.....	51
3.4.3.2. Matterson Aparatında Dişlerin Kesilmesi.....	55
3.4.3.3. Aparat Üzerinde Konik Dişli Diş Dibi Açısının Ayarlanması.....	58
3.4.3.4. Koni Açısının Ayarı.....	59
3.4.3.5. Ara dişlileri.....	59
3.4.3.6. Diş Sayısı Bölümü Yapmak.....	60
3.4.3.7. Açılacak Konik Dişlisinin Aparat Malafasına Bağlanması.....	60
3.4.3.8. Konik Boyu Uzunluğu.....	61
3.4.3.9. Koni Uzunluğunun Ayarlanması.....	61
4. CNC FREZE TEZGAHLARINDA DÜZ KONİK DİŞLİ İMALATININ ARAŞTIRILMASI.....	63
4.1. İmalatı Düşünülen Düz Konik Dişli Malzemesi ve Boyutlandırılması.....	63
4.2. Matterson Aparatı İle Kalıpcı Freze Tezgahında Düz Konik Dişli İmalatı.....	64
4.2.1. Matterson Aparatının Kalıpcı Freze Tezgahına Bağlanması.....	65
4.2.2. Parmak Freze Çakısının Seçimi ve Dişlerin Kesilmesi.....	66
4.3. Matterson Aparatı İle CNC Freze Tezgahında Düz Konik Dişli İmalatı.....	73

4.3.1.	Matterson Aparatının CNC Freze Tezgahına Bağlanması.....	73
4.3.2.	CNC Frezede Matterson Aparatı İle Dişli Kesmek İçin Freze Çakısının Seçimi.....	74
4.3.3.	CNC Frezede Matterson Aparatı İle Diş Boşluklarının Kesilmesi.....	75
4.3.4.	CNC Programlama İle Matterson Aparatında Sol Diş Profillerinin Kesilmesi.....	77
4.3.5.	CNC Programlama İle Matterson Aparatında Sağ Diş Profillerinin Kesilmesi.....	78
4.4.	Yardımcı Aparat Kullanmadan CNC Freze Tezgahında Konik Düz Dişli İmalatının Araştırılması.....	81
4.4.1.	Konik Düz Dişliyi CNC Freze Tezgahında Açmak İçin Uygun Programın Hazırlanması.....	82
4.4.1.1.	CNC Programlama İçin Bir Diş Profilindeki Yay Uzunluklarının Hesabı.....	84
4.4.1.2.	Konik Düz Dişli Sağ Profil Teorik Eğri Denklemlerinin Çıkartılması.....	88
4.4.1.3.	Konik Düz Dişli Sol Profil Teorik Eğri Denklemlerinin Çıkartılması.....	93
4.4.1.4.	Konik Düz Dişli Sağ Profil İmalat Eğri Denklemlerinin Çıkartılması.....	94
4.4.1.5.	Konik Düz Dişli Sol Profil İmalat Eğri Denklemlerinin Çıkartılması.....	96
4.4.1.6.	CNC Programında Konik Düz Dişli Diş Profillerinin Döndürülmesi.....	97
4.4.1.7.	Konik Düz Dişli Genel CNC İmalat Programının Çalışması ve Konik Düz Dişli İmalatı.....	98
5.	İMAL EDİLEN KONİK DÜZ DİŞLİLERİN İMALAT ÖLÇÜMLERİ VE İRDELEME.....	105
6.	GENEL SONUÇLAR.....	113
	KAYNAKLAR.....	115

EKLER.....	119
EK1.....	119
EK2.....	126



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Konik ve Düz alın dişli düzenleri.....	6
Şekil 2.2. Dişli çark mekanizmaları ve sınıflandırılması.....	8
Şekil 2.3. Konik dişli çark çifti.....	9
Şekil 2.4. Konik dişli taslaklarının yuvarlanma düzlemleri.....	10
Şekil 2.5. Küre takkesinde (dış konik dişli), Küre büyük çemberinde (plan çark), İç konik dişli.....	11
Şekil 2.6. Plan çarkı referans dişlisi olarak konik dişlilerin çalışması.....	12
Şekil 2.7. Okdoid eğrisi.....	13
Şekil 2.8. Bölüm dairesi konileri.....	16
Şekil 2.9. Konum açısı 90^0	18
Şekil 2.10. Konum açısı 90^0 den küçük.....	19
Şekil 2.11. Konum açısı 90^0 den büyük.....	20
Şekil 2.12. Konum açısı, 90^0 den büyük ve δ_2 açısı 90^0 ye eşit.....	21
Şekil 2.13. Konum açısı 90^0 den küçük ve δ_2 açısı 90^0 den küçük.....	21
Şekil 2.14. Düz konik dişlilerde diş dibi ve diş üstü açıları.....	22
Şekil 2.15. Divizör ayar açısı.....	24
Şekil 2.16. İç modülün bulunması.....	26
Şekil 2.17. Konik dişli çarkların eşdeğer düz dişlisi.....	28
Şekil 2.18. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler.....	31
Şekil 2.19. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi.....	32
Şekil 2.20. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler.....	32
Şekil 2.21. R_a ile R_p arasındaki ilişki.....	33
Şekil 2.22. Yüzey pürüzlülüğü sembollerinin gösterilişi.....	34
Şekil 2.23 Yüzey izleri ve sembolleri.....	35
Şekil 3.1. Divizörün universal freze tezgahına bağlanması.....	36
Şekil 3.2. φ açısının hesabı.....	37
Şekil 3.3. $\delta=90^0$ olan dişlilerde diş dibi ve diş üstü açıları.....	39

Şekil 3.4. Şablon ile konik dişli imalatı.....	40
Şekil 3.5. Boşaltma usulü konik dişli kesme.....	41
Şekil 3.6. Küre yüzeyinde çemberin yuvarlanma hareketi.....	41
Şekil 3.7. Küre yüzeyinde temel ve yuvarlanma çemberleri.....	42
Şekil 3.8. Küre yüzeyinde (r_t) yarıçaplı temel çember ve (r_y) yarıçaplı yuvarlanma çemberleri.....	43
Şekil 3.9. Konik dişli (Okdoid diş profili) imalatı için basit bir prensip şeması.....	45
Şekil 3.10. Bilgram sistemi, yuvarlanma metoduna göre konik dişli imalatı.....	46
Şekil 3.11. Bilgram sistemine göre konik dişli imalat tezgahı.....	47
Şekil 3.12. Bilgram tezgahında diş boşluğunun meydana gelişi.....	48
Şekil 3.13. Dişli ve çakıların hareketi.....	48
Şekil 3.14. Çift kalem ile konik dişli keserken diş profilinin oluşumu.....	49
Şekil 3.15. Matterson aparatının vargel tezgahına bağlanmış hali.....	50
Şekil 3.16. Vargel kalemi ölçüleri.....	51
Şekil 3.17a. Matterson aparatının sağ yan görünüşü.....	52
Şekil 3.17b. Matterson aparatının sol yan görünüşü.....	53
Şekil 3.17c. Matterson aparatının arka görünüşü.....	53
Şekil 3.18. Matterson aparatının kesit görünüşü.....	54
Şekil 3.19. Konik dişli kesmek için kalemin eksenlenmesi ve ilk diş boşluklarının açılması.....	55
Şekil 3.20. Diş boşluklarının açılması.....	56
Şekil 3.21. Dişli profilinin işlenmesi için kalemin konumları.....	57
Şekil 3.22. Dişler kesilirken kalemin hareketleri.....	58
Şekil 3.23. Aparat ara dişlileri.....	60
Şekil 3.24. Koni uzunluğunun ölçülmesi.....	61
Şekil 4.1. Konik dişli imalat ölçüleri.....	64
Şekil 4.2a. Matterson aparatını bağlama tablası.....	65
Şekil 4.2b. Matterson aparatının kalıpcı freze tezgahına bağlanması.....	66
Şekil 4.3. Düz konik dişli üzerindeki en küçük diş boşluğunun hesabı.....	66
Şekil 4.4. Diş kanallarının parmak freze çıkışı ile ilk açılışı.....	69

Şekil 4.5. Sol profil için tezgah kafasının α_0 açısına göre ayarlanması.....	69
Şekil 4.6. Sol taraf diş boşluklarının α_0 açısına uygun olarak parmak freze çakısı ile kesilmiş ve işlenmiş hali.....	70
Şekil 4.7. Sağ profil için tezgah kafasının α_0 açısına göre ayarlanması.....	71
Şekil 4.8. Sağ taraf diş boşluklarının α_0 açısına uygun olarak parmak freze çakısı ile kesilmiş ve işlenmiş hali.....	71
Şekil 4.9. İmalatı parmak freze çakısı ile tamamlanmış bir konik dişli.....	72
Şekil 4.10. Matterson aparatının fanuk CNC freze tezgahına bağlanması.....	73
Şekil 4.11. Tasarlanan üç ağızlı konik freze çakısı ve ölçüleri.....	75
Şekil 4.12. Tasarlanan çekme çubuğu ve ölçüleri.....	76
Şekil 4.13. CNC Fanuk freze tezgahında imalatı tamamlanmış konik dişli.....	80
Şekil 4.14. Konik dişli çarkların eşdeğer düz dişlisi.....	83
Şekil 4.15. DIN 876 ya göre referans kremayer diş profili.....	84
Şekil 4.16. Dişli çarklardaki yay uzunlukları.....	85
Şekil 4.17. Tredgold yaklaşımı dikkate alınarak konik düz dişli üzerinde eşdeğer düz dişlilerin oluşturulması.....	89
Şekil 4.18. Sağ profil evolvent eğrisi üzerinde, X_{e1} ve Y_{e1} koordinatları.....	90
Şekil 4.19. Çakı sağ profil kesme yüksekliği.....	92
Şekil 4.20. Sol profil evolvent eğrisi üzerinde, X_{e2} ve Y_{e2} koordinatları.....	93
Şekil 4.21. Çakı sol profil kesme yüksekliği.....	94
Şekil 4.22. Sağ profil eğrisi üzerinde parmak freze çakısının konumu.....	95
Şekil 4.23. Sol profil eğrisi üzerinde parmak freze çakısının konumu.....	96
Şekil 4.24. Genel CNC imalat programında parmak freze çakısının imalat yörüngeleri.....	103
Şekil 4.25. Konik düz dişli taslağının CNC freze tezgahına bağlanması.....	104
Şekil 4.26. CNC freze tezgahında genel imalat programı kullanılarak tamamlanmış bir konik düz dişli.....	104
Şekil 5.1. ZFTK 250/1 Referans dişlisine göre S_1 , S_2 , S_3 değerlerinin değişimi.....	108
Şekil 5.2. ZFTK 250/1 Referans dişlisine göre S_4 , S_5 , S_6 değerlerinin değişimi.....	109
Şekil 5.3. ZFTK 250/1 Referans dişlisine göre S_7 , S_8 , S_9 değerlerinin değişimi.....	110

Şekil 5.4. ZFTK 250/1 Referans dişlisine göre H_1 , H_2 , H_3 değerlerinin değişimi..... 111

Şekil 5.5. ZFTK 250/1 Referans dişlisine göre t_1 , t_2 , t_3 değerlerinin değişimi..... 112



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Yüzey işleme yöntemleri ve erişilebilecek yüzey pürüzlülüğü.....	34
Tablo 5.1. İmal edilen konik dişlilerin diş ölçümleri.....	105
Tablo 5.2. Diş yüzeylerinde ölçülen yüzey pürüzlülükleri.....	106
Tablo 5.3. S_1 , S_2 ve S_3 Noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzunlukları.....	108
Tablo 5.4. S_4 , S_5 ve S_6 Noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzunlukları.....	109
Tablo 5.5. S_7 , S_8 ve S_9 Noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzunlukları.....	110
Tablo 5.6. H_1 , H_2 ve H_3 Noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzunlukları.....	111
Tablo 5.7. t_1 , t_2 ve t_3 Noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzunlukları.....	112



SEMBOLLER LİSTESİ

	<u>Birim</u>
D_t : Bölüm dairesi çapı	(mm)
t_0 : Hatve (Adım)	(mm)
Z : Diş sayısı	-
h_1 : Diş başı yüksekliği	(mm)
h_2 : Diş dibi yüksekliği	(mm)
h_z : Diş derinliği	(mm)
S_0 : Taksimat dairesi üzerindeki diş kalınlığı	(mm)
δ_1 : Pinyon konik dişli konum açısı	-
δ_2 : Çark konik dişli konum açısı	-
ω : Diş başı koniklik açısı	-
δ_k : Tornalama açısı	-
N : Divizör ayar açısı	-
R_a : Taksimat konisi uzunluğu	(mm)
b : Dişli boyu genişliği	(mm)
D_a : Diş üstü çapı	(mm)
m_i : İç modül	(mm)
m : modül	(mm)
m_m : Ortalama modül	(mm)
d_{eol} : Pinyon konik düz dişli eşdeğer düz dişlisi bölüm dairesi çapı	(mm)
d_{egl} : Pinyon konik düz dişli eşdeğer düz dişlisi temel daire çapı	(mm)
Z_{e1} : Pinyon konik düz dişli eşdeğer düz dişlisi diş sayısı	-
d_{e1} : Pinyon konik düz dişli eşdeğer düz dişlisi diş dibi çapı	(mm)
d_{ed1} : Pinyon konik düz dişli eşdeğer düz dişlisi diş üstü çapı	(mm)
Z_{min} : Minimum diş sayısı	-
$\dot{I}$: Dişli çevrim oranı	-
U : yay uzunluğu	(radyan)
ω_x : X Ekseni etrafındaki açısal hız	(rad/sn)

ω_y	: Y Eksenini etrafındaki açısal hız	(rad/sn)
ρ	: Eğrilik yarıçapı	(mm)
γ_g	: Koni tepe açısı	-
Δ_k	: Kavrama düzlemi	-
Δ_y	: Yuvarlanma düzlemi	-
P	: Plan düzlem	-
C_P	: Plan çemberi	-
C_K	: Kavrama çemberi	-
α_0	: Basınç açısı	-
W	: Vargel kalemi uç genişliği	(mm)
A, B, C	: Ara dişlileri	-
d	: Parmak freze çakısı çapı	(mm)
S	: Diş üstü yayı uzunluğu	(radyan)
θ	: Diş üstü yayını gören açı	-
θ_p	: Bölüm dairesi yayını gören açı	-
t_g	: Temel daire üzerindeki hatve	(mm)
r_g	: Temel daire yarıçapı	(mm)
$Ev\gamma_{max}$	: Diş profili üzerinde evolvent eğrisinin bittiği noktayı gören evolvent açısı	-
$Ev\gamma_n$	: Diş profili üzerinde herhangi bir noktadaki evolvent açısı	-
α	: Evolvent fonksiyonuna karşılık gelen açı	-
Z_1	: Çakı kesme yüksekliği	(mm)
X_e, Y_e	: Eşdeğer düz dişlinin yerleştirildiği eksen takımı	-
X_{e1}, Y_{e1}	: Sağ diş profili üzerindeki herhangi bir noktanın X_e, Y_e eksen takımları üzerindeki uzunlukları	(mm)
X_{e2}, Y_{e2}	: Sol diş profili üzerindeki herhangi bir noktanın X_e, Y_e eksen takımları üzerindeki uzunlukları	(mm)
Δ_{1x}, Δ_{1y}	: Sağ diş profili üzerinde parmak freze çakısının X, Y eksen takımına göre olan uzunlukları	(mm)

Δ_{2x}, Δ_{2y} :	Sol diş profili üzerinde parmak freze çakısının X, Y eksen takımına göre olan uzunlukları	(mm)
A_k :	Diş profilini döndürme açısı	-
N :	Konik düz dişli üzerindeki diş sayısı	-
X'_1, Y'_1, Z'_1 :	Konik düz dişli sağ diş profili üzerindeki herhangi bir noktanın imalat uzunlukları	(mm)
X'_2, Y'_2, Z'_2 :	Konik düz dişli sol diş profili üzerindeki herhangi bir noktanın imalat uzunlukları	(mm)
S_1 :	Konik bir düz diş üzerinde iç modül tarafındaki diş üstü genişliği	(mm)
S_2 :	Konik bir düz diş üzerinde ortalama modül tarafındaki diş üstü genişliği	(mm)
S_3 :	Konik bir düz diş üzerinde büyük modül tarafındaki diş üstü genişliği	(mm)
S_4 :	Konik bir düz diş üzerinde iç modül tarafından ölçülen bölüm dairesi üzerindeki diş üstü genişliği	(mm)
S_5 :	Konik bir düz diş üzerinde ortalama modül tarafından ölçülen bölüm daresi üzerindeki diş üstü genişliği	(mm)
S_6 :	Konik bir düz diş üzerinde büyük modül tarafından ölçülen bölüm daresi üzerindeki diş üstü genişliği	(mm)
S_7 :	Konik bir düz diş üzerinde iç modül tarafından ölçülen diş dibi daresi üzerindeki diş dibi genişliği	(mm)
S_8 :	Konik bir düz diş üzerinde ortalama modül tarafından ölçülen diş dibi dairesi üzerindeki diş dibi genişliği	(mm)
S_9 :	Konik bir düz diş üzerinde büyük modül tarafından ölçülen diş dibi daresi üzerindeki diş dibi genişliği	(mm)
H_1 :	Konik bir düz diş üzerinde iç modül tarafından ölçülen toplam diş yüksekliği	(mm)
H_2 :	Konik bir düz diş üzerinde ortalama modül tarafından ölçülen toplam diş yüksekliği	(mm)
H_3 :	Konik bir düz diş üzerinde büyük modül tarafından ölçülen toplam diş yüksekliği	(mm)

XVIII

H'_1	: Konik bir düz diş üzerinde küçük modül tarafından bölüm dairesi üzerinde ölçülen diş yüksekliği	(mm)
H'_2	: Konik bir düz diş üzerinde ortalama modül tarafından bölüm dairesi üzerinde ölçülen diş yüksekliği	(mm)
H'_3	: Konik bir düz diş üzerinde büyük modül tarafından bölüm dairesi üzerinde ölçülen diş yüksekliği	(mm)
t_1	: Konik bir diş üzerinde küçük modül tarafında ölçülen (S_1+S_7) uzunluğu	(mm)
t_2	: Konik bir diş üzerinde ortalama modül tarafında ölçülen (S_2+S_8) uzunluğu	(mm)
t_3	: Konik bir diş üzerinde büyük modül tarafında ölçülen (S_3+S_9) uzunluğu	(mm)

1.GİRİŞ

Endüstride kullanılan dişliler arasında konik dişlilerin önemli bir yeri vardır. Bu dişlilerin diş profillerine uygun açılabilmesi için özel amaçlı takım tezgahlarına ihtiyaç duyulması ve bu tezgahların da her yerde bulunmayışı önemli bir engel teşkil etmektedir.

Ancak son yıllarda, konik dişlilerin imalatına yönelik araştırmalarda; Wiener, D.' in yaptığı çalışmalarda, piyasada mevcut konik dişli imal eden sistemler ve makinaların karşılaştırmaları gözden geçirilmiş olup, bu makinaların herhangi birinde değişik tiplerde dişli açmanın mümkün olup olmadığı tartışılmış ve yine bu makinaların diş kesme karakteristikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca makalede CNC ölçüm teknolojisine ilişkin imalat teknolojisi ve günümüzde geçerli olan dişli kesme uygulamaları ile optimizasyonları da tartışılmıştır /1/. Sebetic, R.L.' nın çalışmalarında, dişli imalatçıları tarafından yapılmakta olan hataların, tespit tekniklerinin bir kaçı ile konik dişli imalatında karşılaşılan problemlerin pek çoğu tartışılmıştır /2/. Krenzer, T.J. ve Yunker, K.D. 'nın araştırmalarında sipiral ve hypoid konik dişli yapmak için kullanılan universal bir freze tezgahı için, teknolojik olarak yeni bir dizayn prensibi anlatılmıştır. Bunların dışında, bilinen diş oluşturma ve taşlama prensipleri ile dişli konstrüksiyonu, tamamen yeni bir tarzda gözden geçirilmiştir. Uygulanan bu yeni usulün eski yönteme göre büyük ölçüde basit olduğu gösterilerek sipiral ve hypoid dişli imal etmek için, bu makinada (hypoid dişli hobbing makinası) bilgisayar programı kullanmışlardır /3/. Sheveleva, G.I., Gundaev, S.A. ve Pogorelov, V.S.'in yaptıkları araştırmada çok sayıda kesme ağızlarına sahip özel bir çakı vasıtası ile açılıp taşlanarak üretilen bir yüzeydeki, nümerik modelleme işlemi için bir algoritma geliştirmişler ve bu algoritmayı konik düz dişli imalatı için denemişlerdir /4/. Krenzer,, T. 'nın çalışmalarında, dişli taşlama ve açılmal hareket değişimlerinin, dişlinin diş yüzeyi üzerindeki etkileri araştırılarak, dişliler karşılıklı çalıştırılmış ve diş temas analizleri incelenmiştir. /5/. Chang, S.H., Huston, R.L., ve Coy, J.J. 'nın çalışmalarında düz ve spiral konik dişlilerin, kremayer plan dişlisi üzerinde, konik dişli taslağındaki bir dişin yuvarlanması gösterilerek, bu işlemlerinin modellenmesi yapılmıştır. /6/. Fong, Z.H. ve Tsay, C.B. 'nın çalışmalarında, sipiral konik dişlilerin komple bir diş geometrisi, matematiksel olarak modellenmiştir. Sipiral konik dişlilerin sirküler imalatında yuvarlanma metodu biraz değiştirilmiş ve diş temas

analizleri, bilgisayar destekli sonlu elemanlar metodu kullanılarak incelenmiştir /7/. Al Daccak, M.J., ve Angeles, J. 'nın çalışmalarında da konik dişlilerin katı modellemesi yapılmış ve modellenmiş olan dişlinin volümetrik özellikleri gösterilmiştir /8/. Kaixiu, Y. 'nın yapmış olduğu çalışmada, ileriye iletilmiş bir optimizasyon metodu ile düz konik dişli çiftine ait, çok yönlü bir algoritma anlatılmıştır. Bu algoritma dişli yapısı ile uyum içinde kullanılarak, konik dişlinin parametrik çizimi U.S-Made Autocad Autoplotting programı ile yapılmıştır /9/. Stadtfeld, H.J. tarafından yapılan çalışmada konik ve hypoid dişlilerin imalatı, kontrolü, düzeltilmesi, planlanması ve bunların optimum bir zaman içerisinde imal edilmesi üzerinde çalışmışlardır /10/. Kimmet, G.J. tarafından yapılan araştırmalarda, dişli hobbingleme işlemi ile düz ve helisel konik dişlilerin üretimi için özel ekipmanlar ile lüzumlu olan parçaların temel metotları ve teknikleri genel olarak tartışılmıştır /11/. Fong, Z.H. ve Tsay, C.B. tarafından yapılan araştırmalarda da spiral konik dişlilerin kesilmesi için kullanılan mekanizmalar, diş geometrisi ve mevcut spiral konik dişli kesme makinalarının, makina düzeneklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapmışlardır /12/. Wiener, D. 'in yaptığı çalışmalarda konik dişli yapımındaki mevcut uygulamalar hakkında bilgi verilerek, hypoid dişlilerin oluşturulması işlemleri anlatılmıştır /13/. Shraibman, S.M. tarafından yapılan çalışmalarda, çeşitli üretim tarzlarında diş kesme operasyonlarının istatistiki planı araştırılmıştır /14/. Kohaupt, L. 'in yaptığı çalışmalarda ise, düz konik dişliler için üç boyutlu bir profil ölçme makinasının kontrolünde, gerekli olan ölçü değeri için, diş yan yüzeyindeki herhangi bir grid noktasından ibaret olan data tayin edilmiş ve diş yan yüzey şekilleri için küresel zarf da ki hesaplamalar küresel koordinatlarda yapılmıştır. Ayrıca, kartezyen koordinat sistemine yerleştirilen dişteki dönüşüm, düzlem döndürmelerinin birbirini izlemesi ile yapılmıştır /15/. Zatischev, V.V.'nın yaptığı çalışmada, diş kesme kafalarının geometrik parametreleri hesaplanmış ve diş kesme kafalarındaki kesici sayılarının belirlenmesine ait tavsiyeler anlatılmıştır /16/. Yoshida, M. ve Suetomi, T. Tarafından yapılan çalışmalarda dairesel tip bir kesici ile üretilen düz konik dişlilerin kesme mekanizmalarının analizleri, takım hasarının sebepleri açıklanmış ve böylece takım ömrünü artırmak için yapılması gerekenler anlatılmıştır /17/. Firint, H. 'nın yaptığı çalışmada da spiral konik dişlilerin kontrol işleminde sayısal denetimli koordinat ölçme makinası geliştirilmiş ve dişin yan yüzeyleri ayrıntıları ile planlanmıştır. Ayrıca dişin nominal referans değerleri makinanın bilgisayar hafızasında

toplanıp, doğru olmayan bir diş profilinin değerlerini düzeltmek gerekli olduğu zaman, otomatik olarak hesaplanabilir ve yazılı bilgiler bilgisayardan alınabilir hale getirilmiştir /18/. Handschuh, R.F., Bill, R.C. 'nin Yaptıkları çalışmada, bir sipiral konik dişli taşlama makinasının CNC dönüşümü ve imalattaki zaman kazancı gösterilmiştir /19/. Franceschini, J.A. 'nın çalışmalarında, sipiral konik dişlilerin imalatlarında, otomatik olarak dişli kesme makinası yardımı ile, kesme işlemini gerçekleştiren kesici çakı ile bu makinanın diş açma imkanları ve otomatik olarak diş açımına uygulaması sunulmuştur /20/. Segal, M.G. 'nin yaptığı çalışmada, Circular Broşlama ile düz konik dişlilerin imalatının en verimsiz metot olduğu gösterilmiştir. Düz konik dişlilerin imalatında sirküler broşlamanın uygulamaya geçirilmesi için, Seratov SKBZS dizayn ofisi tarafından sirküler broşlamaları dizayn etmek için bir hesaplama işlemi tasarlanmıştır. Bu işlem, uygulamada doğru sonucu vermiş ve elde edilmiş olan imalat parametreleri mevcut uygulamadaki imalattan çok daha doğru imalatı mümkün kılmıştır /21/. Volkov, A.E. ve Sheveleva, G.I. 'nin yaptıkları çalışmalarda düz konik dişli kesimi için kullanılan diş broşlama kafalarının kompitürde hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar için, bir metot geliştirilmiştir. Bu metot, üç safhadan meydana gelmiştir; birinci safhada, diş broşlama kafalarının yüzey şekillerini tanımlayan parametrelerin ön değerleri saptanmış, ikinci safhada diş işleme parametrelerinin bağımsız değerleri ve dişlerin yüzey bölgesinde oluşan bıçak izlerinin görünüşünü önlemek için en iyi şekilde optimizasyonunu sağlayan ve resimleyen program, bir bilgisayarda kullanılmış, üçüncü safhada da ikinci safhada bulunan parametreler, birbiriyle çalışır vaziyette olan dişlilerin, gerekli olan geçme kalitesini sağlamak için düzenlenmiş ve bu durum bir bilgisayar programı ile gösterilmiştir /22/. Gormanyuk, N.A. ve Cherkashin, V.P. Tarafından yapılan çalışmada, dişli kesme kafalarının apayrı bir kesme düzeni ile üretim kademelerinde kullanılması, üretim maliyetlerinin azalmasına sebep olmuştur. Dişlerin yan yüzeylerinin işlenmesi için daha az sayıda, uygun olan takımlar kullanılmıştır. Bu takımlar standart takımlardan bağımsız olarak, bileme işleminden sonrada yerlerine takılabilir olmaları gibi iyi bir özellik göstermişler ve iyi bir diş yüzeyi oluşturmuşlardır. Ancak, diğerlerine nazaran çok daha pahalı oldukları da gösterilmiştir /23/. Dutschk, R. 'ın yaptıkları çalışmalarda, sipiral bir konik dişli yada hypoid dişlilerin işlenmesinde Gleason, Kurvex, Oerlikon yada Klingelnberg metodu ile Sirküler bir kesici kafa kullanarak imalat yapmışlardır; ancak, araştırmacılar bu imalatta diş yüzeylerinin

parametrik bir temsili göstermişler ve bu diş yüzeyi ile normal uygulamalar arasında ilgi kurmuşlardır /24/. Makharinskii, E.I. ve Meniteskii, I.D. 'nın Yaptıkları çalışmalarda, konik düz dişli işlemek için kullanılan kesme kafalarının taşlanmasıdaki hata dağılımlarını, bir bilgisayar programı kullanarak göstermişlerdir /25/. Kimmet, G.J. Tarafından yapılan çalışmalarda, CNC dişli hobbing makinaları incelenmiştir. Bu araştırmada, düz helis konik dişli hücreleri tartışılmış ve özel bilgisayar aksamaları ile programlama şekillerini bu hücrelere uygulamışlardır /26/. Litvin, F.L., Zahang, Y., Lundy, M. ve Heine, C. Tarafından yapılan çalışmalarda, hypoid ve spiral konik dişli kesme makinalarının mekanizmaları göz önünde bulundurularak gerekli olan temel düzenlemeler ile bu mekanizmaların kinematiğinin matrix gösterimini yapmışlar ve bu hesaplama işlemini de bir örnek üzerinde göstermişler /27/. Gesselin, C., Cloutier, L. ve Sankar, S.'nin Yaptıkları çalışmalarda, Gleason metodu ile imal edilen spiral konik dişlilerin diş profilinin kinematik transmisyon hata eğrisinin genişliği ve verilen bir profili üretmede, gerekli olan makine düzeneklerinin bir kombinasyonunu göstermişlerdir /28/. Elber, G. ve Cohen, E. Tarafından yapılan çalışmalarda da, serbest eğrilerle şekillendirilmiş yüzey modelleri için, takım yollarını oluşturmaya yönelik bir algoritma geliştirmişlerdir /29/. Akkurt, M. ve Seviç, A. 'nın yaptığı çalışmada bir helisel dişlinin, tel erezyonu tezgahında, CAD-CAM-NC entegrasyonu ile imalatı yapılmıştır /30/. Al-Daccak, M.J, ve Angeles, J. tarafından yapılan çalışmalarda ise gerçek küre evolventi geometrisi üzerinde teorik çalışmalar yapılmış ve yapılan bu çalışmayı daha önce yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırmışlardır /31/.

Yukarıda yapılan çalışmalar incelendikten sonra, düz konik dişlilerin diş profillerinin doğru bir şekilde oluşturulmasının çok önemli bir problem teşkil ettiği ve bu sebeple mevcut konik dişli imal eden sistemlerin iyileştirilmesi için çeşitli teorik ve pratik araştırmaların devam ettiği görülmüştür. Bu araştırmada, düz konik dişli imalatına bir katkı sağlamak amacıyla, mevcut konik dişli imalatlarından biraz farklı olarak, son yıllarda çok eksenli ve sayısal denetimli freze tezgahlarının yaygınlaşması göz önünde bulundurularak, bu problemin bu tezgahlarda çözümünün araştırılması amaçlandı. Bunun neticesinde, bu tip dişlilerin özel düz konik dişli imal eden tezgahlara gerek kalmadan, hassas olarak küçük imalat yerlerinde de açılabilmesi için, genel bir imalat programının geliştirilmesinin, hem akademik, hem de sanayi yönünden iyi bir

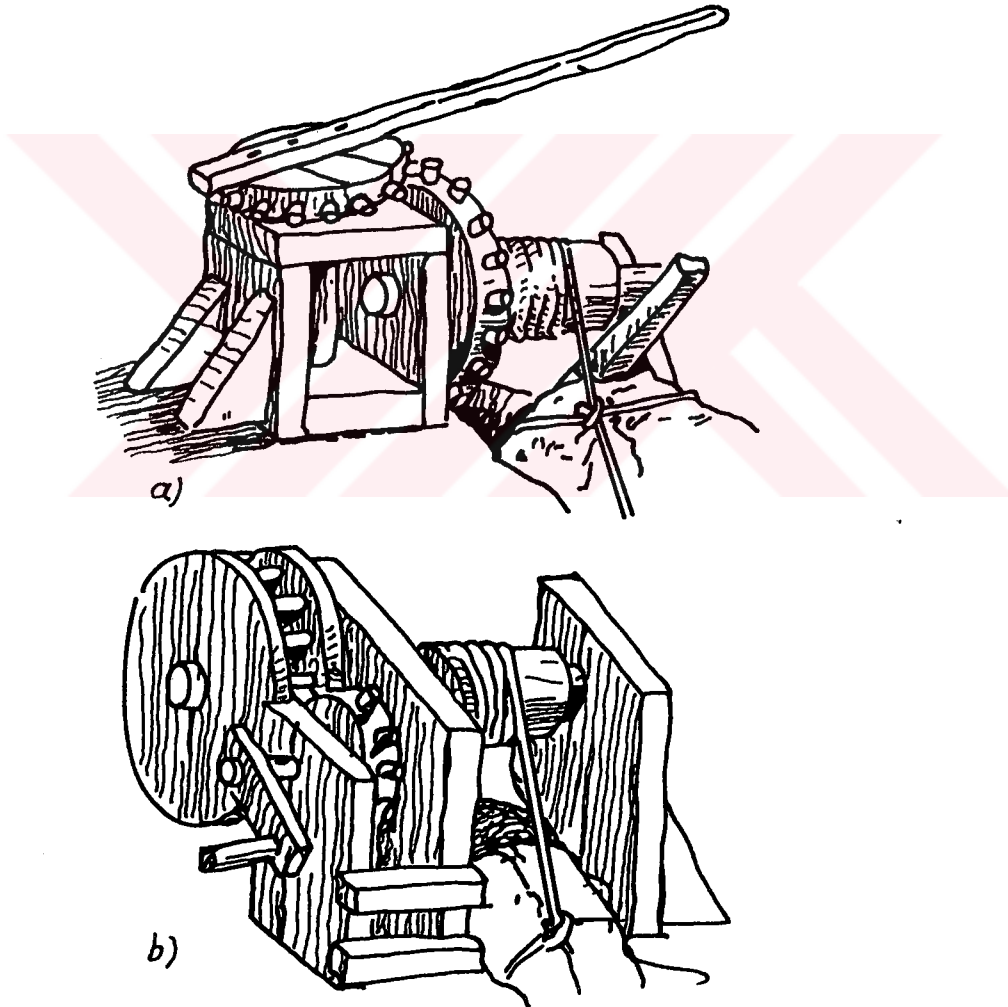
Çalışma olacağı göz önünde bulundurularak, düz konik dişli imalatına yönelik, böyle bir çalışma yapıldı.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dişli Çarkların Tarihçesi

Günümüzden takriben 3000 yıl öncesine kadar dişli çark düzeneklerinden yararlanıldığı bazı arkeolojik kalıntı ve varsayımlardan anlaşılmaktadır. Bu tarihlerde daha çok, büyük taş blokların taşınmasında manivela ve eğik düzlemler kullanılmakta idi, çok primitive olmakla beraber dişli çark yöntemi de bu düzenlerle ortaklaşa kullanılmış, daha sonraları tahtadan yapılmış bu düzenler hareket ve yük iletiminde kullanılmıştır (Şekil 2.1a, 2.1b).



Şekil 2.1a) Konik, b) Düz alın dişli düzenleri.

Bu düzenlerde bir diş profili tabiatıyla yoktu, ancak çarklar üzerindeki girinti ve çıkıntıların birbirlerini öteleme ile etkilediklerini görebiliriz, yinede geometrik bir büyüklük olarak çevre taksimatı yani dişler arasındaki mesafe (hatve)'yi zorunlu olarak görebiliriz. Bu tip düzenleri bugün dahi Anadolu'nun çeşitli yörelerinde görmek mümkündür.

Klasik çağ Avrupa' sında ” Galilei Galileo ” nun ve Hint, Arap yarımadaalarında özellikle hareket için kullanılmış dişli çark düzenlerinde artık bir teknoloji görülebilir. Daha sonraki sanayileşme hareketlerinde, ilk maden ocaklarında geniş çapta kullanılma alanı bulmuş ve sanayinin başlangıcı sayılabilecek buhar kuvvetinin makineye tatbiki ile gerçek teknolojisini bularak hemen hemen yaşantımızın bir parçası olarak en geniş anlamda günümüze kadar gelmiştir.

2.2. Günümüzde Kullanılan Çeşitli Dişli Çark Mekanizmaları ve Sınıflandırılması

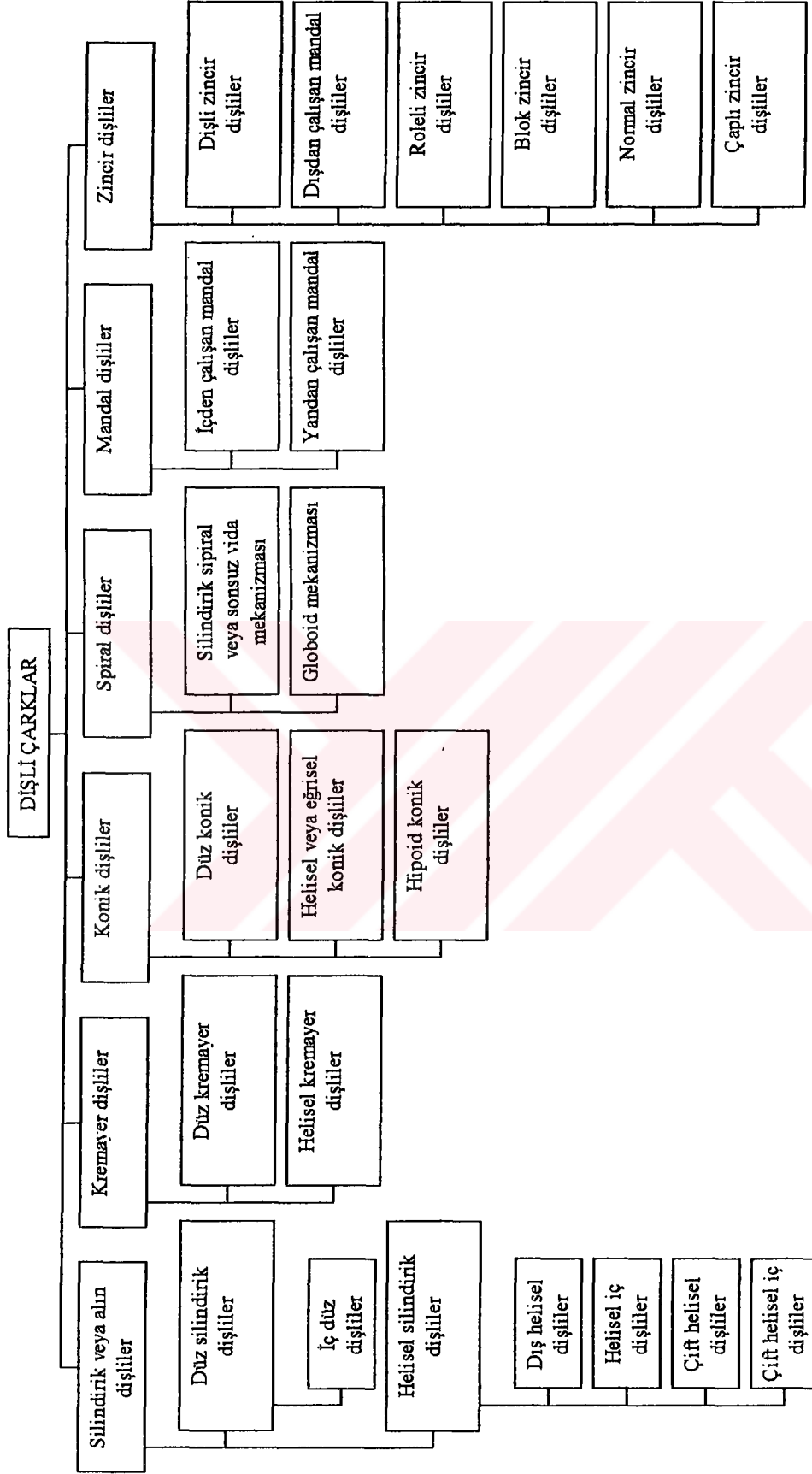
Güç ve devir ileten elemanlardan en çok kullanılanı dişli çark mekanizması olup, en az iki dişliden oluşan bir sistemdir. Güç ileme bakımından, mekanizmanın bir döndüren ve bir veya birkaç döndürülen elemanı vardır.

Genellikle mekanizmanın küçük dişlisine pinyon, diğerine çark denir. Millerin konumuna göre dişli çarklar ve dişli çark mekanizmaları şu şekilde sınıflandırılabilir.

- a. Eksenleri aynı düzlemde paralel olan iki mil arasında güç ve devir ileten çarklar.
- b. Eksenleri aynı düzlemde bulunan fakat kesişen iki mil arasında güç ve devir ileten çarklar.
- c. Eksenleri aynı düzlemde olmayan miller arasında güç ve devir ileten dişli çarklar.

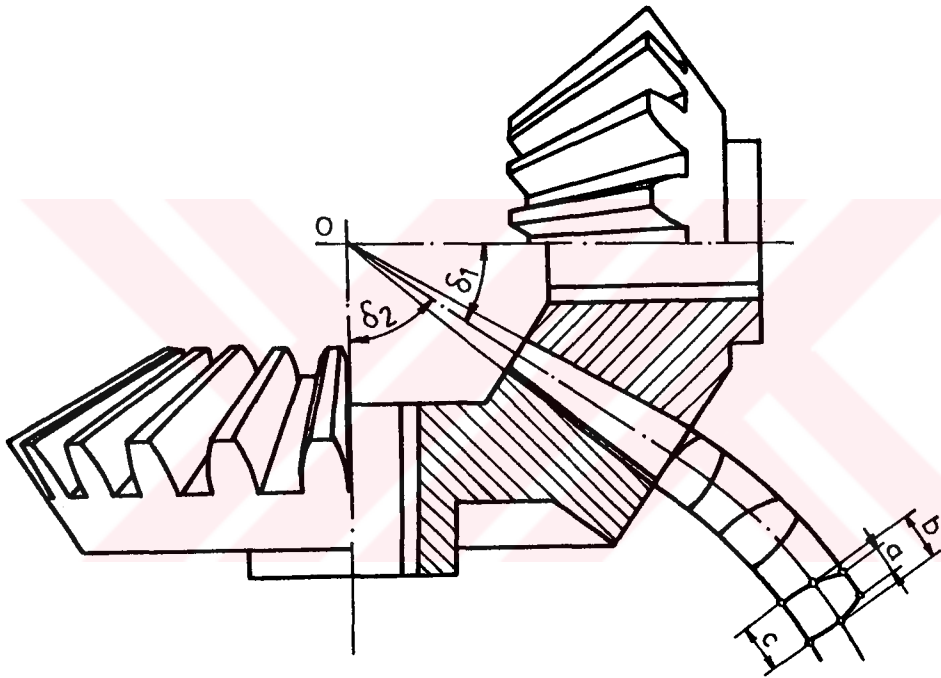
Dişli çarkları isimlerine göre de aşağıda Şekil 2.2 de gösterildiği gibi sınıflandırmak mümkündür.

Şekil 2.2 Dişli çark mekanizmaları ve sınıflandırılması



2.3. Düz Konik Dişliler

Eksenleri ile kesişen iki mil arasında güç ve hareketi sabit bir çevrim oranı ile ileten konik dişli çark mekanizmaları, dönme sırasında birbiri üzerine kaymaksızın yuvarlanan iki koniye sahiptirler ve konilerin tepeleri, eksenlerin O kesişme noktası ile çalışmaktadır Şekil 2.3.

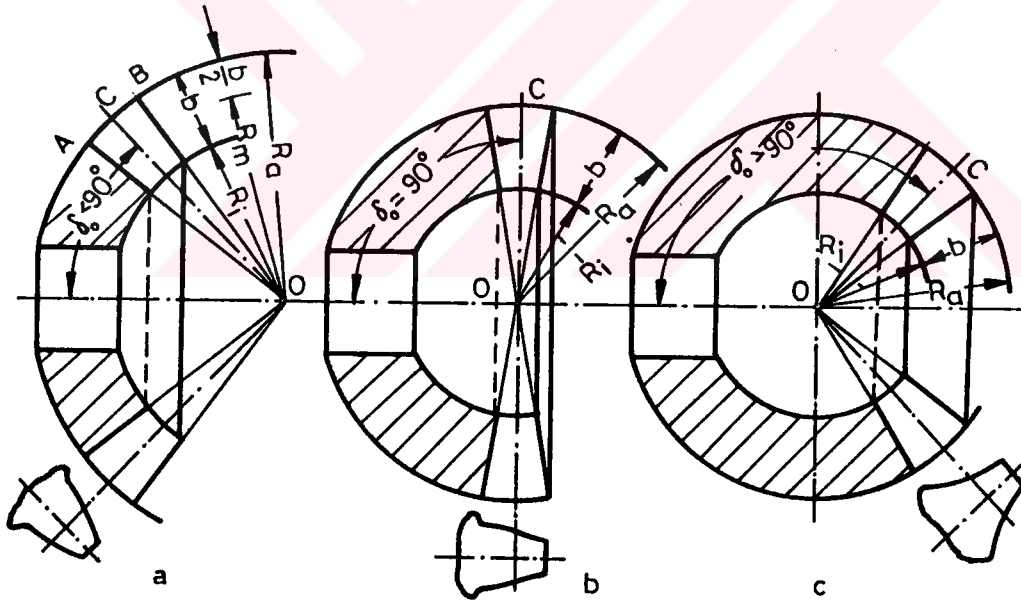


Şekil 2.3. Konik dişli çark çifti.

2.4. Konik Dişli Geometrisi

Şekil 2.4 de taban yarıçapları r_{o1} ve r_{o2} olan iki koni birbirlerine ayrıtları boyunca teğet halinde (O) merkezi etrafında (ω_1 ve ω_2 açısal hızları ile dönerek) yuvarlanma

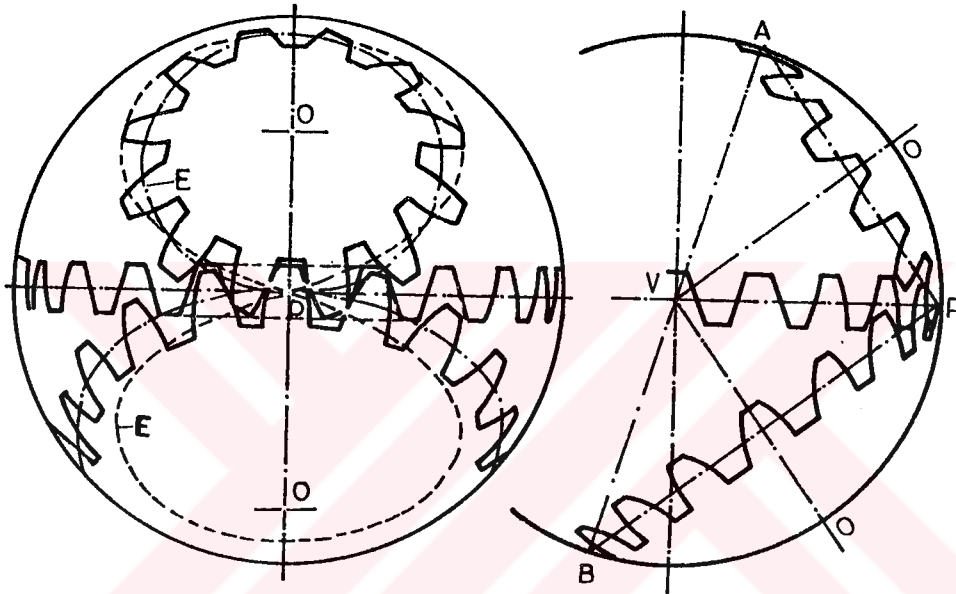
küre yüzeyinde (e_1 , e_2) evolvent eğrilerini çizerler ve dişli kanununa tamamen uygun olarak (e_1 , e_2) evolventleri, (C_k) çemberi üzerindedir. Yine bunların (O) merkezine doğru meydana getirdikleri yüzeyde (K düzleminde), (CO) doğrusu boyunca birbirlerine teğet olurlar ve bunların ortak teğet düzlemleri (T) olur. Hareketin devamınca eğrilerin temas noktası, (C_k) çemberi üzerinde ve dolayısıyla evolvent yüzeylerin temas çizgisi, (K) düzlemi üzerinde yer değiştirir. Bunlarla birlikte (T) ortak teğet düzleminin yeri de değişir. (e_1 , e_2) evolvent eğrilerine gelince, küre yüzeyinde ve kürenin büyük çapında meydana gelir ve düzlemsel evolvent şeklinden farklıdır. (C_p) çemberi, profil orta eksenini kabul edilirse (S) şeklindedir ve buna " Küre evolventi " adı verilir. Şekil 2.5 de konik dişli çarkların kavrama durumlarına göre, merkezi eksenlerin kesişme noktası O da bulunan ve yarıçapı, koninin uzunluğu R_a ya eşit olan bir kürenin yüzeyinde meydana getirilen üç ayrı evolvent görülmektedir. Şekil 2.5a da küre takkesinde meydana getirilen evolvent, alışılmış dış diş profiline benzediği halde kürenin en büyük çemberinde meydana getirilen evolvent, (S) gibi değişik bir biçimdedir Şekil 2.5b ve



Şekil 2.5. Küre evolventi a) Küre takkesinde (dış konik dişli),
b) Küre büyük çemberinde (plan çark), c) İç konik dişli

burada meydana gelen dişli çarka " Plan çark " denir. Küre çapı (∞) sonsuz olduğu takdirde, plan çarkı alın dişlilerinde düz yani kremayer dişli olur Şekil 2.7. Uygulamada, düz alın dişlilerinde kremayerle dişlilerin çalışması ve yuvarlanma metoduna göre dişlilerin imaline ait kinematik prensipler konik dişlilerde aynen geçerlidir.

Şekil 2.6 da plan çarkı referans dişlisi olarak konik dişli çarkların çalışması gösterilmiştir. Şayet konik dişli çarkı yuvarlanma metoduna göre imal etmek istersek, kesici bıçağın yanak profiline plan çarkın (S) şeklini vermemiz gerekir /33/. Ancak böyle bir çarkının imalatındaki zorluklarından (konik çarkta diş profilleri küre merkezine doğru gittikçe küçülen ve dolayısıyla yanak profil eğrilerinin her an değiştiği bir durum arz eder) dolayı kesici bıçakların diş yanakları, aynen alın dişlilerindeki kremayer bıçak gibi yapılır ve buna göre konik dişli çark imal edilirse diş profili okdoid eğrisi şeklinde olur.

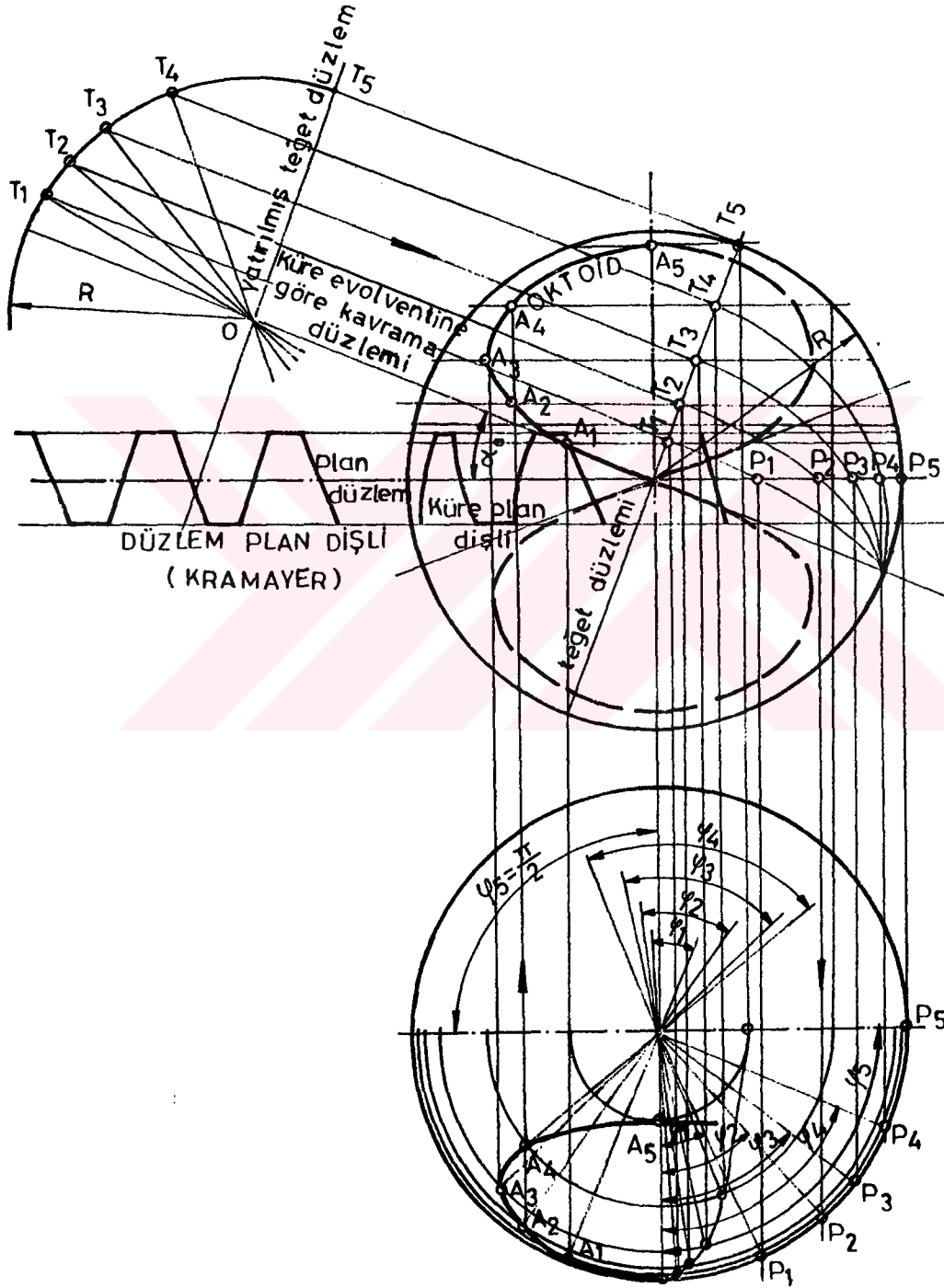


Şekil 2.6. Plan çarkı, referans dişlisi olarak konik dişlilerin çalışması.

2.5. Okdoid Eğrisi

Şekil 2.7 de küre yüzeyinde plan çarkın diş yanakları düzdür, doğrultusu küre evolventine göre kavrama eğrisine dik olarak alınmıştır. Kürenin düşey düzlemi ile (α) açısı yapar. Bu durumda düz yanaklı plan çarkı referans çark olarak kabul ederek çalışan, aynı küre yüzeyindeki iki konik dişli çarkın kavrama doğrusu plan çarkın kavrama doğrusu olarak ele alınır ve üzerindeki, $T_{1,2}, \dots$ noktalarından normal düzlemler geçirilirse, Yatırılmış görünüşte ($T_{1,2}, \dots, O$) dan geçen doğrular, karşıdan görünüşte elips olarak görünür. Elipslerin yuvarlanma plan düzlemleri kestiği ($P_{1,2}, \dots$) noktalarının (C) noktasına geldiği zaman, ($T_{1,2}, \dots$) noktaları da plan düzleme paralel

düzlemlerde aynı açıları tarayarak yeni bir konum alır ve küre yüzeyinde, (C) noktasında kesişen (8) biçiminde bir eğri çizerler. Bu "okdoid" eğrisi olup (Latince " octo " sekiz demektir), aynı zamanda kavrama eğrisidir. Kesici bıçak olarak düz yanaklı plan çark ile konik dişli çark yuvarlanma metoduna göre imal edilirse, diş profili de okdoid eğrisi olur Şekil 2.7.



Şekil 2.7. Okdoid eğrisi.

Şekil 2.7 de, üstten görünüşte ($P_{1,2} \dots$) noktaları çember üzerinde, ($T_{1,2} \dots$) noktaları ise elips eğrisi üzerindedir. ($P_{1,2} \dots$) noktaları (O) merkezine göre ($\alpha_{1,2} \dots$) açılarını tarayarak (C) noktasına geldiklerinde, ($T_{1,2} \dots$) noktaları da aynı (O) merkezi etrafında aynı ($\alpha_{1,2} \dots$) açılarını tarayarak ($A_{1,2,3} \dots$) yerlerine gelirler. Bu noktalar karşıdan görünüşe taşınırlarsa, ara çizgilerinin ($T_{1,2} \dots$) noktalarından geçen yatay düzlemlerle kesiştiği noktaların ($A_{1,2,3} \dots$) izi OKTOİD eğrisinin karşıdan görünüşüdür.

2.6. Konik Dişli Çark Mekanizmalarının Genel İfade ve Özellikleri

Düz konik dişli elemanlarının hesabı genel olarak, diğer dişli sistemlerinde olduğu gibi, temel elemanlarda pek değişiklik olmaz.

Bunlar;

2.6.1. Bölüm Dairesi Çapı

$$D_t = m.z \quad (1)$$

2.6.2. Adım (Hatve)

$$t_0 = m.\pi = \frac{D_t.\pi}{z} \quad (2)$$

2.6.3 Diş Sayısı

$$Z = \frac{D_t}{m} \quad (3)$$

2.6.4. Diş Başı Yüksekliği

$$h_1 = 1.m = \frac{6}{6}.m \quad (4)$$

2.6.5. Diş Dibi Yüksekliği

$$h_2 = 1,166.m = \frac{7}{6}.m \quad (5)$$

2.6.6. Diş Derinliği

$$h_z = 2,166.m = \frac{13}{6}.m \quad (6)$$

2.6.7. Diş Kalınlığı (taksimat dairesi üzerindeki)

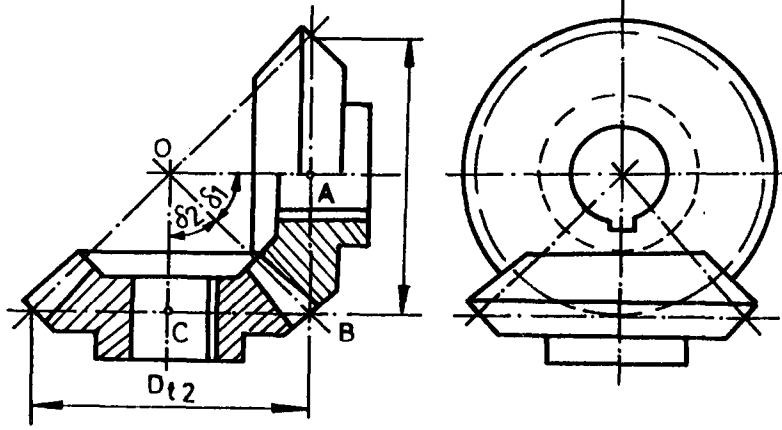
$$S_0 = \frac{t_0}{2} = \frac{m.\pi}{2} \quad (7)$$

Konik dişli çark mekanizmalarının diğer özellikleri de aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

2.6.8. Konum Açısı (δ)

İki dişli bölüm daireleri üzerinde yuvarlandığına göre, Şekil 2.8 de ki çizimde kesit görünüş olarak gösterilmiştir. Şekil 2.8 de ki ABO üçgeninden;

$$\sin \delta_1 = \frac{AB}{OB} \quad \text{den} \quad OB = \frac{AB}{\sin \delta_1} \quad (8)$$



Şekil 2.8. Bölüm dairesi konileri.

OBC üçgeninden;

$$\sin \delta_2 = \frac{BC}{OB} \quad \text{den} \quad OB = \frac{BC}{\sin \delta_2} \quad (9)$$

(8) ve (9) denklemlerinin sol tarafları birbirine eşit olduğundan sağ tarafları da eşit olacaktır.

$$\frac{AB}{\sin \delta_1} = \frac{BC}{\sin \delta_2}$$

olur, şekilden;

$$\delta = \delta_1 + \delta_2$$

olduğundan,

$$\delta_2 = \delta - \delta_1$$

yazıp, yerine koyarsak;

$$\frac{AB}{\sin \delta_1} = \frac{BC}{\sin(\delta - \delta_1)}$$

$$AB = \frac{Dt_1}{2} = \frac{m.Z_1}{2}$$

ve

$$BC = \frac{Dt_2}{2} = \frac{m.Z_2}{2}$$

$$\frac{\frac{m.Z_1}{2}}{\sin \delta_1} = \frac{\frac{m.Z_2}{2}}{\sin \delta \cdot \cos \delta_1 - \cos \delta \cdot \sin \delta_1}$$

$$\frac{Z_1}{\sin \delta_1} = \frac{Z_2}{\sin \delta \cdot \cos \delta_1 - \cos \delta \cdot \sin \delta_1}$$

$$Z_2 \cdot \sin \delta_1 = Z_1 \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta_1 - Z_1 \cdot \cos \delta \cdot \sin \delta_1$$

$$Z_2 \cdot \sin \delta_1 + Z_1 \cdot \cos \delta \cdot \sin \delta_1 = Z_1 \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta_1$$

$$\sin \delta_1 \cdot (Z_2 + Z_1 \cdot \cos \delta) = Z_1 \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta_1$$

Her iki tarafı $\cos \delta_1$ e bölersek;

$$\frac{\sin \delta_1 \cdot (Z_2 + \cos \delta)}{\cos \delta_1} = \frac{Z_1 \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta_1}{\cos \delta_1}$$

$$\tan \delta_1 (Z_2 + Z_1 \cdot \cos \delta) = Z_1 \cdot \sin \delta$$

Buradan, konik dişlilere ait genel formül bulunmuş olur denklem (10). Buradan anlaşıldığına göre, iki konik dişlinin yapımı için en az "" diş sayılarının "" bilinmesi gereklidir.

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\sin \delta}{\frac{Z_2}{Z_1} + \cos \delta} \quad (10)$$

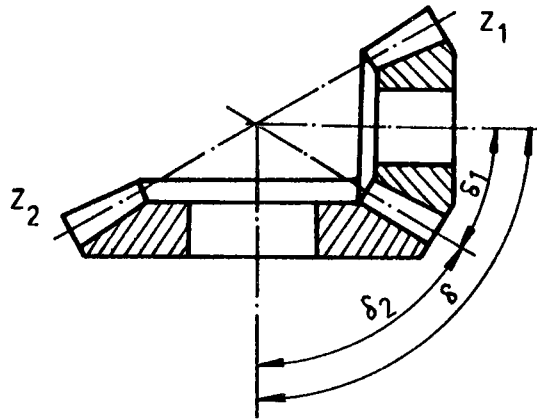
Konik dişlilerin çalışma durumlarına göre konum açıları (eksenler arasındaki açı) beş farklı şekildedir.

1.Durum

Eksenler arasındaki açı 90° ise;

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$$

$$\delta_1 = \operatorname{Arctg} \frac{Z_1}{Z_2} \quad (11)$$



Şekil 2.9. Konum açısı 90° .

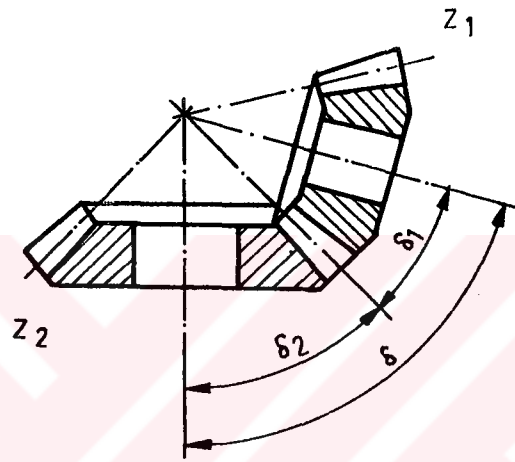
$$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1 \quad (12)$$

2. Durum

Eksenler arasındaki açı $\delta < 90^\circ$ ise;

$$\delta_1 + \delta_2 = \delta < 90^\circ$$

$$\delta_1 = \text{Arctg} \frac{\sin \delta}{\frac{Z_2}{Z_1} + \cos \delta} \quad (13)$$



Şekil 2.10. Konum açısı, 90° den küçük.

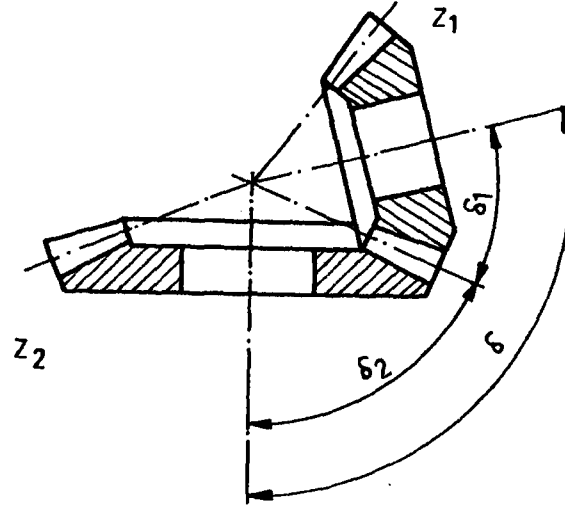
$$\delta_2 = \text{Arctg} \frac{\sin \delta}{\frac{Z_1}{Z_2} + \cos \delta} \quad (14)$$

Olarak, açılar bulunur.

3. Durum

Eksenler arasındaki açı $\delta > 90^\circ$ ise;

$$\delta_1 + \delta_2 = \delta > 90^\circ$$



Şekil 2.11. Konum açısı, 90° den büyük.

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\cos(\delta - 90^\circ)}{\frac{Z_2}{Z_1} - \sin(\delta - 90^\circ)} \quad (15)$$

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{\cos(\delta - 90^\circ)}{\frac{Z_1}{Z_2} - \sin(\delta - 90^\circ)} \quad (16)$$

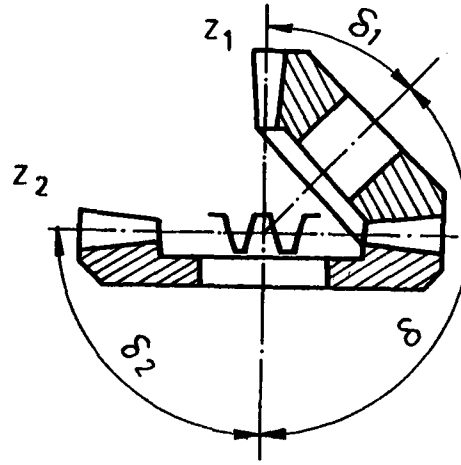
4. Durum

Eksenler arasındaki açı 90° den büyük ve konik dişlilerden birisi düzlem dişli ise, bu durum Şekil 2.12 de görülmektedir.

$$\delta > 90^\circ$$

düzlem dişlide;

$$\delta_2 = 90^\circ \quad (17)$$



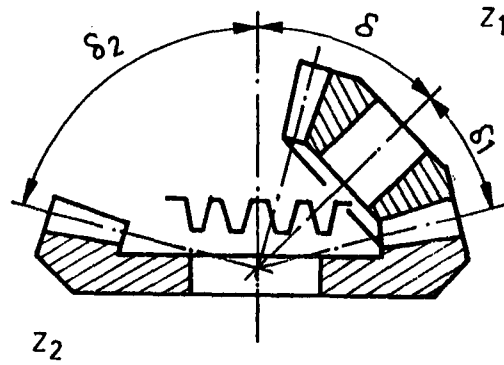
Şekil 2.12. Konum açısı, 90° den büyük ve δ_2 açısı 90° ye eşit.

$$\delta_1 = \delta - 90^\circ$$

(18)

5. Durum

Eksenler arasındaki açı 90° den küçük ise;



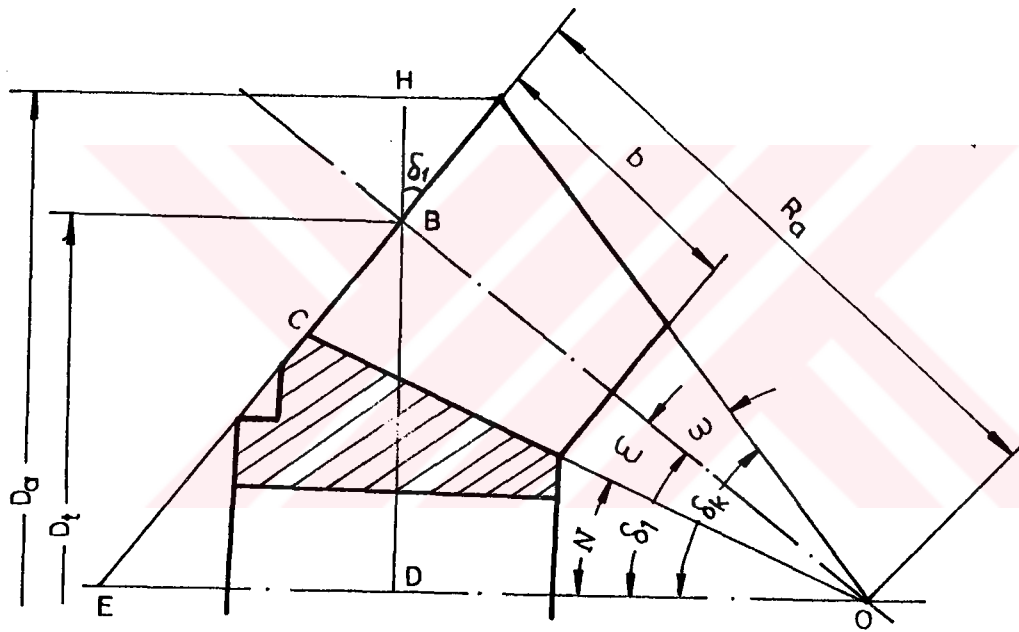
Şekil 2.13. Konum açısı 90° den küçük ve δ_2 açısı 90° den küçük.

$$\delta_2 - \delta_1 = \delta < 90^\circ$$

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\sin \delta}{\frac{Z_2}{Z_1} - \cos \delta} \quad (19)$$

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{\sin \delta}{\cos \delta - \frac{Z_1}{Z_2}} \quad (20)$$

2.6.9. Diş Başı Koniklik Açısı (ω)



Şekil 2.14. Düz konik dişlilerde diş dibi ve diş üstü açıları.

Şekil 2.14 de OAB üçgeninden;

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{AB}{OB} = \frac{m}{OB}$$

OBD Üçgeninden;

$$\sin \delta_1 = \frac{BD}{OB}$$

$$OB = \frac{BD}{\sin \delta_1} = \frac{\frac{D_t}{2}}{\sin \delta_1}$$

OB uzunluğunun değeri yerine konursa;

$$\tan \omega = \frac{m}{\frac{D_t}{2 \cdot \sin \delta_1}} = \frac{2 \cdot m \cdot \sin \delta_1}{m \cdot Z}$$

$$\tan \omega = \frac{2 \cdot \sin \delta_1}{Z} \quad (21)$$

2.6.10. δ_k Diş Üstü Koniklik Açısı (tornalama açısı)

Şekil 2.14 den;

$$\delta_k = \delta_1 + \omega \quad (22)$$

(22) denkleminde, (21) numaralı denklem yerine yazılırsa;

$$\delta_k = \delta_1 + \text{Arctg} \frac{2 \cdot \sin \delta_1}{Z} \quad (23)$$

Bulunur.

2.6.11. Diş Dibi Doğuray Açısı (ε)

Şekil 2.14 de ki OBC üçgeninden;

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{CB}{OB} = \frac{\frac{7}{6} \cdot m}{\frac{D_1}{2 \cdot \sin \delta_1}} = \frac{7 \cdot m \cdot \sin \delta_1}{3 \cdot m \cdot Z}$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{7 \cdot \sin \delta_1}{3 \cdot Z} \quad (24)$$

2.6.12. Divizör Ayar Açısı (N)

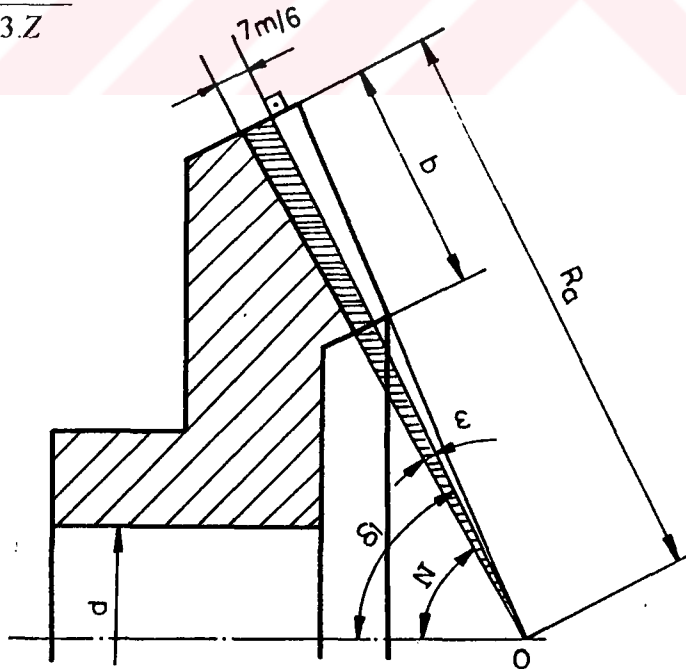
Bu açı, Şekil 2.15 de gösterilmiştir.

$$N = \delta_1 - \varepsilon \quad (25)$$

(25) numaralı denklemde, (24) numaralı denklem yerine yazılırsa;

$$N = \delta_1 - \operatorname{Arctg} \frac{7 \cdot \sin \delta_1}{3 \cdot Z} \quad (26)$$

Bulunur.



Şekil 2.15. Divizör ayar açısı.

2.6.13. Taksimat Konisi (R_a) Uzunluğunun Hesabı

Şekil 2.14 den;

$$\sin \delta_1 = \frac{D_t}{2R_a}$$

$$\sin \delta_1 = \frac{m.Z}{2R_a}$$

$$R_a = \frac{m.Z}{2 \sin \delta_1} \quad (27)$$

olarak bulunur. Bu uzunluk aynı zamanda dişlilerin beraber çalıştıkları kürenin yarıçapıdır.

2.6.14. Dişli Boyu Genişliği (b)

Genellikle konik dişlilerde diş boyu uzunluğu, koninin tepe noktasına doğru diş yüksekliğinin çok küçük olmaması için,

$$\varphi_m = \frac{b}{m_m} \leq 10 \quad (28)$$

veya

$$b \leq \frac{R_a}{3} \cong 0,3.R_a \quad (29)$$

olarak sınırlandırılır. Pratikte b için bu iki bağıntıdan elde edilen en küçük değer seçilir (Şekil 2.14).

2.6.15. Diş Üstü Çapı (D_a)

Şekil 2.14 den;

$$\frac{D_a}{2} = BD + BH$$

$$BD = \frac{D_t}{2}$$

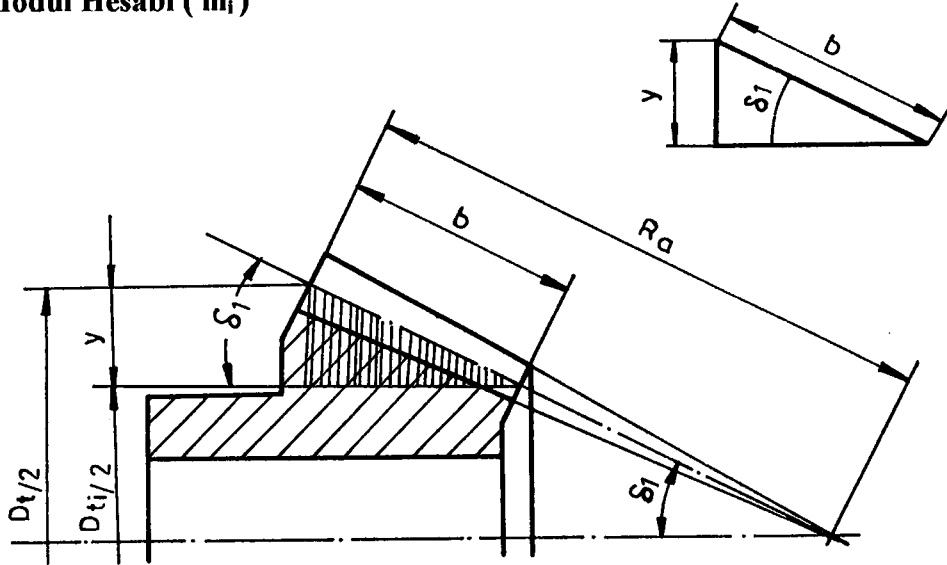
$$BH = AB \cdot \cos \delta_1 = m \cdot \cos \delta_1$$

$$\frac{D_a}{2} = \frac{D_t}{2} + m \cdot \cos \delta_1$$

$$D_a = D_t + 2 \cdot m \cdot \cos \delta_1 \quad (30)$$

olarak bulunur.

2.6.16. İç Modül Hesabı (m_i)



Şekil 2.16. İç modülün bulunması.

Bilindiği gibi bu modül, freze tezgahına bağlanacak çakının modüldür bunu Şekil 2.16 da, taranmış kısımdaki dik üçgen yardımıyla buluruz. Dişli çiziminin üzerindeki taralı kısmı ,şeklin yanındaki küçük üçgene taşıyarak incelediğimizde;

$$\sin \delta_1 = \frac{y}{b}$$

$$y = \sin \delta_1 . b$$

$$y = \frac{D_t}{2} - \frac{D_u}{2} = \frac{m.Z - m_i.Z}{2.b}$$

Burada D_u iç bölüm dairesidir.

$$\sin \delta_1 = \frac{\frac{m.Z - m_i.Z}{2}}{b} = \frac{m.Z - m_i.Z}{2.b}$$

$$2.b.\sin \delta_1 = m.Z - m_i.Z$$

$$m_i = \frac{m.Z - 2.b.\sin \delta_1}{Z}$$

$$m_i = \frac{D_t - 2.b.\sin \delta_1}{Z} \quad (31)$$

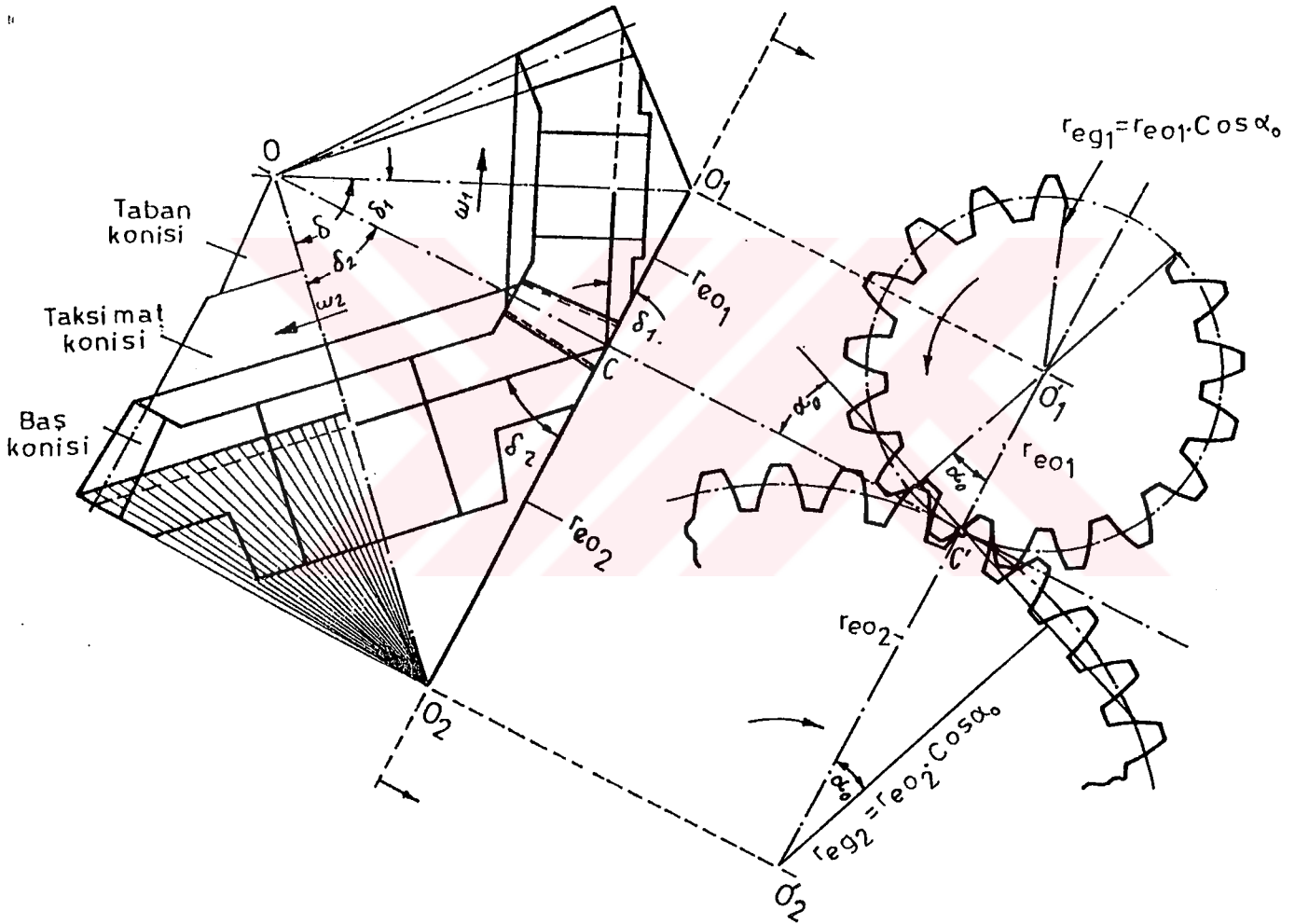
İç modülden dolayı, b boyu $R_a/3$ den uzun olursa, iç modül küçük çıkacağından dişlinin imal edilmesi mümkün olmamaktadır. Çünkü tezgah malafasına, iç modülün ideal diş sayısı " Zi " ye göre seçilen çakı, takılarak dişlerin kesimi yapılır.

2.6.17. Ortalama Modül (m_m)

$$m = m_m + \frac{b}{Z_1} . \sin \delta_1 = m_m + \frac{b}{Z_2} . \sin \delta_2 \quad (32)$$

2.6.18. Konik Dişli Çarkların Eşdeğer Düz Dişlisinin Bulunması

Yukarıdaki açıklamaların yanı sıra konik dişliler, Tredgold adını taşıyan bir yaklaşımla ele alınabilir. Buna göre konik dişlilerin tamamlayıcı koniler denilen konilerin O_1 ve O_2 tepe noktaları esas alınarak herhangi bir kesit için eşdeğer düz dişlisi elde edilir Şekil 2.17. Bu dişlilerin taksimat (bölüm dairesi) dairelerinin çapları aşağıda gösterildiği gibi bulunurlar;



Şekil 2.17. Konik dişli çarkların eşdeğer düz dişlisi.

$$d_{eo1} = m \cdot Z_{e1} = 2 \cdot r_{eo1} = \frac{d_{o1}}{\cos \delta_1} \quad (33)$$

$$d_{eo_2} = m.Z_{e_2} = 2.r_{eo_2} = \frac{d_{o_2}}{\cos\delta_2} \quad (34)$$

Temel dairelerin yarıçapları da, aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$r_{eg_1} = r_{eo_1} \cdot \cos\alpha_0 \quad (35)$$

$$r_{eg_2} = r_{eo_2} \cdot \cos\alpha_0 \quad (36)$$

Eşdeğer düz dişlilerin diş sayıları, (33) ve (34) denklemleri gereği aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$Z_{e_1} = \frac{Z_1}{\cos\delta_1} \quad (37)$$

$$Z_{e_2} = \frac{Z_2}{\cos\delta_2} \quad (38)$$

Eşdeğer düz dişli göz önünde tutulur ve düz dişlilerde olduğu gibi $\alpha_0=20^0$ için alt kesilmenin meydana geldiği minimum diş sayısı $Z_{emin}=14$ olarak alınırsa, konik dişlilerin minimum diş sayısı (37) ve (38) denkleminde göre;

$$Z_{min}=14 \cdot \cos\delta_1 \quad (39)$$

yazılır.

2.7. 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.

Yüzey pürüzlülüğü (Şekil 2.18)'de görüldüğü gibi bir takım çıkıntı ve girintilerden meydana gelmiştir. Ölçme tekniğinin gelişmesi ile bu düzgünsüzlük kolayca ölçülebilir. Ayrıca bu tekniğe uygun olarak yüzey pürüzlülüğünü objektif bir şekilde ifade eden ve uluslararasıca kabul edilen bir sistem kurulmuştur.

Bu sisteme göre pürüzler, yüzeylere dik olan kesite göre takdir edilir. Bu kesitte numune uzunluğu boyunca pürüzlerin şeklini gösteren profilin ortalama çizgisine göre ortalama sapmaları tayin edilir (Şekil 2.19a). Profil ile ortalama çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olmak üzere bu çizginin yeri tayin edilir. Yüzey pürüzlülüğü profilin aritmetik ortalama yüksekliğidir ve R_a ile gösterilir. Böylece referans olarak profilin ortalama çizgisi alınırsa, yüzey pürüzlülüğü;

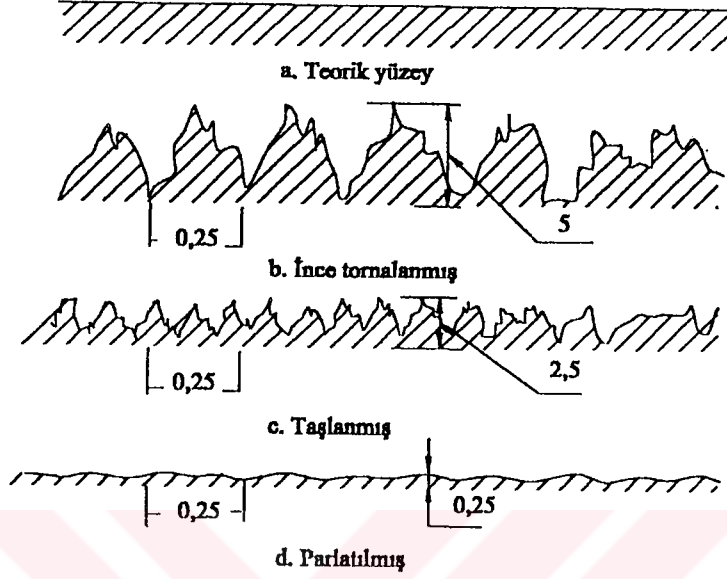
$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l y \, dx \quad \text{veya} \quad R_a = \frac{|y_0| + \dots + |y_n|}{n}$$

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

Bu ana değer in yanı sıra, pürüzlülüğü karakterize eden pürüzlülüğün eni, dalga yüksekliği, dalga eni, kesici takımın çoğunlukta olan izleri gibi ikinci mertebeden faktörler vardır (Şekil 2.20).

Yüzey pürüzlülüğünün birimi mikron $10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm}$ veya mikroinch (10^{-6} inch) tir. Teorik bakımdan yüzey pürüzlülüğünü ifade etme olanağı sonsuz olmasına rağmen pratik nedenlere dayanarak, tercih edilen pürüzlülük dizileri veya yüzey pürüzlülüğü emsal 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.

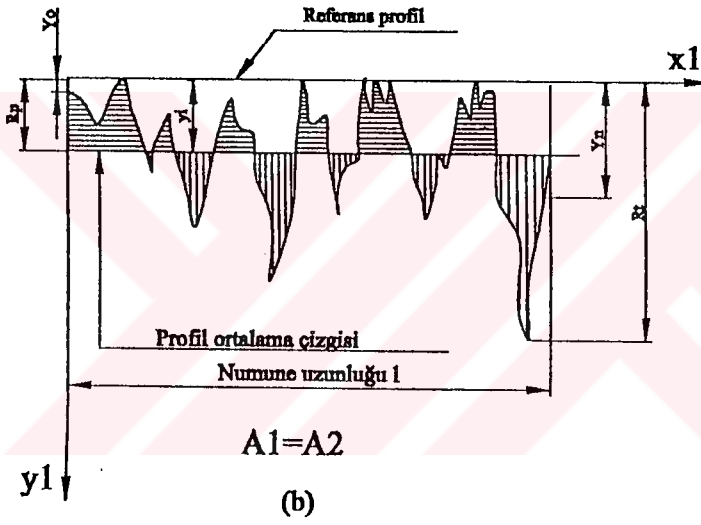
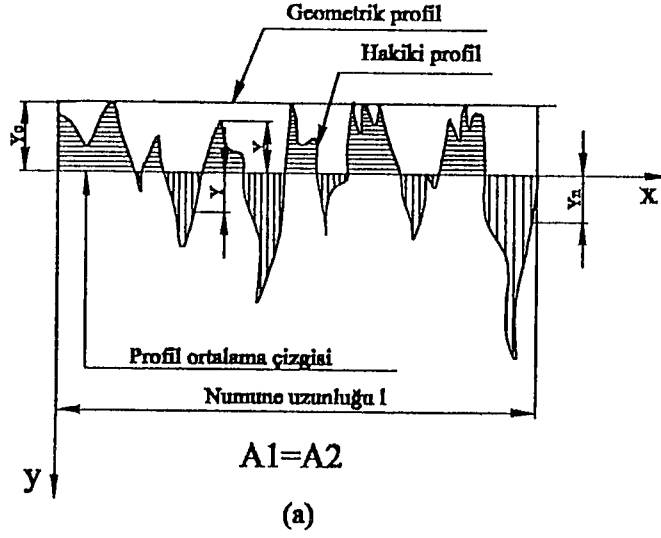


Şekil 2.18. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler

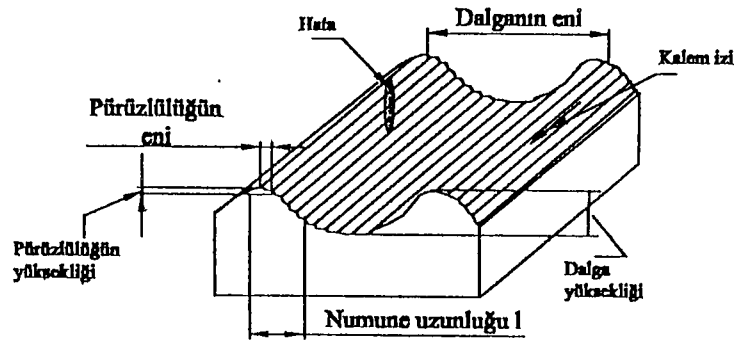
R_a 'nın yanı sıra, en yüksek çıkıntı ile en derin girinti arasındaki uzaklığı belirten R_t değerleri de pürüzlülük kontrolünde kullanılmaktadır(Şekil 2.19b). Ancak maksimum pürüzlülüğü ifade eden R_t değeri ölçülen yere göre değiştiğinden bu yöntem yetersizdir. Bu nedenle yüzeyin maksimum pürüzlülüğü ezilme yüksekliği denilen R_p ile ifade edilmektedir. Burada referans (ölçme) profili olarak en yüksek çıkıntıya teğet olan çizgi alınır,

$$R_p = \frac{1}{l} \int_0^l y_1 dx \quad \text{veya} \quad R_p = \frac{y_0 + \dots + y_n}{n}$$

şeklinde ifade edilir.



Şekil 2.19. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi



Şekil 2.20. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler

0.762 mm (0.030 inch) tir. Bu uzunluk seçildiği takdirde, sembolün üzerine yazılmaz.

Kesme takımların izlerinin yönleri, sembolleri ile birlikte (Şekil 2.23)'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Yüzey işleme yöntemleri ve erişilebilecek yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 1985).

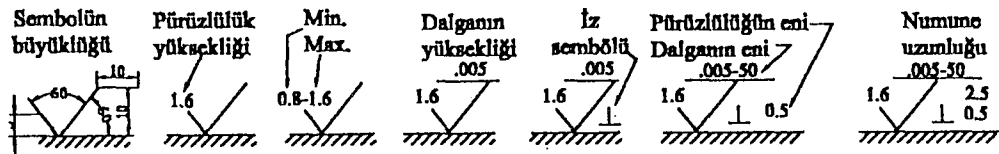
İmal usulü	Ra (µm)													
	50	25	12,5	6,5	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0	
Alev kesmesi, testere ile kesme														
El ile taşlama														
Eğeleme														
Planyalama														
Kaba tornalama														
Kaba frezeleme														
Kaba taşlama														
Delme(zımba)														
Delme(matkable)														
İnce tornalama ve frezeleme														
Broşlama														
Alın düzlem taşlama														
Raybalama														
Silindirik taşlama														
Parlatma														
Tornalama(elmas kalemle)														
Honlama														
Parlatma(deri ile)														
Lepleme														
Çok hassas parlatma														
İşlenmemiş yüzeyler														
Kum dökümü														
Kaynak														
Dövme														
Kök döküm														
Kuyumcu dökümü														
Kalıpcı dökümü														
Haddeleme														
Ekstrüzyon														

Kullanılan alan

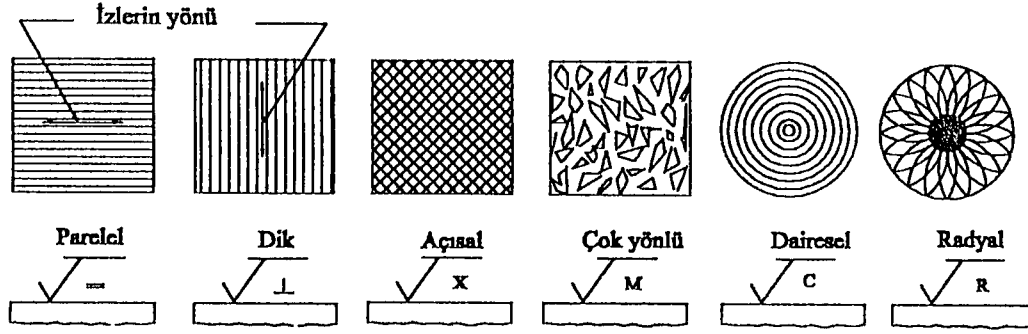
Tüm ekonomik alan

■ Kullanılan alan

□ Tüm ekonomik alan



Şekil 2.22. Yüzey pürüzlülüğü sembollerinin gösterilişi (Akkurt, 1985).



Şekil 2.23. Yüzey izleri ve sembolleri (TS 971, 1988).

İkinci mertebeden olan faktörlerin yazılması, bu değerlerin ölçme olanağına bağlıdır. Bu olanakların bulunduğu hallerde bile ölçme ve kontrol işlemlerinin parça maliyetini arttırdığı düşünülürse, yalnız çok önemli yüzeyler için yazılır. Yüzeyin önemini, sürtünmenin ve aşınmanın azaltılması, yorulma mukavemetinin yükseltilmesi, geçmelerin düzeltilmesi, sıkı toleransların elde edilmesi, eş çalışan yüzeyler arasındaki ısı iletiminin artırılması ve parçanın görünüşünün düzeltilmesi gibi faktörler tayin eder.

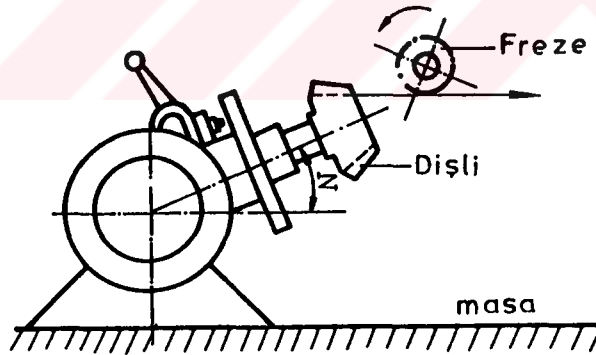
3. DÜZ KONİK DİŞLİ ÇARK İMALAT YÖNTEMLERİ

3.1. Üniversal Freze Tezgahında Düz Konik Dişli İmalatı

Konik dişli çarkların gerek diş profilleri gerekse diş boşlukları konik olduğu için tam olarak ancak özel konik dişli tezgahlarında açılabilirler. Buna rağmen üniversal freze tezgahlarında birkaç usulde ve yaklaşık değerde dişli açılabilir. Ancak bu şekilde açılan dişliler alelade yerlerde kullanılabilirler.

Usul 1

İşin bağlandığı divizör diş dibi açısı kadar eğik bağlanıp Şekil 3.1, iç taraf modülüne uygun bir çakı ile bütün dişler boşaltılır.



Şekil 3.1. Divizörün üniversal freze tezgahına bağlanması.

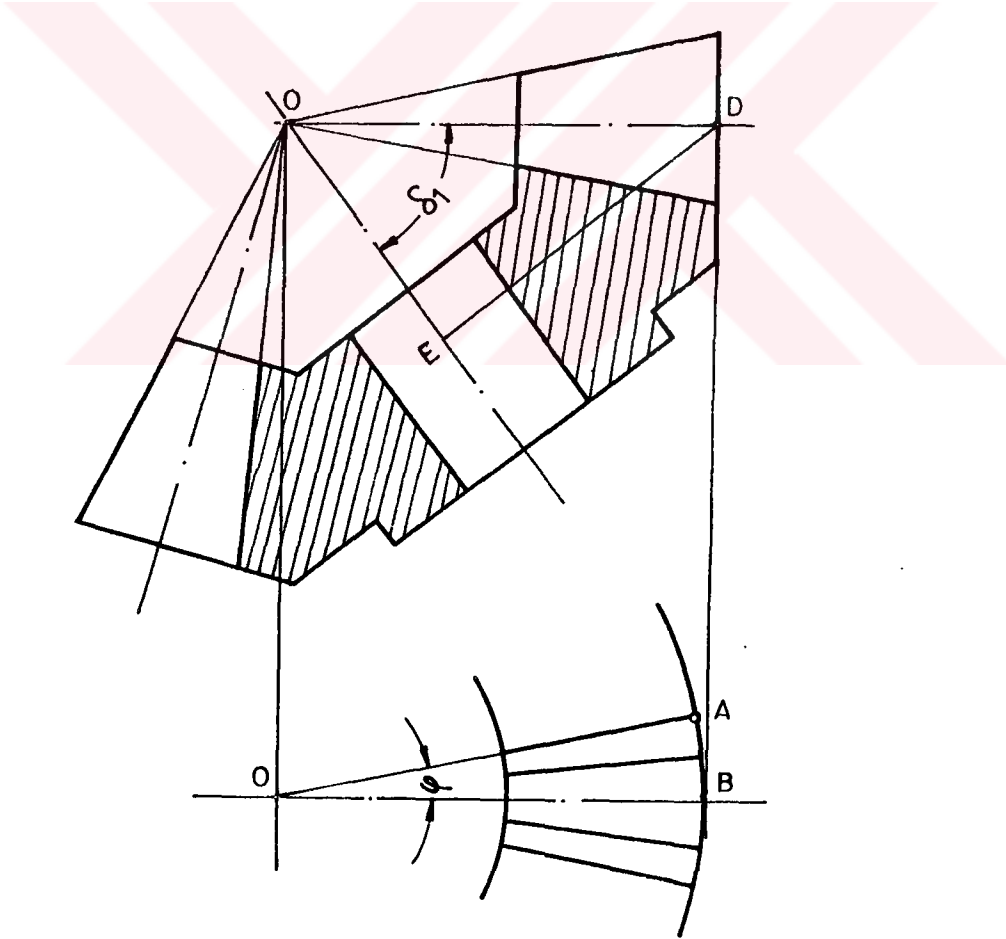
Kalın olan dış taraf modül çakısının içteki dişlere zarar vermeyecek kadar divizör eğilir ve dış taraf modül çakısı ile frezelenir. Elde edilen dişlinin iç ve dış tarafı esas biçime uygun sayılır. Fakat orta yerler bozuktur. Orta yerlerde iç ve dış dişlere teğet gelecek şekilde eğilemek sureti ile çalışabilecek bir dişli yapılmış olur.

Bu usulde konik dişli ancak mecbur kalındığı zaman yapılabilir. Hem tamlik ve hem de ekonomik bakımdan tavsiye edilmez.

Usul 2

Özel olarak freze tezgahlarında konik dişli açmak için imal edilmiş dar modül çakıları kullanılır. Çakının profili dış taraf profiline uygun olup genişliği en küçük diş boşluğundan bile dardır.

Önce sanal diş sayısına göre seçilmiş dar çakı ile bütün dişler boşaltılır. Sonra, tezgah masası φ açısı kadar bir yöne çevrilerek dişlerin bir yan yüzü, yine φ açısı kadar diğer yöne çevrilerek dişlerin diğer yan yüzündeki fazlalıklar frezelenerek diş tamamlanır. Eğelemeye lüzum yoktur.



Şekil 3.2. φ açısının hesabı.

(Şekil 3.2) ye göre, φ açısının hesabı;

$$\sin \varphi = \frac{AB}{O'A}$$

$$AB = \frac{t}{4}$$

$$O'A = OD$$

$$OD = \frac{ED}{\sin \delta_1} = \frac{\frac{D_t}{2}}{\sin \delta_1} = \frac{D_t}{2 \sin \delta_1}$$

$$\sin \varphi = \frac{\frac{t}{4}}{\frac{D_t}{2 \sin \delta_1}} = \frac{m \pi \sin \delta_1}{2 m Z}$$

$$\sin \varphi = \frac{\pi \sin \delta_1}{2 Z} \quad (40)$$

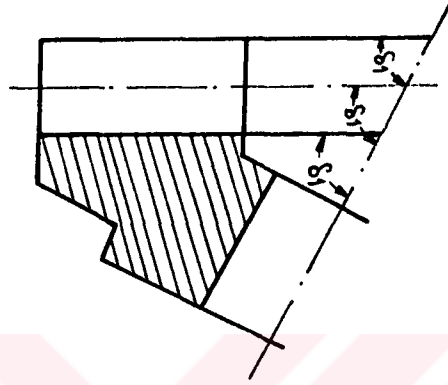
Olarak hesaplanır.

Usul 3

İç taraf modül çakısı ile bütün dişler açıldıktan sonra divizör φ açısı kadar sağa sola çevrilerek dişlerin yan yüzeyleri aynı çakı ile frezelenir ve daha sonra divizörün delikli aynası kullanılarak dişli üzerinde kalan fazlalıklar kesilir ve iş bitirilir. Eğelemeden kullanılabilecek tamlıktadır. İç taraf modülü "" m_i "" (31) numaralı denklem yardımı ile hesaplanır.

Usul 4

Bu usül, yalnız $\delta = 90^\circ$ olan dişlilerde, uygun sayılabilecek bir usüldür. Bu dişlide, diş dibi ve diş üstü açıları bölüm dairesi açısı olan δ_1 e eşit olduğundan, iç taraftaki diş yüksekliği ile dış taraftaki diş yüksekliği birbirine eşittir (Şekil 3.3). İç taraf modül çakısına uygun çakı ile bütün dişler kesildikten sonra yukarıdaki usüldeki gibi φ açısı kadar sağa sola çevrilerek dişlerin yan yüzeyleri işlenerek bitirilir.



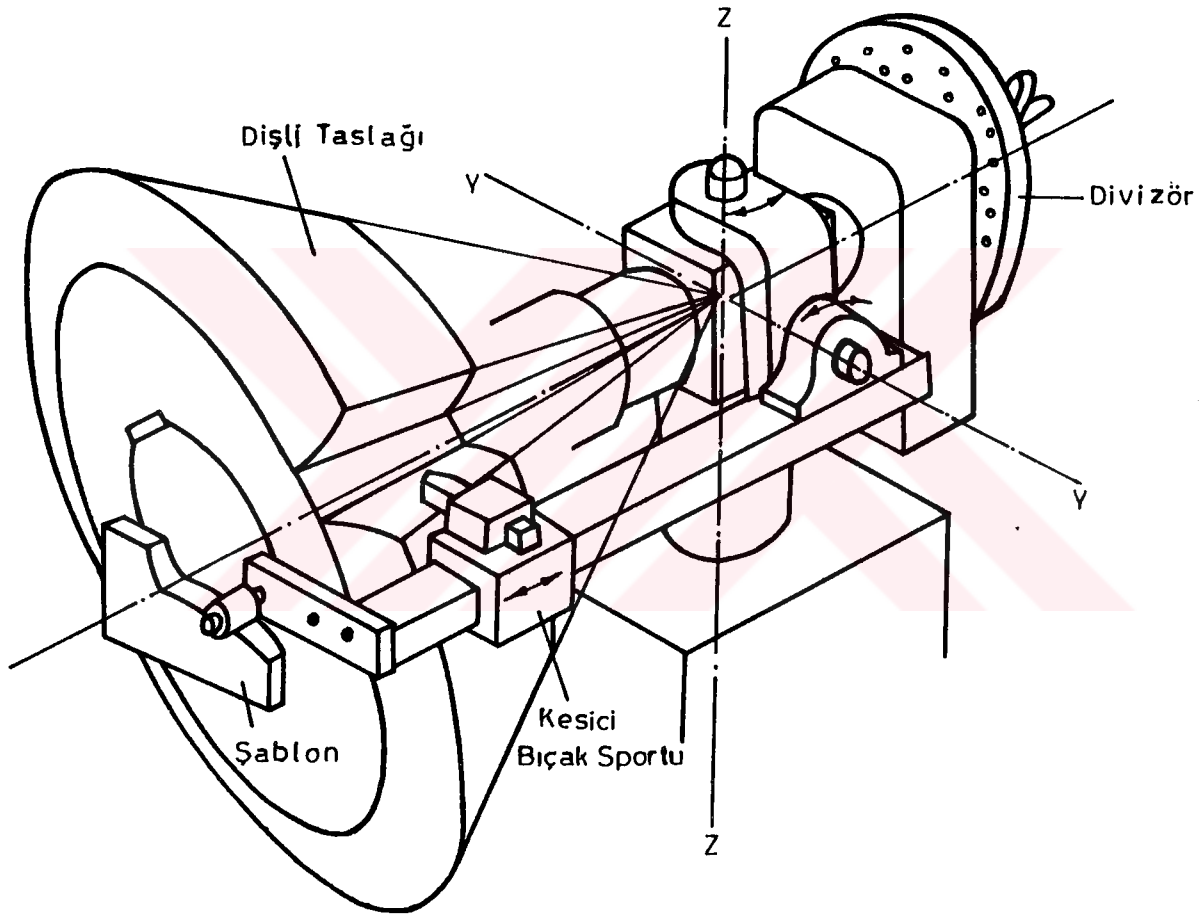
Şekil 3.3. $\delta = 90^\circ$ olan dişlilerde diş dibi ve diş üstü açıları.

3.2. Şablon İle Konik Dişli İmalatı

Bu metotla konik dişli açma usulünde, açılacak olan dişlinin önceden diş profilinin büyükçe bir şablonu hazırlanır. İş parçası Tezgahın bölme aparatına bağlanır. Kesici çakılar iki tanedir, bağlı olduğu kısımda, şablon doğrultusunda ileri-geri hareket ederler. Amaç şablondaki diş yan profilini, dişlinin bölüm dairesi konisi doğrultusunda, dişliye aktarmaktır.

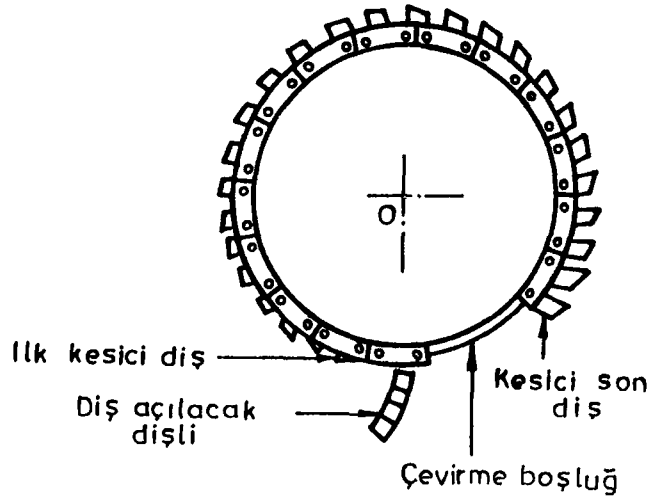
Buradaki çakıların görevi; dişin yan yüzeylerini, şablon doğrultusunda kopya ederek, profilinde kesmektir. Benzer şekilde olan tek çakılı tipleri de vardır Şekil 3.4. Yalnız burada dişler teker teker açılır. Ancak çakının diş doğrultusunda olması için, çakının ileri-geri hareketlerine uygun bir kızak üzerinde, şablonu kopya eden ucu bulunur. Bir dişin açılması bittikten sonra, bölme aparatından ikinci diş çevrilerek işleme devam edilir.

Bu metotla en çok, standart ölçülerin dışındaki büyük modüllü konik dişli çarkların yapımı sağlanır. Yalnız burada hassas konik dişli imalatı için şablonun hazırlanması çok önemlidir. Konik dişliler; bilinen bu usullerin dışında, çevresinde modül profilli kesici disklerle kaba ve ince işlenerek dişlenir (boşaltma usulü). Sonra da kendi cinsinden konik dişlilerle çalıştırılarak birbirlerine alışmaları sağlanır.



Şekil 3.4. Şablon ile konik dişli imalatı.

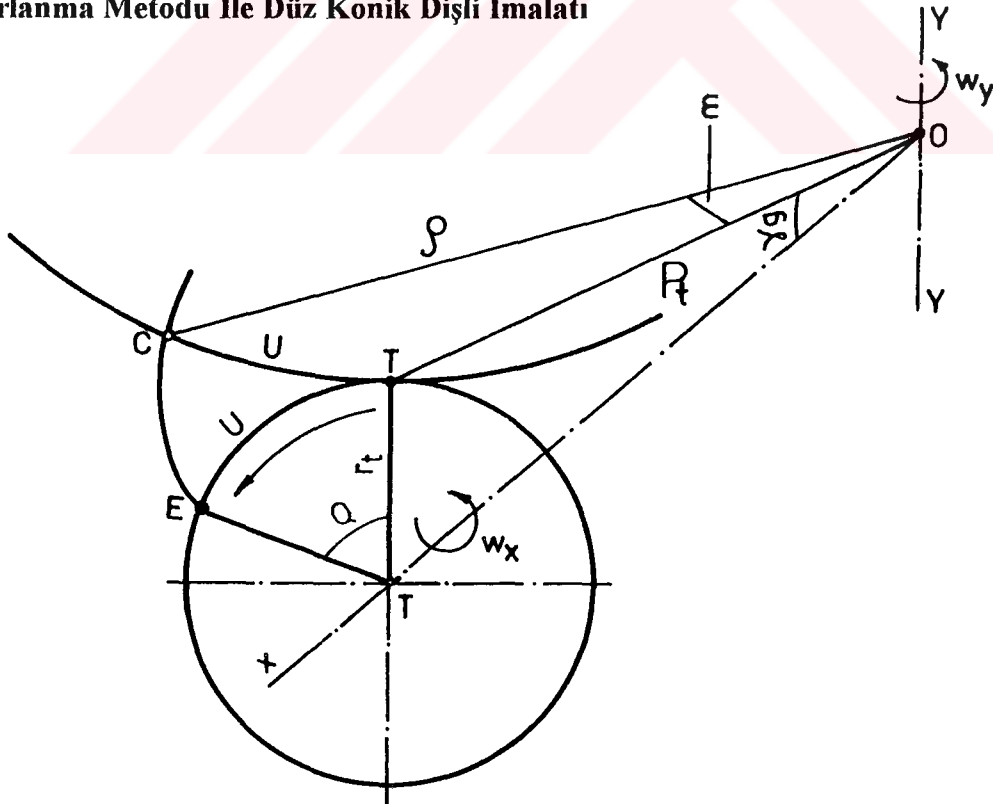
3.3. Boşaltma Usulü Konik Dişli İmalatı (Tığ çekme-Broş)



Şekil 3.5. Boşaltma usulü konik dişli kesme (Tığ çekme).

Bu usül parça sayısı çok fazla olduğu zaman uygulanır. Silindirik bir diskin etrafına çok sayıda evolvent profilili kesici ağız yerleştirilmiş, bir sonraki bıçak bir evvelkinden kaldıracabilecek talaş miktarı kadar biraz yüksekçedir Şekil 3.5. Çakının ilk dişleri, çarkın diş boşluğunu kaba olarak boşaltır. Son dişler ise açılacak diş derinliğine uyacak şekildedir. Bıçak başlığına, açılacak olan dişlinin durumuna uygun bir eğim verilerek bir pasoda bir diş boşluğu açılmış olur.

3.4. Yuvarlanma Metodu İle Düz Konik Dişli İmalatı



Şekil 3.6. Küre yüzeyinde çemberin yuvarlanma hareketi.

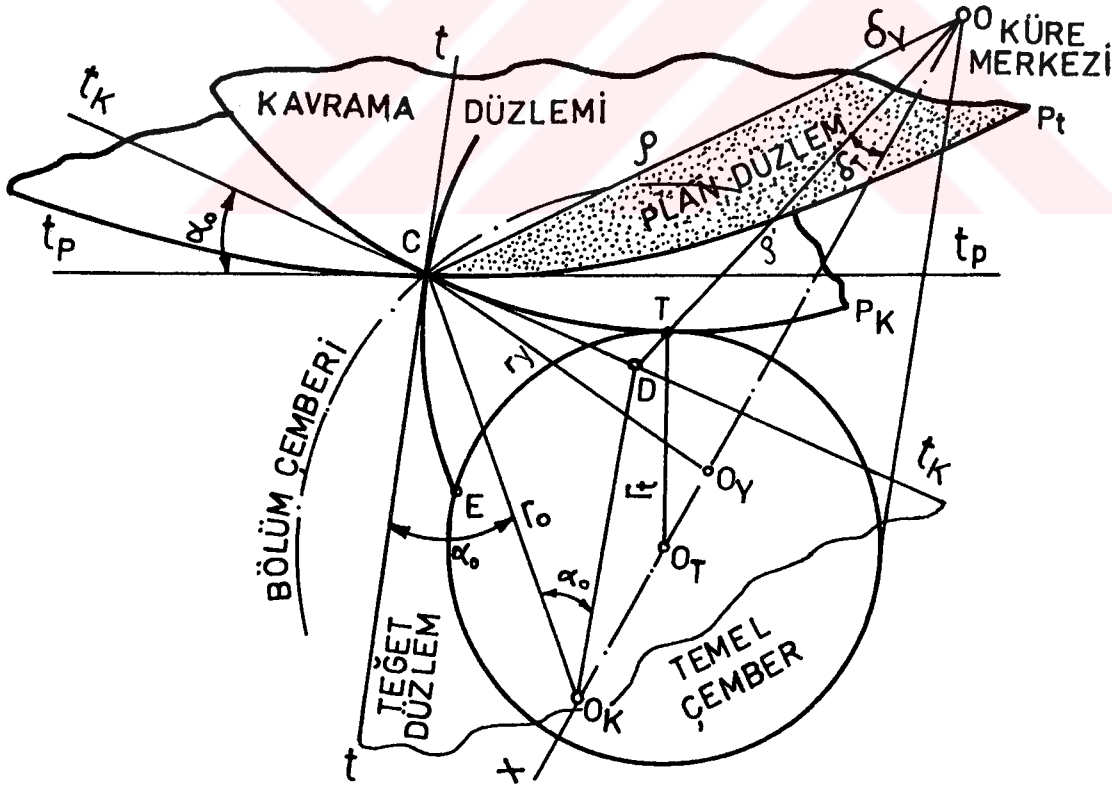
Düz alın dişlilerinde olduğu gibi, yuvarlanma hareketi ile konik dişlilerin imalinde de kesici bıçak ile dişli çarkın hareketleri yuvarlanma prensibine uygun olmalıdır. Yalnız yuvarlanma hareketi yapan dişli taslağı geometrik çizim olarak bir koni olduğu için, koni tepesine göre de bir eksen etrafında dönme hareketi yapar. Bu durumda birbirlerine göre yuvarlanma hareketi yapan iki çemberin aynı zamanda bir eksen etrafında dönmeleri ancak bir küre yüzeyinde mütalaa edilebilir.

Şekil 3.6 da, taban yarıçapı (r_t) ve tepesi kürenin (O) merkezinde olan bir koninin, kürenin büyük çemberlerinden (P_T) birine göre yuvarlanma hareketi yaptığını düşünersek, her iki çember üzerinde alınan yollar eşittir.

$$U=CT=ET$$

Koni kendi (X) ekseninde (ω_x), (P_T) çember düzlemine dik (Y) ekseninde (ω_y) açısal hızları ile dönerek yuvarlanma hareketini yapıyorsa hız oranları,

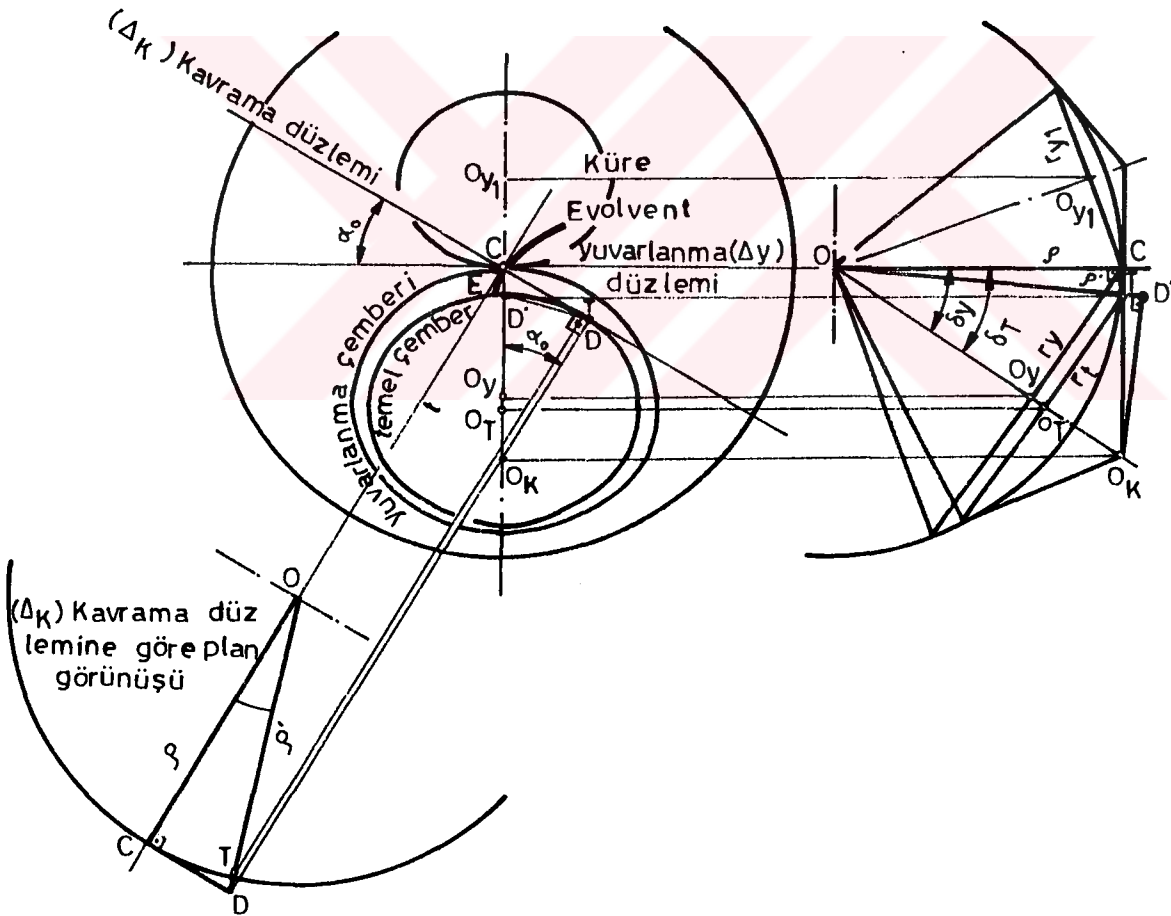
$$i = \frac{\omega_y}{\omega_x} = \frac{\varepsilon}{Q} = \frac{r_t}{\rho} = \sin \delta_T \quad (41)$$



Şekil 3.7. Küre yüzeyinde (P_T) temel ve (P_Y) yuvarlanma çemberleri.

Yukarıdaki gibi yazılabilir. (ε) , (P_T) çemberinde (Q) , (r_t) yarıçaplı çemberde (U) yayını gören açılardır. (γ_g) koni tepe açısının yarısıdır.

Hareketin başlangıcında (C) noktası (E) noktası ile çakışmıştır. Bu noktadaki bir kalem, koni ile beraber yuvarlanma hareketi yapan küresel yüzey parçasında EC evolvent eğrisini çizer. Pratikte kesici kalem küre merkezi doğrultusunda ileri geri hareket yaparak inkıtalı yuvarlanma hareketi esnasında her duruşta merkeze doğru ileri hareket ederek dişli çark taslağını keser ve geri gelir, böylece (O) merkezine doğru küçülen ve aynı karakterde evolvent bir yüzey elde edilir ki, bu bir konik dişli diş yanağının profilidir.



Şekil 3.8. Küre yüzeyinde (r_t) yarıçaplı temel çember ve (r_y) yarıçaplı yuvarlanma çemberleri

(Şekil 3.7) de, (α_0) kavrama açısı, (r_0) yuvarlanma çemberi yarı çapı ve (r_t) temel çember yarı çaplarıdır.

(Şekil 3.7 ve 3.8) de (C) noktasında evolvent eğrisine teğet (t) doğrusu ile bu noktada (t) doğrusu ile kesişen ve (P_T) çemberine teğet (CD) doğrusu (ρ) yarıçaplı kürenin (C) noktasındaki teğet düzlemini belirtirler. Bu düzlem içinde (X) eksenini kesen (CO_K) doğrusu ile (OT) doğrusunun uzantısına dik, yine aynı düzlem içindeki (DO_K) doğrusu arasında kalan (α_0) açısını kavrama açısı olarak kabul edersek, (P_T) çemberinin kavrama çemberi ve bu çember düzlemi (Δ_K) 'nin "Kavrama düzlemi", (T) noktasında, teğet koni taban çemberi de dişli çarkın "temel çemberi" olmasını gerektirir. Bu durumda merkezi (X) eksenini üzerinde olan ve (C) noktasından geçen bir yuvarlanma çemberi, ile (C) noktasında kesişen ve aralarında (α_0) açısı yapan (P_K) "kavrama çemberi" veya bu çemberin (Δ_y) düzlemi "yuvarlanma düzlemi" olmasını gerektirir. Küre üzerinde temel çember yarıçapı (T) noktasından (X) eksenine indirilen dikme boyu (r_t) ve yine yuvarlanma çemberinin yarıçapı da (C) noktasından aynı eksene indirilen dikme boyu (r_y) dir. Meydana gelen üçgenlerde OCO_K , OCO_T ve ODO_K , OTO_T benzerliğinden şu bağıntılar yazılabilir.

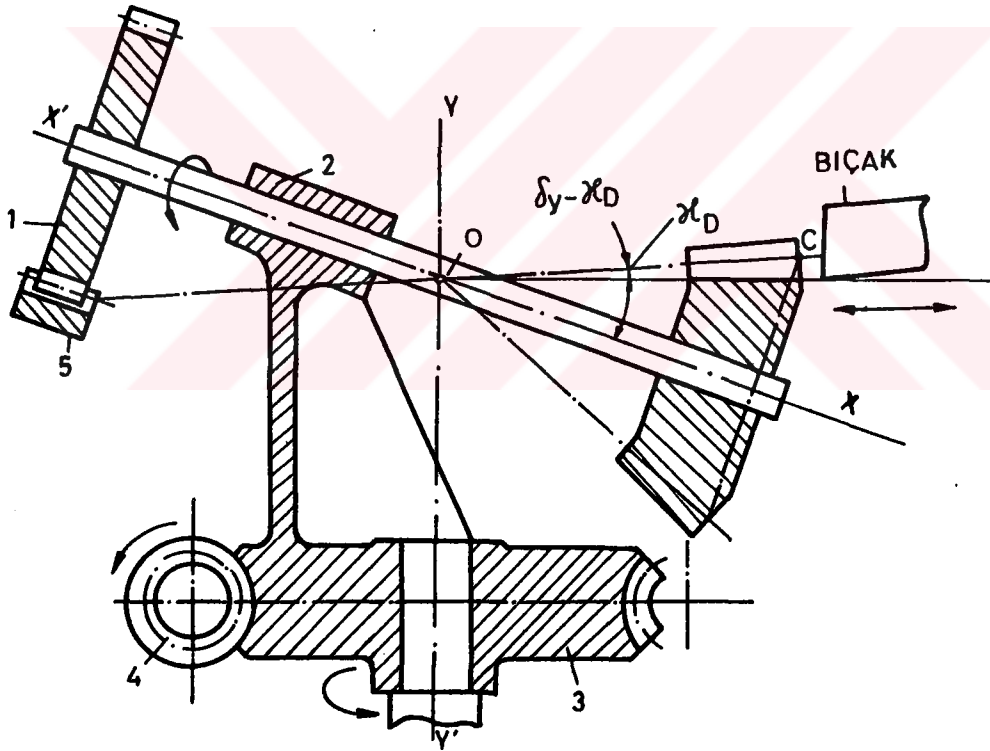
$$\cos \alpha_0 = \frac{DO_K}{CO_K} = \frac{OO_K \cdot \sin \delta_T}{OO_K \cdot \sin \delta_y} = \frac{\frac{r_T}{\rho}}{\frac{r_y}{\rho}} = \frac{r_T}{r_y} \quad (42)$$

$$\cos \varepsilon = \frac{\rho}{\rho'} = \frac{OO_K \cdot \cos \delta_y}{OO_K \cdot \cos \delta_T} \quad (43)$$

$$\tan \varepsilon = \frac{CD}{\rho} = \frac{CO_K \cdot \sin \alpha_0}{\rho} = \frac{\delta \cdot \tan \delta_y \cdot \sin \alpha_0}{\rho} = \tan \delta_y \cdot \sin \alpha_0 \quad (44)$$

Böylece, (41), (42), (43) ve (44) numaralı formüllerle konik dişli çarkın geometrik büyüklükleri ile imali için uygun dönme hareketleri arasındaki bağıntılar saptanmış olur. Yuvarlanma metoduyla konik dişli çark imal eden tezgahlar bu büyüklüklere göre tertip ve tanzim edilirler.

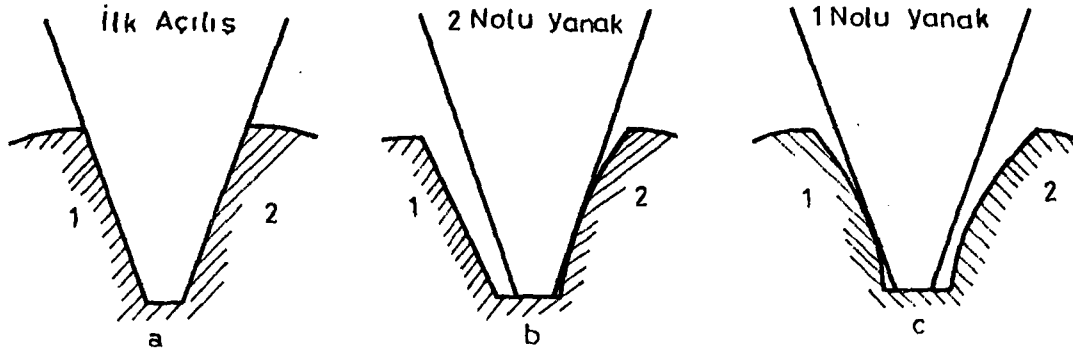
(Şekil 3.11) de Bilgram sistemine göre yapılmış bir konik dişli imal tezgahı gösterilmiştir. Dişli taslağı $X-X'$ eksenine göre bir mile bağlıdır. Milin diğer ucu da (K') referans konisine eşdeğer açılacak olan diş boşluğu yatay hareket eden kesici bıçak (kalem) hizasına gelince diş yanağının meydana gelmesi için ($Y-Y'$) eksenini etrafındaki yuvarlanma hareketi (4) ve (3) sonsuz vida grubu ile gerçekleştirilir. Sistem ($Y-Y'$) etrafında ve U_1 hızıyla dönerken (5) traversi ile temas halinde olan (1) dişlisi (3) sonsuz vida karşı dişlisi üzerine (2) yataklanmış, ($X-X'$) eksenli mili de kendi eksenini etrafında U_2 hızı ile döndürür, bu hızlar (41) numaralı denkleme uygun olarak gerçekleştirilir. Bir diş boşluğu açıldıktan sonra dişli taslağı (5) traversi ve (1) dişlisi ile kendi eksenini ($X-X'$) etrafında bir hatve boyu döndürülür ve ikinci diş boşluğunun açılmasına geçilir. Konik dişlide diş boyunca diş boşluğu değiştiğinden önce boşluklar iç çapa göre en küçük durumda açılır.



Şekil 3.11. Bilgram sistemine göre konik dişli imalat tezgahı.

Şekil 3.12a de bu ilkel açılmış diş boşluğu diş boyunca eşit aralıktadır. Sonradan (1) çarkı ile (5) traversi kilitli olarak hep beraber ($Y-Y'$) eksenini etrafında dişli taslağının

dış konisinde diş aralığı ölçüsüne göre (1) v (3) sonsuz vida grubu ile bir miktar döndürülür (dişli taslağı (X-X') eksenini etrafında dönmez). Daha sonra (1) ile (5) kilitlemesi çözülür ve dişli yanakları, ayrı ayrı her iki eksene göre yuvarlanma hareketi ile yukarıda anlatıldığı şekilde " OKDOİD " eğrisi olarak gerçekleştirilir Şekil 3.12b, c.

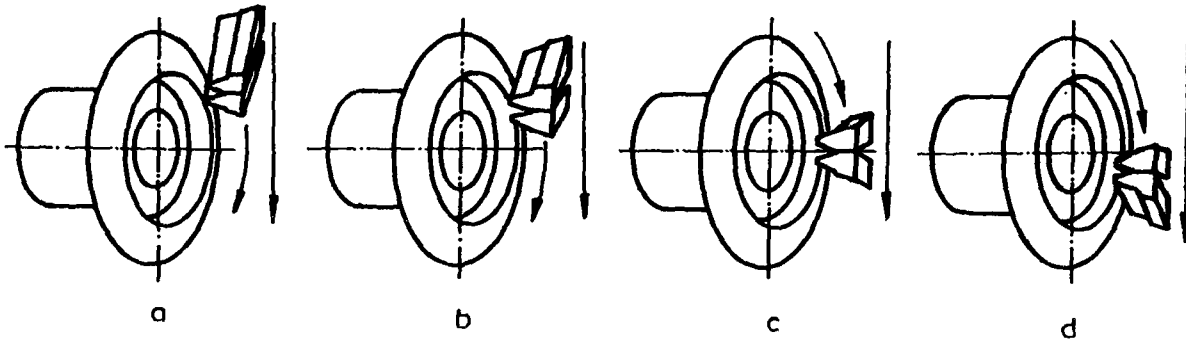


Şekil 3.12. Bilgram tezgahında diş boşluğunun meydana gelişi.

a) ilk açılış, b) sağ, c) sol diş yanaklarının oluşumu.

3.4.2. Çift kalem ile konik dişli imalatı

Yuvarlanma metoduna göre konik dişli açan tezgahlar, düz kesici ağzı bulunan modülüne uygun olarak seçilen çakılar, dişin tepe noktası doğrultusunda alternatif (ileri-geri) hareket yaparlar. Çakıların arasındaki açı, dişlinin diş sayısına göre tezgahla bağlı olduğu kızaktan yararlanır. Şekil 3.13 de görülen, Konik dişli ve düz kesici kalemler, işlem safhalarındaki hareketlerini çizimlerde olduğu gibi tamamlarlar.



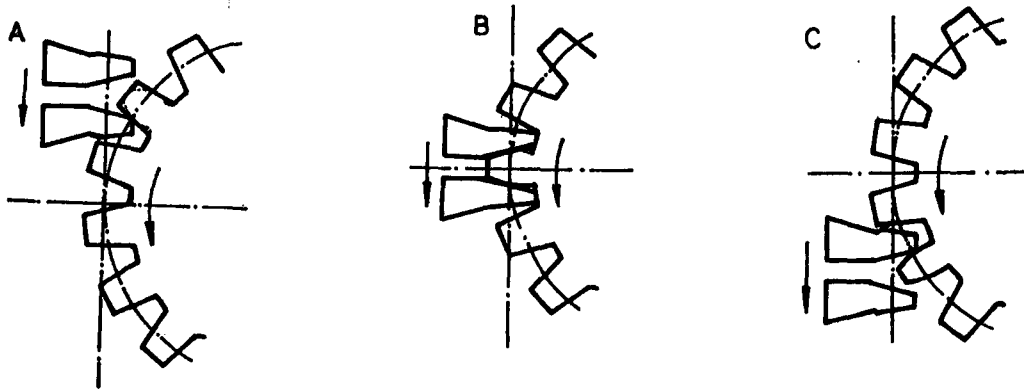
Şekil 3.13. Dişli ve çakıların hareketleri.

Çakılar tezgah gövdesinde, üzerinde bulunduğu başlık kısmı merkezinde belirli olarak dönme hareketi yapar. Bu dönmede; iş parçası da konisi etrafında dönerki, bunu iki dişlinin çalışmasına benzetebiliriz.

Şekil 3.13a' da ; görülen bu diş açma metodunda, diş yuvaları boşaltılmadan doğrudan açılır. Burada iki çakının da ayrı ayrı görevi vardır, birisi dişin bir yüzünü, diğer çakı da öbür yüzünün profilini çıkarır.

Diş yüzeyleri tepe konisinde birleşen doğru çizgiler olduklarından, dişlinin bölüm dairesi koni tepesine doğru yaklaşırlar. Çakının doğrusal hareketinde, meydana gelen bu doğruların, yan yana birleşmesinden profilli yüzey elde edilir. (a) da Çakının birisi dişliye değmekte, (b) de ise ikinci çakı da yaklaşarak dişliyi çevreden kesmeye başlaması, (c) de iki çakıda ok yönünde işle birlikte, ancak işin koni merkezinde dönerken çakıların arasında kalan dişinde, dönme esnasında kesilerek profilinin (d) de tamamlandığı görülmektedir. Burada tekrar düşünersek, (a) ile (d) arasındaki fark anlaşılır. Bir diş tamamlandıktan sonra, bıçaklar ilk konumuna gelir. Dolayısıyla konik dişte bir o kadar otomatik olarak döner. İşlem yeniden ikinci diş kesilinceye kadar devam eder.

Konik dişli açan bazı tezgahlarda dişler önceden boşaltılır. Şekil 3.14 de böyle bir sistem incelenmektedir. Şeklin (A) kısmında, oklarla çakının ve dişlinin hareketleri görülmektedir. Bu durumda işlem başlar. Kesik çizgilerle gösterilen profil fazlalıkları (B) konumunda tam

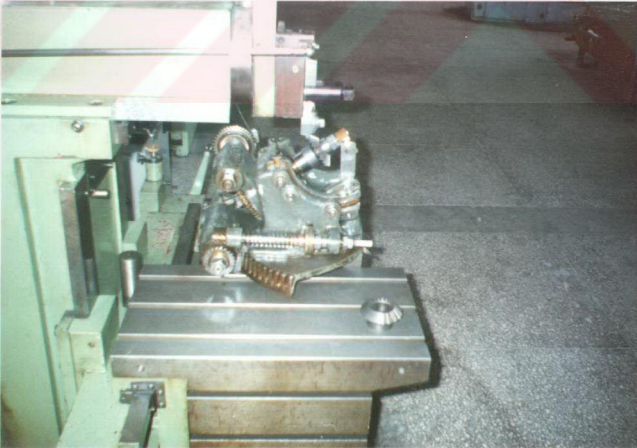


Şekil 3.14. Çift kalemle konik dişli keserken diş profilinin oluşumu.

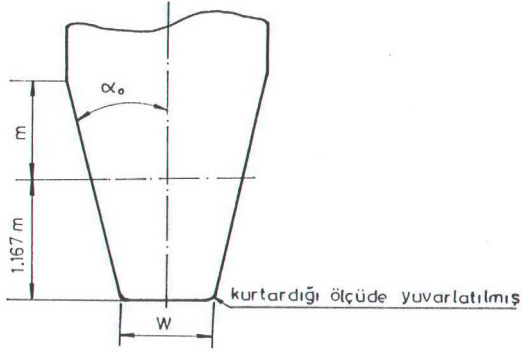
eksende iken iki çakı da dişi keser. Şekle dikkatlice bakılırsa, (A) konumundaki çakı yan profilini tamamlamış olduğu, diğer yan yüz profilin de (C) de, tamamlandığı görülmektedir. Bu arada evolvent diş profili elde edilmiş olur.

3.4.3. Matterson Aparatı İle Vargel Tezgahında Düz Konik Dişli İmalatı

Vargel tezgahında konik dişli açmak için düşünülmüş olan, Matterson patentli konik dişli açma aparatı iki ayrı büyüklükte yapılmış olup Şekil 3.15, bunlardan 6'' DP olanında 6 Diametral piçe kadar olan konik dişlileri, 12'' DP olanında ise 12 Diaketral piçe kadar olan dişleri açmak mümkündür. Bu aparatın çalışma tarzı diş profilinin teşekkülünü sağlayacak şekilde tanzim edilmiştir ve diş profilini modül çakılarıyla açmaya gerek yoktur. Dişin açılması, Şekil 3.16 da gösterilen kremayer çakıya benzer trapez biçimdeki bir vargel kalemi ile yukarıda anlatıldığı gibi, yuvarlanma yöntemine göre konik dişli açma prensibine dayanmaktadır. Şekil 3.16 da ki vargel kaleminin uç genişliği (W), açılacak olan konik dişlinin en küçük diş dibi genişliğine göre, aşağıda (45) denklemi ile hesap edilir ve bu ölçülere göre bilenir (keskin köşeler kurtardığı ölçüde yuvarlatılır).



Şekil 3.15. Matterson aparatının vargel tezgahına bağlanmış hali.



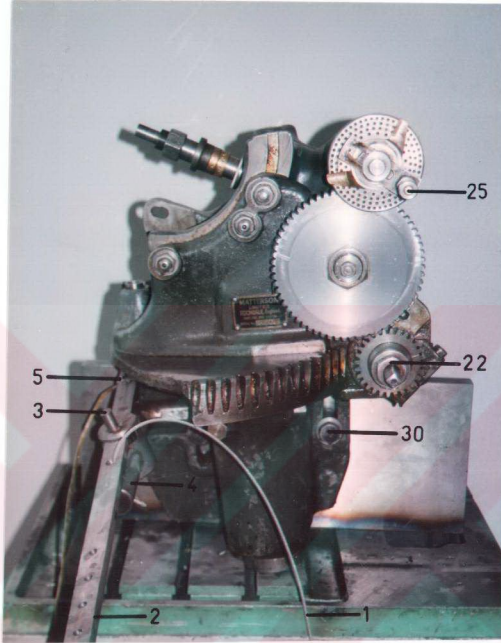
Şekil 3.16. Vargel kalemi ölçüleri.

$$W = \frac{\pi m}{2} - 2 \left(\frac{7 m \cdot \tan \alpha_0}{6} \right) \quad (45)$$

3.4.3.1. Matterson Aparatında Yuvarlanma Hareketinin Oluşumu

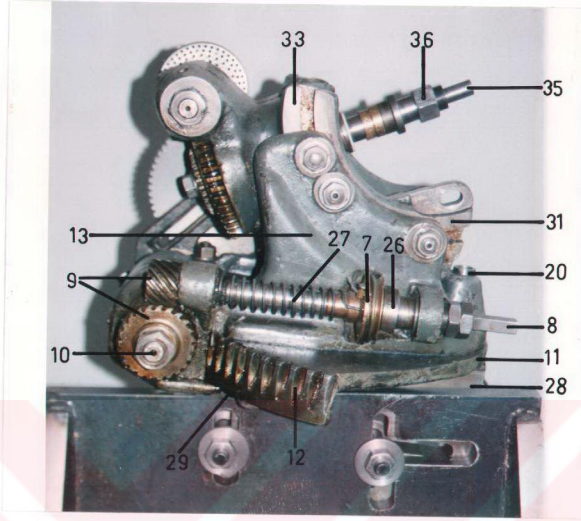
Yuvarlanma metodu ilkesine (konu 3.4. de anlatıldığı gibi) uygulanabilecek şekilde, vargel tezgahında konik dişli açmak için kullanılan Matterson patentli bir konik dişli açma mekanizması, Şekil 3.17a,b,c de gösterilmiştir. Bu sistemin prensip şeması, Şekil 3.9 da anlatıldığı gibidir. Bu aparatta, konik dişli açmak için gerekli olan yuvarlanma hareketi, vargel tezgahı talaş miline hareket veren ve sarkaç şeklinde salınım hareketi yapan talaş ayar mekanizmasından sağlanmaktadır. Şöyle ki; Her iki aparatta da ince bir tel kablonun (1) (buna talaş verme kablosu denir) bir ucu manivelanın (2) baş tarafındaki yuvalardan (talaş kaldırma oranı, manivela üzerindeki bu delikler yardımı ile azaltılıp çoğaltılır) birine, diğer ucu vargel tezgahı talaş miline hareket veren ve salınım hareketi yapan talaş ayar mekanizmasına bağlanır. Vargel tezgahı çalıştırıldığı zaman manivela kolu, bu kablo yardımıyla, bir pim (3) ile tespit edildiği mil (4) üzerinde ve pimin etrafında döndürülür. Manivela kolunun bu dönme hareketi, manivela kolunun diğer ucundaki çene üzerine bağlanan talaş kablosunu (5) çeker, bu çekme hareketi ile aparatın talaş mili üzerindeki kasnağın (7) dönme hareketi

gerçekleştirilir. Kasnaktaki bu dönme hareketi, kasnak içerisine yerleştirilen bir mandallı kavrama (26) ve kama yardımı ile aparatın talaş miline (8) aktarılır,

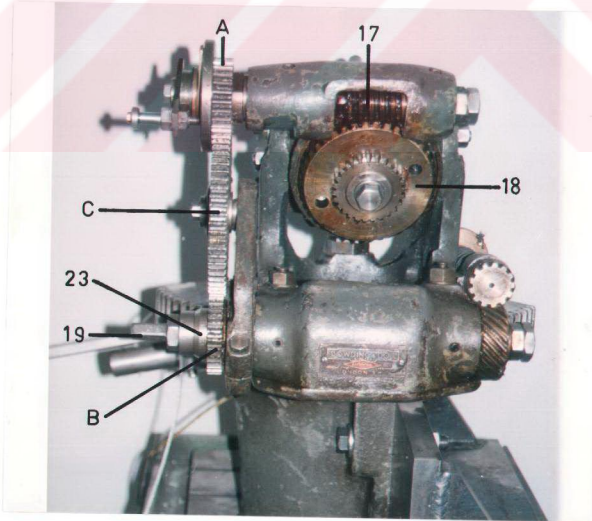


Şekil 3.17a. Matterson aparatının sağ yan görünüşü.

talaş mili üzerinde bulunan helisel dişliler (9) yardımı ile sonsuz vida mili (10) ve aparatın alt kaidesi (11) üzerine açılmış olan sonsuz vida çarkı (12) yardımı ile, aparatın üst kaide (13) sinin (Y-Y') eksenı etrafında (U_1) hızı ile dönmesi sağlanır Şekil 3.18. Yine sonsuz vida milindeki bu dönme hareketine bağlı olarak; sonsuz vida milinin (10) diğer ucundaki düz dişli (B) ve (C, A) dişlileri yardımı ile $1/40'$ lık divizörün, sonsuz vida mili (17) döndürülür. Sonsuz vida milindeki (17) bu harekette, yine $1/40'$ lık divizörün sonsuz vida çarkı (18) yardımı ile imal edilecek olan konik dişlinin bağlandığı malafa miline aktarılır ve konik dişli taslağının, (X-X') etrafında (U_2) hızı ile döndürülmesi sağlanır.

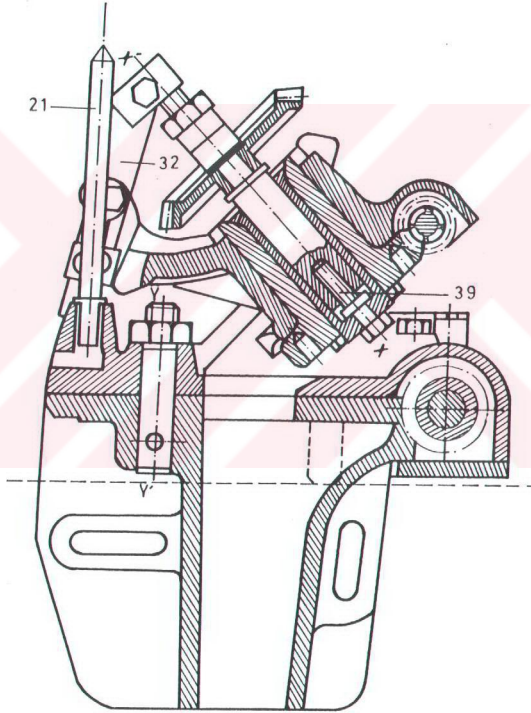


Şekil 3.17b. Matterson aparatının sol yan görünüşü.



Şekil 3.17c. Matterson aparatının arka görünüşü.

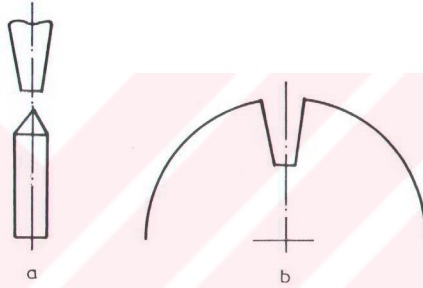
İşte aparat, (Y-Y') ekseninde U_1 hızı ile dönerken, aynı anda da (X-X') ekseninde U_2 hızı ile döner ve konik dişliyi kesmek için gerekli olan yuvarlanma hareketini gerçekleştirilmiş olur. Ancak bu yuvarlanma hareketinin oluşumu, vargel başlığının geri hareketinde olacak şekilde olmalıdır, (aparat salınım hareketi yapan mekanizmaya bağlanırken, bu duruma özellikle dikkat edilmelidir) aksi taktirde, vargel tezgahlarının bir özelliği olarak talaş kesmek mümkün olmaz.



Şekil 3.18. Matterson aparatının kesit görünüşü.

3.4.3.2. Matterson Aparatında Dişlerin Kesilmesi

Aparat yardımıyla konik dişli açmak için, aparatın üst kaidesi (13), alt kaide (11) üzerinde markalanmış olan sıfır noktasına (diş kesmeye başlama noktası), bir anahtar yardımı ile yuvarlanma mili (19) döndürülerek ayarlanır. Daha sonra kremayere benzer vargel kalemi aparatın merkez noktasına (20) yerleştirilen ölçü çubuğunun (21) üst noktasına göre eksenlenir Şekil 3.18.

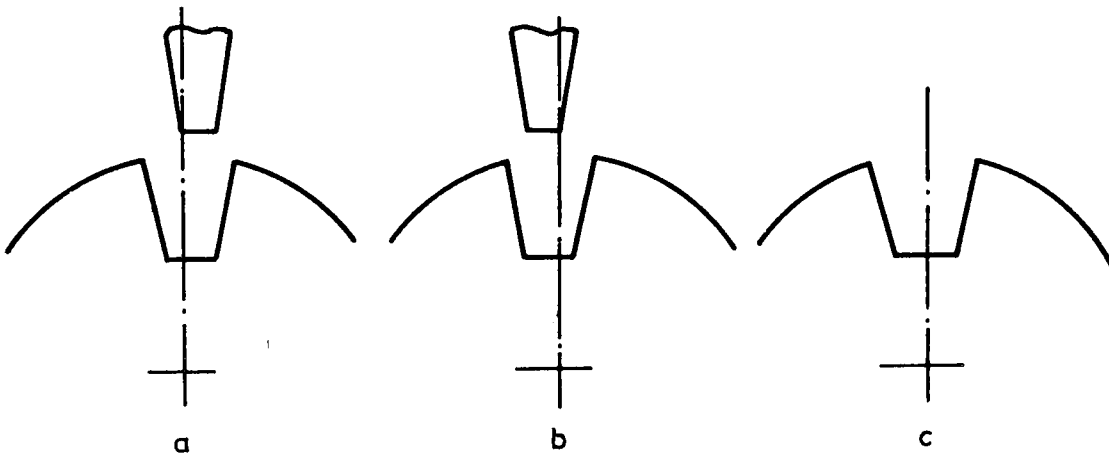


Şekil 3.19. Konik dişli kesmek için, a) kalemin eksenlenmesi, b) ilk diş boşluklarının açılması.

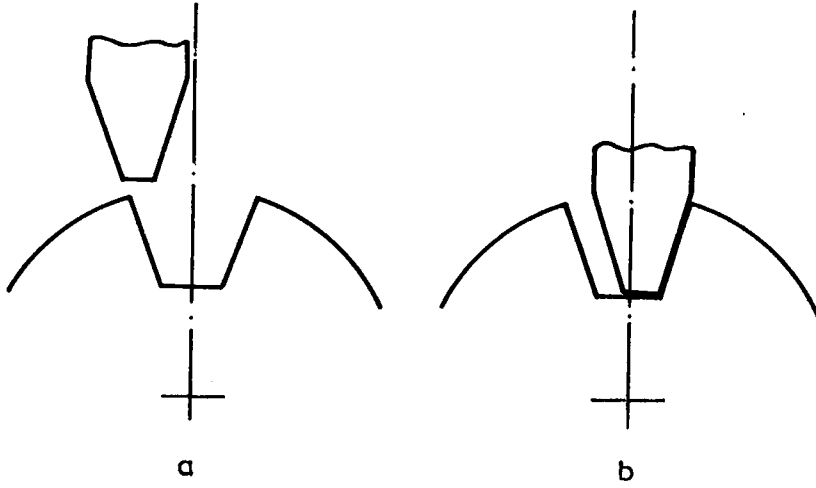
Bu ayar işleminden sonra vargel kalemi konik dişli taslağının üst noktasından itibaren, diş dibi derinliğine kadar diş boşluklarını keser (bu işlem özellikle büyük modüllü dişlilerde mutlaka yapılmalıdır) Şekil 3.19a, b. İlk önce iç çapa göre en küçük durumda açılmış olan bu ilkel dişler (konik dişli taslağı üzerindeki diş boşluklarının açılması, aparat üzerindeki 1/40 'lık divizörün delikli ayna kolu (25) yardımı ile yapılır), dişli boyunca eşit aralıktadır Şekil 3.19b. Ancak konik dişlilerde diş boyunca diş genişliği (bu diş genişlikleri, 45 numaralı denklem yardımıyla hesap edilir) değiştiği için yukarıdaki kesme işleminden sonra vargel kalemine ikinci bir ayar yapmak gerekir. Bu ayar işlemini yapmak için; sonsuz vida mili (10) üzerinde, taksimat çizgileri bulunan bir burç (23) mevcuttur. Bu burç, bulunduğu mil üzerine kama ile tespit edilmiştir. Burca bitişik değiştirme dişlisi (B) ise, 3/4 " parmaklık bir somun (22) yardımı ile

sıkıştırılarak ve sürtünmeden faydalanılarak milden (10) hareket almaktadır. İşte bu somun (B, C, A dişlileri dönmeyecek şekilde) gevşetilir ve sonsuz vida mili (10) veya yuvarlanma mili (19) bir anahtar yardımıyla, aparatın üst kaidesi (13) (Y-Y') eksen (küre merkez eksen) etrafında çevrilir, bu durumda somun (22) gevşek olduğundan, konik dişli taslağının bağlı olduğu eksen (X-X') dönme olmaz. Bu çevirme miktarı, en küçük diş aralığı ile en büyük diş aralığı arasındaki farkı (talaş miktarı) oluşturacak kadar olmalıdır. Bu fark kadar talaş miktarını kesmek için, burç (23) üzerine açılmış olan taksimat çizgilerinden her birinin ne kadar talaş miktarına karşılık geldiği hesap edilir. Hesap edilen bu miktarlara göre de, burç un bağlı olduğu milin (10) döndürülmesi, yuvarlanma mili (19)'nin bir anahtar ile döndürülmesi yapılarak (saat ibresi tersi yönünde) dişli taslağı, uygun diş genişliklerinde kesilmiş olur (sağ tarafın kesilmesi işlemleri bu şekilde tamamlandıktan sonra aynı işlem, sol profil için ters yönde tekrarlanır). Bu şekilde oluşturulan diş boşlukları, okdoid diş profilinin kesilmesi için elverişli bir durum oluşturur Şekil 3.20a,b,c. Yukarıda anlatılan bu işlemler yapıldıktan sonra, vargel kalemi sol yan profili işlemek için uygun konuma getirilir Şekil 3.21a.

Bu işlem yapıldıktan sonra vargel kalemi dişli taslağından kurtuluncaya kadar, yuvarlanma mili (19) saat ibreleri tersi yönünde bir anahtar ile elle çevrilir (bu çevirme işlemi sırasında, mandallı kavrama (26) kasnağın dışında olmalıdır). Daha sonra, mandallı kavrama veya diğer bir ifade ile talaş mili kavraması (26), kasnak (7) yuvası içerisine sürülerek aparat, otomatik talaş kesme durumuna göre ayarlanmış olur.



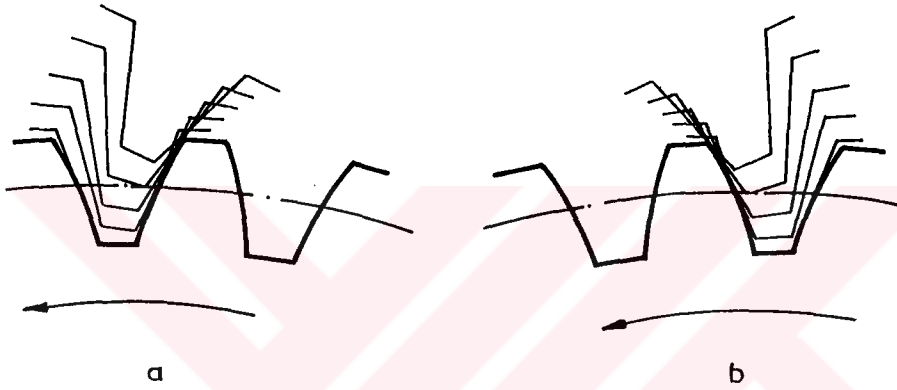
Şekil 3.20. Diş boşluklarının açılması, a) vargel kaleminin sağ ayarı, b) vargel kaleminin sol ayarı, c) ulaşılan uygun diş boşluğu



Şekil 3.21. Dişli profilinin işlenmesi için kalemin konumları,
a) sol yan profil konumu, b) sağ yan profil konumu.

Bu işlem yapıldıktan sonra vargel tezgahı çalıştırılırsa yukarıda bahsedildiği gibi, konik dişliyi kesmek için gerekli olan yuvarlanma hareketi, vargel kafasının geri hareketi ile sağlanmış olur. İşte bu yuvarlanma hareketi sonunda, vargel başlığı ileri hareket ederek konik dişli sol yan profil yüzeyini keser. Yine vargel başlığının yukarıdaki geri hareketi sonunda, aparat üzerinde bulunan kasnağa (7) ve aynı zamanda da aparatın üst kaidesine bağlanmış olan yay (27) mekanizması, kasnaktaki dönme miktarına bağlı olarak bir miktar burulmuş vaziyettedir. İşte vargel kaleminin yukarıdaki bu kesme hareketi (ileri hareket) sonunda, manivela kolunun ikinci kesme hareketini (yuvarlanma hareketi) oluşturacak konuma gelebilmesi, bu yay (burulmaya göre çalışır) ile gerçekleştirilir. Şöyle ki; vargel başlığının ileri hareketi (kesme hareketi) sırasında talaş kablosu (1) gevşemeye başlar, yay mekanizması bu gevşeme sonucu başlangıçtaki konumuna gelmeye çalışırken (7) kasnağını da ters yönde çevirerek, (5) kablosunu çeker ve manivela kolunu, ikinci yuvarlanma hareketini (kesme hareketi) yapacak pozisyona taşımış olur. Yine mekanizma üzerindeki mandallı kavramanın özelliğinden dolayı, dişli taslağı vargel kalemi ile kesilirken, aparat (X-X') ve (Y-Y') eksenlerinde dönme hareketi yapmaz, ancak bu dönme hareketleri vargel başlığının geri hareketi sırasında gerçekleşir. Bu şekilde bir dişin kesilmesi işlemi tamamlandıktan sonra, aparat yuvarlanma kolu yardımı ile başlangıç konumuna kadar çevrilir ve bu

noktada delikli ayna kolu yardımı ile ikinci diş çevrilerek, ikinci dişin kesilmesi işlemine başlanır ve bütün sol yan profiller tamamlanıncaya kadar bu işlemler sırası ile tekrarlanır. Burada (aparatın ayar durumuna göre) sol yan diş profili kesilirken vargel kalemi, diş üstünden diş dibine doğru hareket ederek kesme işlemini yapar. Dişlerin sol yan profilleri kesildikten sonra, aparat ve kalem sağ yan profili kesme konumuna göre ayarlanarak (vargel kalemi bu durumda, diş dibi derinliğindedir Şekil 3.21b) bu defa yukarıdaki işlemler, sağ diş yan profilin kesilmesi için tekrarlanır ve bu şekilde dişli tamamlanmış olur.



Şekil 3.22. Dişler kesilirken vargel kaleminin hareketi.

Ancak sağ yan profil kesilirken vargel kalemi, diş dibinden diş üstüne doğru hareket ederek kesme işlemini yapar. Sonuç olarak, vargel kaleminin hareketi (dişler kesilirken) diş üstünden başlayıp diş dibine ve diş dibinden başlayıp diş üstüne doğru olur Şekil 3.22.

3.4.3.3. Aparat Üzerinde Konik Dişli Diş Dibi Açısının Ayarlanması

Konik dişli diş dibi açısını ayarlamak için, aparatın sol tarafında ve tezgaha tespit edilen kısmın üst yüzünde gerekli olan dereceli bölme (28) işaretleri vardır Şekil 3.17b. Aparat bu çizgiler yardımı ile (her biri 1^0 yi gösterir), vargel tablası keskin

kenarına göre ve tezgah tablası üst yüzeyine dayanan dirsek (29) etrafında, yukarı ve aşağı kaldırılarak diş dibi açısına göre ayarlanır (Bu hareket, aparatı tablaya bağlayan cıvatalar (30) hafifçe gevşetilerek yapılabilir). Bütün bu işler yapılırken dirsek kısmının tablaya iyice oturmuş olması gerekir (bunu kontrolü bir sentil yardımı ile olur). Açı doğru ayarlandıktan sonra, aparatı tablaya sabitle yen cıvataları (30) iyice sıkmak gerekir.

3.4.3.4. Koni Açısının Ayarı

Koni açısını ayar etmek için faydalanılan bölüm çizgileri (havi kısım) aparatın sol yanındadır (31). İstenilen ayarın yapılabilmesi için önce (C, B) dişlilerini çıkarmak, iş malafası desteğini (32) sökmek ve kaydı (33) tespit eden altı tane cıvataı gevşettikten sonra kaydı, aparat üzerindeki (O) işaretine göre hareket ettirerek gerekli açı ayarı yapılır.

3.4.3.5. Ara Dişlileri

A ve B dişlileri üzerindeki diş sayılarının hesabı, aparat yardımı ile açılacak olan pinyon konik dişli ve çark konik dişli çiftlerinin oranlarına bağlı olarak, aşağıdaki formül yardımı ile hesap edilir.

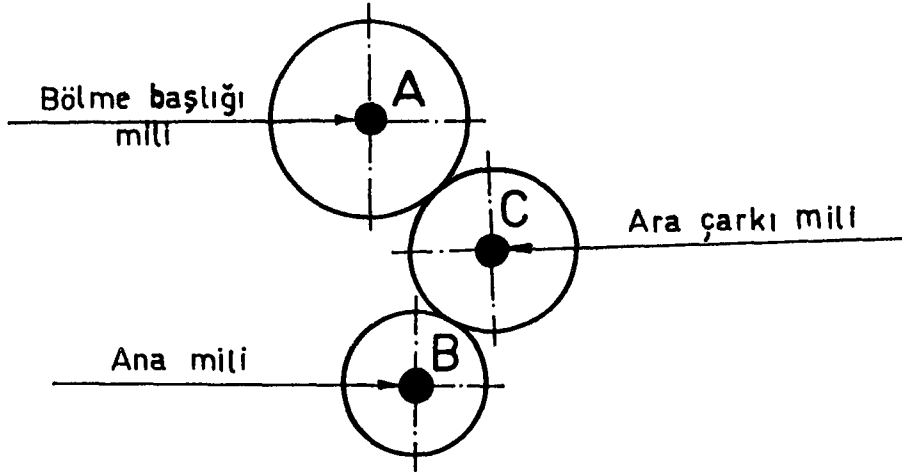
Pinyon konik dişli için;

$$2.\sin\delta_1 = \frac{A}{B} \quad (46)$$

Çark konik dişli için;

$$2.\sin(90 - \delta_1) = \frac{A}{B} \quad (47)$$

ve değiştirme dişlilerinin aparat üzerine bağlanması aşağıda gösterildiği şekilde olmalıdır şekil 3.23.



şekil 2.23. Aparat ara dişlileri.

şekil 3.23 de gösterilen (A) ve (B) dişlisi, uygun çaptaki bir aralık dişlisi (C) ile takviye edilmelidir ve bu dişlinin diş sayısının önemi yoktur. Ara dişlileri yerlerine iyi bir şekilde sabitlenmiş olmasına dikkat edilmelidir. Zira 6 DP" lik aparatta dört veya daha fazla dişli takma imkanı mevcut değildir.

3.4.3.6. Diş Sayısı Bölümü Yapmak

Aparat ile açılacak herhangi bir dişlinin bir diş dönümü için yapılacak ayar, divizör oranı 1/40 olan bir freze bölme aparatında olduğu gibidir. Kolun (25), delikli aynadaki devir sayısı ve delik sayısının bulunması aşağıdaki basit formül yardımı ile hesaplanır.

$$\frac{40(\text{sabit})}{1} \cdot \frac{(\text{Mevcut.delikli.aynadan.seçilmiş.delik.miktari})}{(\text{Dislinin.diş.miktari})} \quad (48)$$

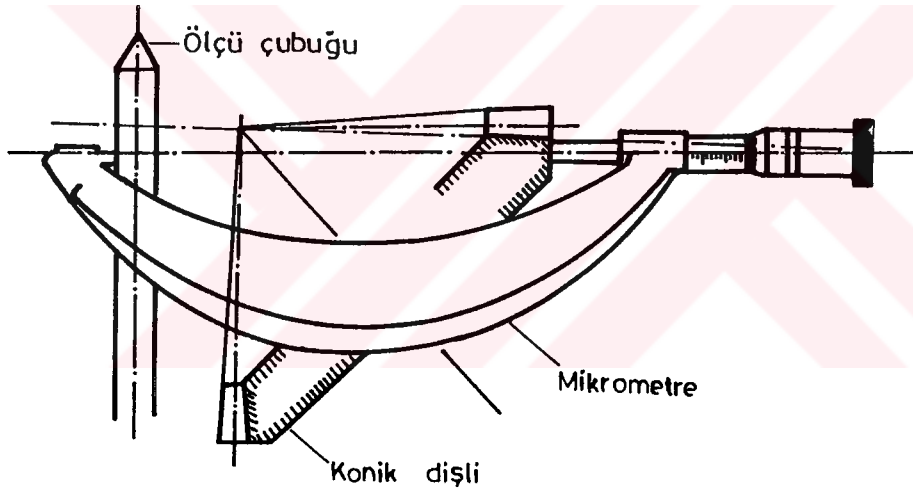
3.4.3.7. Açılacak Konik Dişlisinin Aparat Malafasına Bağlanması

Açılacak konik dişli aparat üzerindeki malafaya (35) ya doğrudan doğruya yahut da dişli çark göbek çapı malafa çapından büyükse, dişli göbek çapı takviye edilerek (

gereken çapta bir burç veya bilezik ile) malafaya somun (36) ile sıkıştırılır. Arkasından malafa desteğini (32) yerine takmak gerekir. Aksi halde malafayı eğmek mümkündür. Ayrıca işi salgısız bağlamak için, malafa üzerinde bulunan bilezik yüzeylerinin birbirine paralel ve iyi oturmuş olmasına dikkat edilmelidir.

3.4.3.8. Konik Boyu Uzunluğu

Aparatın ön tarafında ölçü rakamı bulunan bir delik (20) vardır. Kastedilen bu merkez, aparat alt kaidesinin dönme merkezidir (bu merkez aynı zamanda küre merkezidir). Bu ölçü açılacak konik dişlinin koni uzunluğuna ilave edilecektir. Bulunan neticeye göre işin malafaya bağlanması ve ayarı, merkeze yerleştirilen bir ölçü çubuğu ve mikrometre yardımıyla yapılmalıdır Şekil 3.24.



Şekil 3.24. Koni uzunluğunun ölçülmesi.

Ancak doğru bir netice alabilmek için, konik dişli sırt açısının 90° olarak torna edilmesi ve dişin bütün ölçülerinin de tam olması lazımdır.

3.4.3.9. Koni Uzunluğunun Ayarlanması

Koni uzunluğunu ayarlamak için, sıkıştırma kovanı (39) hafifçe gevşetilir (bu durumda malafayı ileri ve geri hareket ettirmek mümkündür) ve bu yolla koni uzunluğu

tam olarak elde edilinceye kadar hareket edilir (ayarlama esnasında, malafanın hiçbir suretle 3/4 " dan daha fazla ileriye çıkmaması lazımdır). Şayet malafayı daha fazla ileriye çıkartmak gerekirse, işi sökölüp alt kısmına uygun büyüklükte bir bilezik koyulur ve sonra sıkıştırma somunu ile sıkıştırılır.



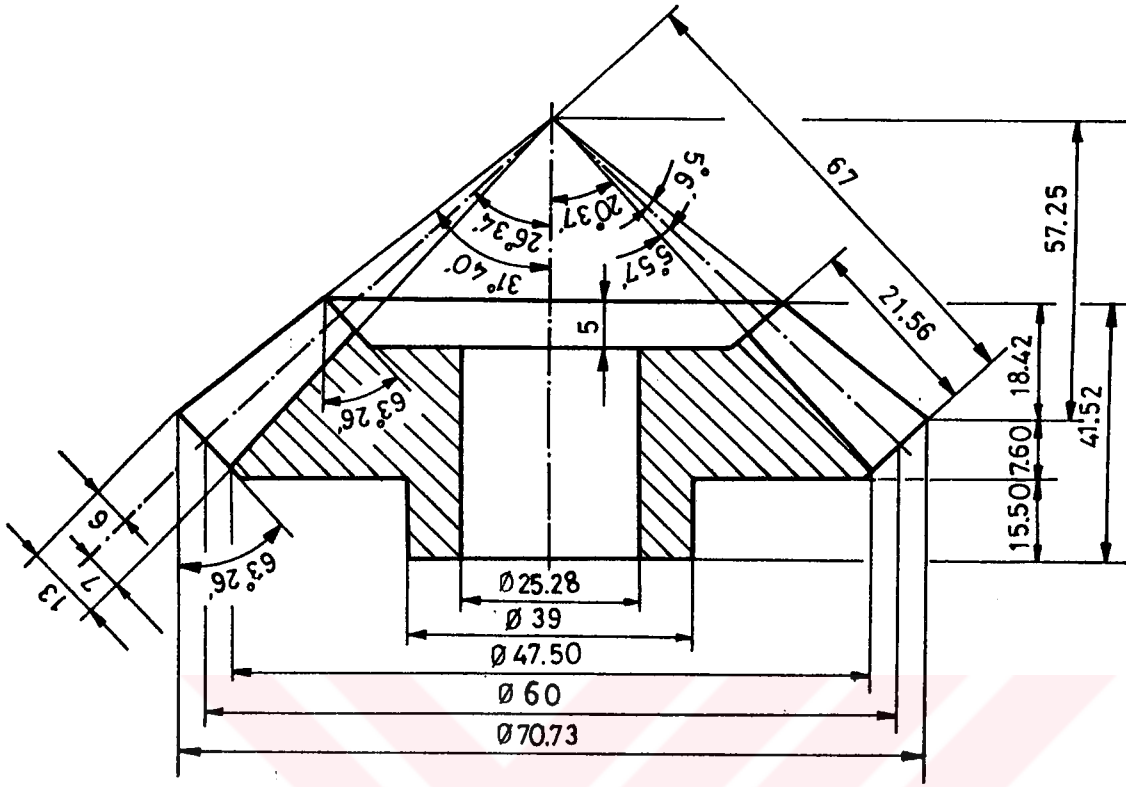
4. CNC FREZE TEZGAHLARINDA DÜZ KONİK DİŞLİ İMALATLARININ ARAŞTIRILMASI

Yapmış olduğum tez çalışmasında, yukarıda anlatılan mevcut bütün düz konik dişli imalat yöntemleri incelendikten sonra, tez konum olan düz konik dişli imalatı, mevcut imalat yöntemlerinden biraz farklı olarak CNC freze tezgahlarında açılabilmesi için iki farklı yöntem düşünülmüştür. Bu yöntemlerden birisi, matterson aparatının klasik ve CNC freze tezgahına bağlanarak dişlerin kesilmesi, diğeri de herhangi bir yardımcı aparat kullanmadan düz konik dişlinin evolvent profil eğrisinin denklemleri çıkartılarak bu denklemlerin nümerik çözümlerine göre, parmak freze çakısı ile dişlerin radyal istikamette CNC Freze tezgahında kesilmesinin sağlanmasıdır.

4.1. İmalatı Düşünülen Düz Konik Dişli Malzemesi ve Boyutlandırılması

Yapılan tez çalışmasında dişli malzemesi olarak kolay işlenmesi sebebiyle polyamid türü plastik bir malzeme seçildi. Arkasından Boxford CNC Torna tezgahı için hazırlanan CNC dişli taslak programı (Ek1) kullanılarak ölçülerine göre torna edildi ve konik dişli taslağı haline getirildi. Bu taslak yardımı ile ulaşılmak istenen düz konik dişli imalat ölçüleri Şekil 4.1 de gösterilmiştir.

Bu işlemler tamamlandıktan sonra, yukarıda belirtilen birinci yöntemde CNC freze tezgahında düz konik dişli imalatının araştırılabilmesi için, ilk önce matterson aparatı klasik universal kalıpcı freze tezgahına bağlanarak düz konik dişli imalatının yapılabilirliğine bakıldı ve elde edilen sonuca göre de, aparat CNC freze tezgahına bağlanarak düz konik dişli imalatının araştırılması yapılmıştır.



Şekil 4.1. Konik dişli imalat ölçüleri ($\delta_1 + \delta_2 = \delta = 90^\circ$, $M=6$, $Z_1=10$, $Z_2=20$)

4.2. Matterson Aparatıyla Kalıpcı Freze Tezgahında Düz Konik Dişli İmalatı

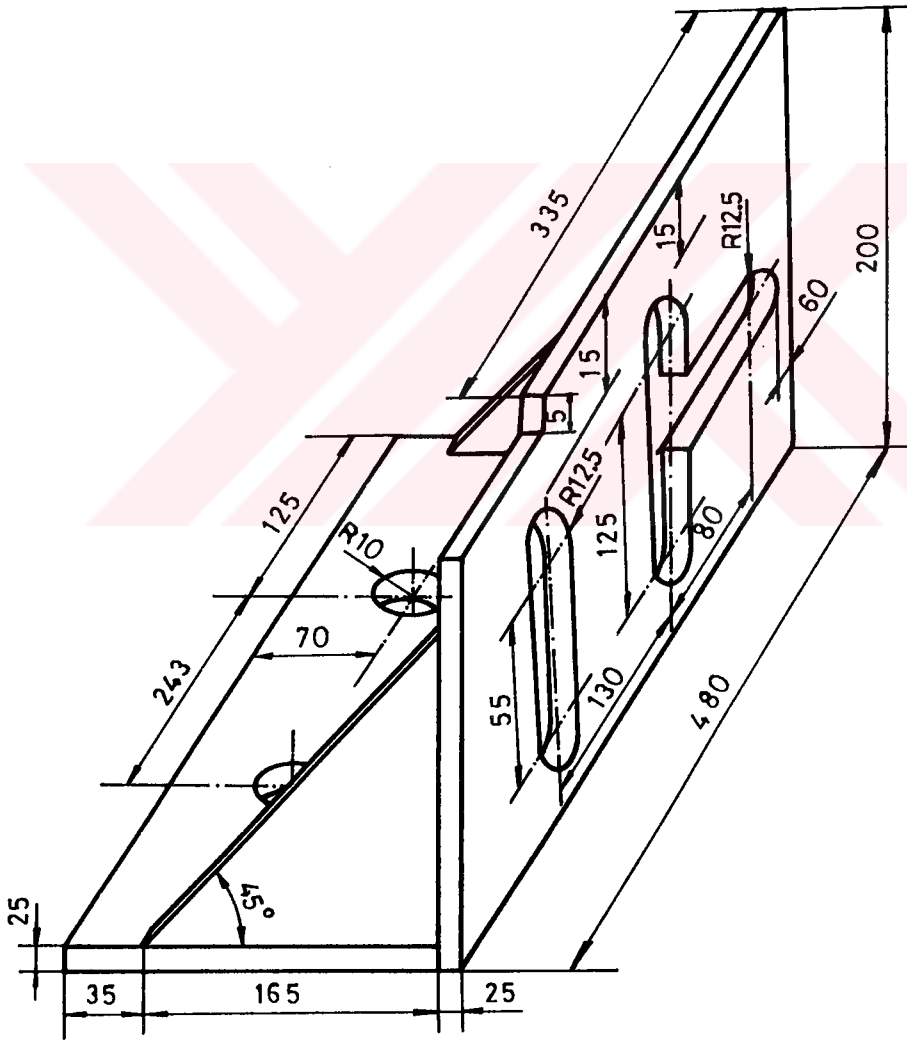
Daha önce de belirtildiği gibi matterson aparatı ile konik dişli imalatı (Konu 3.4 ve 3.4.3), vargel tezgahında kremayer diş formundaki bir vargel kalemi ile yuvarlanma metoduna göre dişli imal etme prensibine dayanmaktadır Şekil 3.16. Kremayer formdaki bu vargel kalemi ile dişli imal edebilmek için, bu kalemin şekilde belirtilen ölçülere uygun olarak bilenmesi lazımdır.

Bu işlem de gerçekte zahmetli ve aynı zamanda dikkat isteyen bir iştir. Yine vargel tezgahında bu kalem ile dişler kesilirken, vargel tezgahlarının bir özelliği olarak kesme işlemi kalemin sadece doğrusal olarak, ileri hareket etmesiyle gerçekleştirilir. İşte kalemin tek yönlü hareket etmesi ve vargel kaleminin ölçülerine göre bilenmesindeki birtakım zorluklar, diş profillerinin hassas olarak imal edilebilmesini güçleştirdiği göz

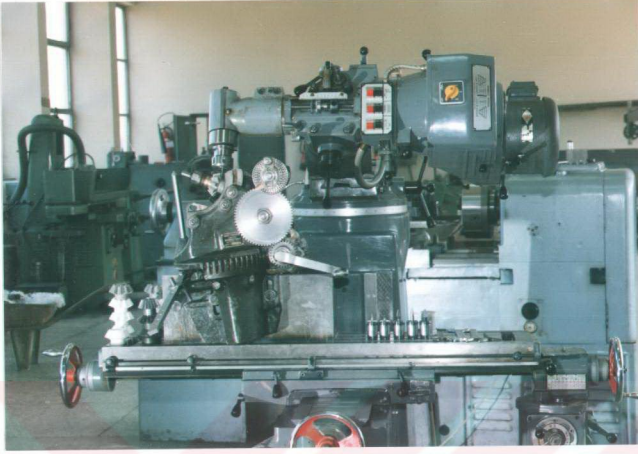
önünde bulundurularak, bu tez çalışmasında matterson aparatıyla kalıpcı freze tezgahında konik dişli imalatının, parmak freze çakısı kullanılarak yapılmasını gündeme getirdi.

4.2.1. Matterson Aparatının Kalıpcı Freze Tezgahına Bağlanması

Matterson aparatının freze tezgahına bağlanması, aparatın vargel tezgahına bağlanma özellikleri göz önünde bulundurularak tasarlanan, bir bağlama tablası yardımı ile yapıldı Şekil 4.2a, b.

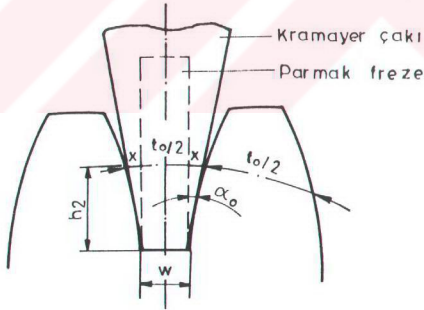


Şekil 4.2a. Klasik ve CNC freze tezgahına Matterson aparatını bağlama tablası.



Şekil 4.2b. Aparatın kalıpcı freze tezgahına bağlanması.

4.2.2. Parmak Freze Çakısının Seçimi ve Dişlerin Kesilmesi



Şekil 4.3. Düz konik dişli üzerindeki en küçük diş boşluğunun hesabı.

Freze tezgahında parmak freze çakısı ile düz konik dişli imal edebilmek için uygun çaptaki parmak freze çakısının hesabı, konik dişli üzerindeki diş dibi genişliği dikkate alınarak yukarıdaki Şekil 4.3 de kramayer çakı içerisine, parmak freze çakısının

yerleştirilmesi düşüncesinden hareketle çıkartılan, (49) denklemleri ile hesap edildi. Şöyle ki;

Şekil 4.3 den;

$$W = \frac{t_0}{2} - 2.h_2.tg\alpha_0$$

Bulunan bu ifade de gerekli düzenlemeler yapıldı ve

$$W = \frac{\pi.m}{2} - 2\left(\frac{7.m.tg\alpha_0}{6}\right) \quad (49)$$

bağıntısı elde edildi. Bulunan bu genel ifadeye göre konik düz dişli imalatı için, uygun çaptaki parmak freze çakısının hesabı şöyle yapıldı.

İlk önce imalatı düşünülen konik düz dişliye ait modül ($m=6$ mm) ve basınç açısı ($\alpha_0=20^\circ$) yukarıdaki ifadede yerine yazıldı ve

$$W_h = 4.329 \text{ mm}$$

olarak bulundu. Bu değer büyük modül tarafındaki diş dibi genişliğini ifade eder. Ancak konik düz dişli üzerindeki en küçük diş dibi genişliği bu değer yarısını almakla bulundu /40/.

$$W_k = \frac{4.329}{2} = 2.164 \text{ mm}$$

Bu hesaplama yapıldıktan sonra bu defa, imalatı düşünülen konik düz dişli üzerindeki iç modül ($m_i=4$ mm) yukarıda bulunan genel formül, (49) da yerine yazılarak bu noktadaki diş dibi genişliği hesap edildi.

$$W_i = 2.886 \text{ mm}$$

Yukarıda bulunan bu iki değere göre, aşağıdaki eşitlik yazıldı.

$$2.164 \leq W \leq 2.886$$

Bulunan bu eşitliğe göre uygun parmak freze çakısı, eşitlikteki alt ve üst değerlerin ortalamasına göre,

$$W_{ort} = 2.525 \text{ mm}$$

hesaplandı. Bulunan bu değer standart olmadığından, piyasada bu değere en yakın parmak freze çakısı,

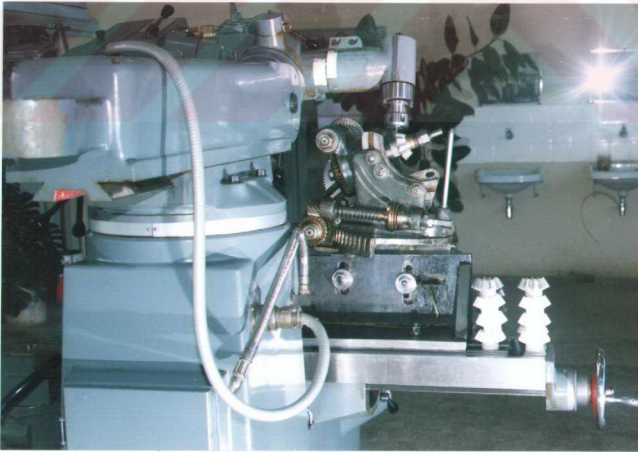
$$\phi d = 2.5 \text{ mm}$$

seçildi ve konik düz dişli imalatında bu çakı kullanıldı. Daha sonra bu çakı, freze tezgahının fens başlığına, konu 3.4.3.2. de anlatıldığı gibi bağlandı (çakının konumu, tezgah iş tablası eksenine göre 90° dir) ve konik düz dişli taslağının diş boşlukları kesildi. Bu kesme işlemi sonunda, diş boşlukları sadece doğrusal kanallar halindedir Şekil 4.4. Vargel kalemi ölçülerine uygun olarak Şekil 3.16, en küçük ölçüdeki diş boşluklarının kesilmesi, kalem üzerindeki α_0 açının (dişli basınç açısı) freze kafasına verilmesi ile yapıldı Şekil 4.5. Ancak tezgah kafasına bu açı verilirken kafadaki dönmeyen dolayı diş dibi derinliği bozulmuş olur, bu durumda diş dibi derinliği, tezgah tablasının (freze tezgahı) ayarları ile sağlandı (bu ayar tezgah tablasının sağa, sola hareketi ve aşağı, yukarı ayarı ile yapılır).

Bu ayar işleminden sonra, (freze kafası saat ibreleri yönünde çevrilmiş durumda) diş boşluklarının sol yan tarafları kesildi. Ancak konik dişli çarklarda diş boyunca diş dibi genişliği değiştiği için, bu kesme işleminden sonra parmak freze çakısına ikinci bir ayar yapıldı. Bu ayar işlemi, en küçük diş dibi boşluğu ile en büyük diş dibi boşluğu hesap edilerek, aradaki fark kadar matterson aparatının döndürülmesi ile yapıldı (konu 3.4.3.2. de anlatıldı).



Şekil 4.4. Dış kanallarının parmak freze çakısı ile ilk açılışı.



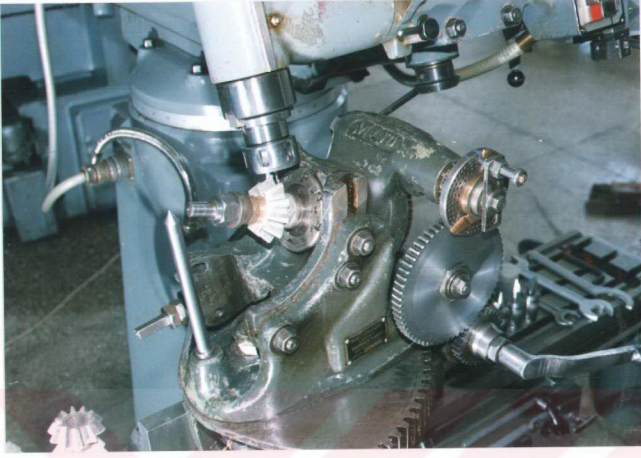
Şekil 4.5. Sol profil için tezgah kafasının α_0 açısına göre ayarlanması.

Bütün bu ayar işlemlerinden sonra konik dişli sol yan profilleri, konu 3.4.3.2. de anlatıldığı gibi işlenerek tamamlandı Şekil 4.6.



Şekil 4.6. Sol taraf diş boşluklarının α_0 açısına uygun olarak parmak freze çakısı ile kesilmiş ve işlenmiş hali.

Konik dişli sağ yan profillerini işlemek için, freze kafası bu defa saat ibreleri yönünde çevrildi Şekil 4.7 ve sağ yan diş boşlukları da yukarıda anlatıldığı gibi, α_0 açısına uygun olarak kesildi. Arkasından yine en küçük diş dibi genişliği ile en büyük diş dibi genişliği arasındaki farka göre, aparatın döndürülmesi yapıldı ve dişlinin sağ yan diş profilleri de işlenerek tamamlandı Şekil 4.8.



Şekil 4.7. Sağ profil için tezgah kafasının α_0 açısına göre ayarlanması.



Şekil 4.8. Sağ taraf diş boşluklarının α_0 açısına uygun olarak
parmak freze çakısı ile kesilmiş ve işlenmiş hali.

Bütün bu işlemler sonucunda düz konik dişli imalatı, kalıpcı freze tezgahında parmak freze çakısının dönme ve öteleme hareketleri ile işlenerek tamamlanmış oldu Şekil 4.9.



Şekil 4.9. İmalatı Parmak freze çakısı ile tamamlanmış bir konik dişli.

Böyle bir imalatla, parmak freze çakısının çapı küçük olduğundan, talaş kaldırma işlemlerinin küçük pasolar halinde yapılmasına dikkat edilmelidir, aksi halde çakı kırılabilir. Kalıpcı freze tezgahında, aparat yardımıyla düz konik dişli imal edilirken yuvarlanma hareketi, yuvarlanma milinin bir anahtar kullanarak döndürülmesiyle yapıldı (vargel tezgahında da bu işlem elle yapılabilir). Ancak yuvarlanma hareketi elle gerçekleştirilirken, mandallı kavramanın (26) kasnak yuvasından (7) mutlaka çıkartılması gerekir aksi halde yuvarlanma hareketi, yaydaki (27) sıkışmadan dolayı gerçekleştirilemez.

Yine burada, vargel tezgahından farklı olarak, konik düz dişli dişlerinin imal edilmesi için gerekli olan ilerleme hareketi, tezgah iş tablasının ilerlemesi ile ve dişlerin kesilmesi de çakının dönme hareketleriyle gerçekleştirildi. Ancak böyle bir imalatla, tezgah ayarlarının çok fazla ve zahmetli olması, konik düz dişli hassasiyetini olumsuz yönde etkileyebileceği düşüncesinden hareketle matterson aparatının CNC freze

tezgahına bağlanması düşünüldü ve aparat, aşağıda geniş olarak anlatıldığı gibi CNC freze tezgahına bağlanarak düz konik dişli imalatı, bu tezgahlarda da yapıldı.

4.3. Matterson Aparatıyla CNC Freze Tezgahında Düz Konik Dişli İmalatı

Son zamanlarda CNC tezgahlarının sanayide yaygın hale gelmesiyle, çok düşük hata oranlarıyla, parça imal etmek mümkün hale gelmiştir. İşte CNC tezgahlarının bu özelliklerinden (programlama teknikleri) faydalanmak amacıyla, mevcut klasik konik düz dişli imal etme yöntemlerinden farklı olarak matterson aparatını, CNC Fanuk freze tezgahında kullanarak düz konik dişli üretiminin bu tezgahlarda yapılması düşünüldü. İmalatı düşünülen konik dişliye ait imalat ölçüleri Şekil 4.1 de verilmiştir.

4.3.1. Matterson Aparatının CNC Freze Tezgahına Bağlanması

Aparatın CNC freze tezgahına bağlanması da, yine aparatın vargel tezgahı iş tablasına bağlanma özellikleri göz önünde bulundurularak, tasarlanarak imal edilen bağlama tablası (Şekil 4.2a) yardımı ile yapıldı Şekil 4.10.



Şekil 4.10. Matterson aparatının fanuk CNC freze tezgahına bağlanması.

4.3.2. CNC Frezede Matterson Aparatıyla Dişli Kesmek İçin Freze Çakısı Seçimi

CNC freze tezgahında, çakının bağlandığı başlığa klasik kalıpcı freze tezgahında olduğu gibi bir açı verme imkanı olmadığından (bu durum Şekil 4.10 da görülmektedir) dişlerin kesilebilmesi için, kremayer diş formuna benzer vargel kalemi referans alınarak Şekil 3.16, yeni bir freze çakısı tasarlandı ve bu çakının imalatı yapıldı Şekil 4.11. Çakının imalatı için gerekli olan ölçülerin hesaplanmasında, yine düz konik dişlilerdeki diş dibi genişlikleri dikkate alınarak, daha önce (49) numaralı denklem ile hesap edilen eşitlik kullanıldı. Şöyle ki;

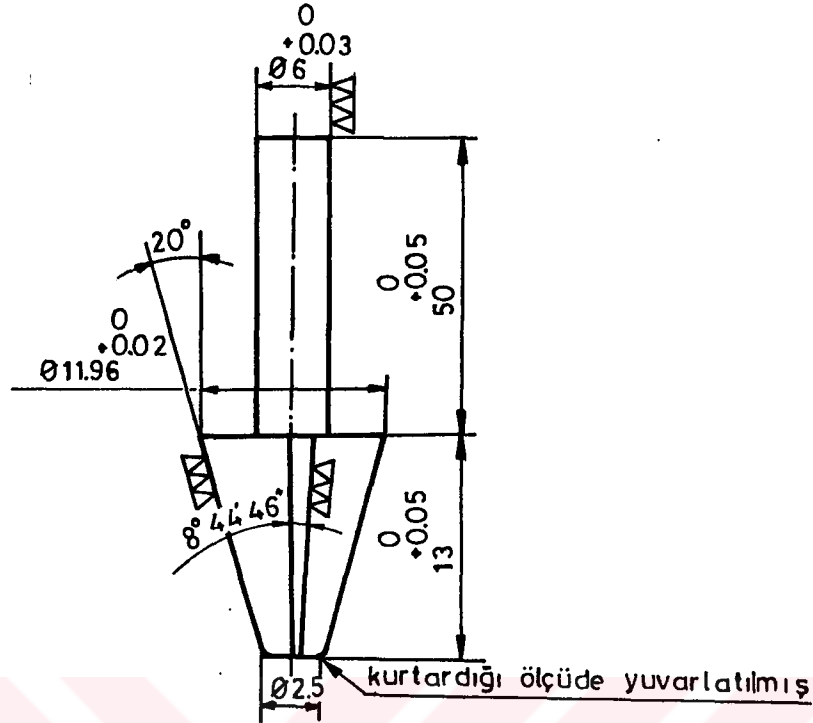
$$2.164 \leq W \leq 2.886$$

yukarıdaki ifadeden hareketle, tasarlanması düşünülen freze çakısı üzerindeki en küçük çap bulunurken (Şekil 4.3) ilk önce, $W_{ort}=2.5$ mm olarak hesaplandı ve imalatı düşünülen konik freze çakısı üzerindeki en küçük çap değeri için, benzer olarak,

$$\phi d=2.5 \text{ mm}$$

alındı. Koniklik açısı ise, dişli basınç açısı $\alpha_0=20^\circ$ dikkate alınarak hesaplandı, yine çakının koniklik boyu, büyük modül tarafındaki toplam diş derinliği h_z referans alınarak, 13 mm alındı. Diğer uzunluklar ise bağlama fensinin durumuna göre, serbest seçildi.

Yukarıdaki değerlere göre tasarlanan bu özel çakı, Ç5190 malzemesinden seçilerek; ilk önce, taşlama payı dikkate alınarak torna tezgahında işlendi, akasından freze tezgahında konik freze bıçakları kullanılarak, kesici ağızlar açıldı. Bu işlemten sonra ısıtılma işlemi tabi tutularak, 62-64 HRC sertliğine kadar sertleştirildi ve son işlem olarak ta kesici ağızlar bilenerek dişli imalatı için hazır hale getirildi Şekil 4.11.



Şekil 4.11. Tasarlanan üç ağızlı konik freze çakısı ve ölçüleri.

4.3.3. CNC Frezede Matterson Aparatı İle Diş Boşluklarının Kesilmesi

Yukarıda anlatıldığı gibi imalatı yapılan bu çakı Şekil 4.11, fanuk CNC freze tezgahına bağlandı ve çakının eksenlenmesi, konu 3.4.3.2. de anlatıldığı gibi, ölçü çubuğu yardımıyla aparatın merkezine (dönme merkezi) göre ayarlandı. Daha sonra konik dişli taslağının (konik dişli diş dibi derinliği için önemli olan) büyük çapına göre sıfırlandı. Bu ayarlar yapıldıktan sonra konik dişli taslağının dişleri, 3.4.3.2. de anlatıldığı gibi divizör yardımıyla en küçük diş dibi genişliklerine göre, Şekil 4.11 de gösterilen freze çakısı ile kesildi. Bu kesim işleminden sonra aparat saat ibresi yönünde, en küçük diş dibi genişliği ile en büyük diş dibi genişliği arasındaki farka göre, yuvarlanma kolu yardımıyla çevrilerek sol profil, uygun diş dibi genişliklerinde kesildi. Daha sonra bu işlemler ters yönde tekrarlanarak sağ profil, uygun diş dibi genişliklerine göre kesildi (bu işlemler boyunca, mandallı kavrama kasnak yuvasının dışındadır).

imalatını elverişli hale getirdi, aksi halde koordinat noktalarına göre yuvarlanma sağlanamazdı ve dişlerin kesilmesi olumsuz yönde etkilenebilirdi. Yine bu ayar işlemlerinden sonra otomatik olarak dişlerin kesilebilmesi için mandallı kavrama kasnak üzerindeki yuvaya oturtularak aparat otomatik yuvarlanma hareketine hazır hale getirildi. Bütün bu işlemlerden sonra düz konik dişli sol diş profillerini kesebilmek için gerekli olan yuvarlanma hareketleri, aşağıda hazırlanan basit bir CNC programı kullanılarak yapıldı. Bu şekilde sol diş profilleri işlendikten sonra, sağ diş boşlukları da benzer olarak kesildi ve daha sonra tezgah sağ diş profillerini işleme pozisyonuna göre hazırlandı. Bu durumda çakı sol diş profillerini kesme konumundan farklı olarak, diş dibi derinliğindedir. Yine sağ diş profillerinin de kesilebilmesi için gerekli olan yuvarlanma hareketi, aşağıda hazırlanan ikinci bir CNC programı kullanılarak yapıldı.

4.3.4. CNC Programı İle Matterson Aparatında Sol Diş Profillerinin Kesilmesi

Matterson aparatı yardımı ile CNC tezgahında konik dişli imal edebilmek için iki farklı CNC programı hazırlandı. Bu programlardan birincisi sol diş profillerini kesmek için hazırlanan aşağıdaki CNC programdır. Bu programın çalıştırılabilmesi için tezgah üzerinde birtakım ayarlar bu programın dışında elle yapıldı. Şöyle ki; mandallı kavrama kasnak dışında olmak şartı ile çakı, X188.291 Y-312.200 Z-22.133; koordinat noktasına (bu noktada çakı, dişli taslağının arkasında ve diş dibi derinliğindedir) tezgahın manuel çevirme kolu yardımı ile ayarlandı. Bu notadan itibaren çakı dişli taslağından kurtuluncaya kadar, matterson aparatı çevrildi (aparatın yuvarlanma kolu kullanılarak). Yapılan bu işlemten sonra yuvarlanma hareketlerinin otomatik olarak rahat bir şekilde yapılabilmesi için, X64.691 Y-312.200 Z-22.133 koordinat noktasına hareket edildi (tezgahın manuel çevirme kolu kullanılarak) ve bu noktada çekme çubuğu, manivela koluna bir vida yardımı ile bağlandı. Daha sonra mandallı kavrama yuvasına takılarak aşağıdaki programın çalıştırılma şartları sağlanmış oldu.

Ancak aşağıdaki program sonunda sadece bir dişin, sol profili kesilmiş olur ve çakı diş dibi derinliğindedir. İkinci sol diş profilin açılması için, aşağıda hazırlanan program sonunda, mandallı kavrama kasnak yuvasından çıkartıldı ve tezgah tablası manuel çevirme kolu ile tekrar X188.291 Y-312.200 Z-22.13 noktasına getirilerek çakı diş

dibinden kurtuluncaya kadar aparat, tekrar yuvarlanma kolu yardımı ile çevrildi (yuvarlanma koluna her defasında 6.5 tur attırılır).

O0001;

N10 G54 G90 G21;

N20 G80 G40;

N30 M05 T01;

N40 M03 S1500 F40;

N50 G00 X64.691 Y-312.200 Z0.000;

N60 #101=1;

N70 WHILE [#101LE97] DO1;

G00 X188.291 Y-312.200;

G00 Z-22.133;

G01 X141.100 Y-312.200 Z-22.133;

G00 Z0.000;

#101=#101+1;

END1;

N80 G00 Z0.000;

N90 G28 M30;

Bu çevirme işleminden sonra divizör yardımı ile ikinci diş profili kesime hazır hale getirildi. Tezgah tablası tekrar manuel çevirme kolu ile, X64.691 Y-312.200 Z-22.133 koordinatına getirilerek mandallı kavrama kasnak içerisine sürülerek tekrar yukarıdaki programın çalıştırılma şartları sağlanmış oldu. İşte bu noktada tekrar yukarıdaki program çalıştırılarak ikinci dişin sol profili kesilerek bu işlemler dişlinin tüm sol profiller tamamlanuncaya kadar tekrarlandı. Yukarıdaki program incelendiğinde konik dişli diş profillerinin kesilmesi için gerekli olan yuvarlanma hareketi, sadece tezgah tablasını +X ve -X yönünde hareket etmesiyle gerçekleştirildiği açıkça görülebilir.

4.3.5. CNC Programı İle Matterson Aparatında Sağ Diş Profillerinin Kesilmesi

Konik dişli sağ diş profillerinin kesilmesi için aşağıda hazırlanan CNC programının çalıştırılabilmesi için, yine tezgah üzerinde birtakım ayarlar program dışında elle

yapıldı. Şöyle ki;. mandallı kavrama yuvasından çıkartılmış halde iken çakı,sağ diş boşluklarını kesme pozisyonuna göre yuvarlanma kolu yardımı ile ayarlandı. Daha sonra tezgah tablası yine manuel çevirme kolu ile, X=64.691 Y=-312.200 Z=0.000 koordinat noktasına getirildi ve çekme çubuğu bu noktada manivela kolu üzerine bağlandı. Bu işlemlerden sonra mandallı kavrama kasnak yuvasına takılarak, CNC programının çalıştırılabilmesi için gerekli olan şart bu şekilde sağlanmış oldu. Bu işlemden sonra konik düz dişli sağ profilini işlemek için aşağıda hazırlanan program çalıştırıldı.

O0002;

N10 G54 G90 G21;

N20 G80 G40;

N30 M05 T01;

N40 M03 S1500 F40;

N50 G00 X64.691 Y-312.200 Z0.000;

N60 G00 X188.291 Y-312.200;

N70 G00 Z-22.133;

N80 #101=1;

N90 WHILE [#101LE97] DO1;

G01 X141.100 Y-312.200 Z-22.133;

G00 Z0.000;

G00 X188.291 Y-312.200;

G00 Z-22.133;

#101=#101+1;

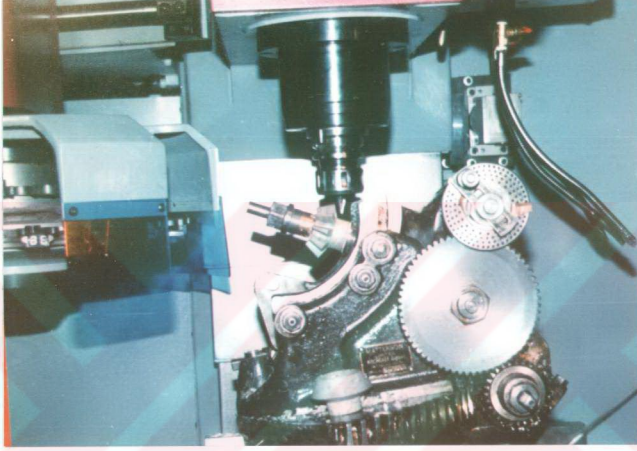
END1;

N100 G00 Z0.000;

N110 G28 M30;

Bu programın çalışması sonunda, bir dişin sağ profili açılmış oldu. İkinci sağ diş profilinin kesilebilmesi için program sonunda mandallı kavrama kasnak yuvasından çıkartıldı ve divizör yardımı ile ikinci diş kesime hazır hale getirildi. Daha sonra yuvarlanma kolu yardımı ile aparat eski konumuna getirildi ve tezgah tablası yine manuel çevirme

kolu yardımı ile, $X=64.691$; $Y=312.200$ $Z0.000$; noktasına getirilerek bu noktada mandallı kavrama devreye alındı. Arkasından yine yukarıdaki CNC programı çalıştırılarak ikinci dişin sağ profilleri kesilerek bu işlemler, konik dişli tamamlanıncaya kadar tekrarlandı Şekil 4.13.



Şekil 4.13. CNC fanuk freze tezgahında imalatı tamamlanmış konik dişli.

Fanuk CNC freze tezgahında matterson aparatı ile düz konik dişli imalatı klasik kalıpcı freze tezgahından farklı olarak, tasarlanan özel bir freze çakısı ile ve yine basit iki tane CNC programı kullanılarak yapıldı. Ancak Fanuk CNC tezgahında matterson aparatı ile konik düz dişli imalatının, yukarıda anlatıldığı gibi yarı otomatik olarak gerçekleştirilmesi ve yine tezgah ayar işlemlerinin zahmetli ve uzun olması sebebiyle, pek ekonomik olduğu söylenemez. Ayrıca matterson aparatında olabilecek birtakım boşlukların da, konik düz dişli hassasiyetini olumsuz yönde etkileyebileceği dikkate alınarak, yapılan bu tez çalışmasında CNC tezgahlarında herhangi bir yardımcı aparat kullanmadan hassas düz konik dişli imalatının yapılması, ayrı bir konu olarak 4.4 de ele alındı.

4.4. Yardımcı Aparat Kullanmadan CNC Freze Tezgahında Konik Düz Dişli İmalatının Araştırılması

Yardımcı aparat kullanmadan CNC freze tezgahları ile konik dişlilerin açılmasına girmeden önce, bu kontrol sisteminin özelliklerini tanımak gerekir. Bu tezgahlardaki en önemli özellik, tezgahın iş miline göre iş parçasının hareketini düzenli sağlayan sinyaller verebilmesi ve bu sinyallerin gereği olarak, hareketlerin otomatik olarak izlenebilmesi ve düzeltilebilmesidir. O halde, bu tezgahlarla yapılacak işlerde, ya sayısal değerler kontrol sistemine verilecek veya kontrol sistemi kendi sayısal değerlerini elde edebiliyor ise (bilgisayar yardımı ile), profil denklemlerinin verilmesi gereklidir. Ayrıca tezgahın ve kontrol sisteminin özelliklerini de göz önüne alarak, verilen bilgilerin uygun şekilde sokulmuş olması gereklidir. Bu sebeple, genellikle kontrol sistemlerini aşağıdaki gibi gruplandırmak mümkündür:

1. Eksen düzlemlerinde, eksenler boyunca veya standart eğimli doğrular boyunca hareket veren kontrol sistemleri,
2. Aynı anda iki eksen üzerinde (Düzlemde);
 - a. Doğrusal enterpolasyon yapabilenler,
 - b. Doğrusal ve eğrisel (Daire üzerinde) enterpolasyon yapabilenler,
 - c. Doğrusal ve eğrisel (Daire ve parabol üzerinde) enterpolasyon yapabilenler,
3. Aynı anda üç eksen üzerinde (Uzayda);
 - a. Doğrusal enterpolasyon yapabilenler,
 - b. Doğrusal ve eğrisel enterpolasyon yapabilenler.

CNC tezgahlarını yukarıdaki yazılış sırasına göre gruplandırdıktan sonra, klasik takım tezgahları ile düz konik dişli açmakta kullanılan metotlardan yuvarlanma ve kopya metotlarının nümerik kontrollü tezgahlara aktarılması mümkün olabilir. Klasik tezgahlarda yuvarlanma metodu uygulanırken en önemli faktör, kesici çakıların sanal bir taç dişlisinin dişleri gibi düşünülerek diş boyunca hareket ettirilmesi ve hem çakıların hem de iş parçasının kendi eksenleri etrafında dönmesi ile eşli dönmenin tamamlanması sağlanarak, dişli imal edilmekte idi. Genel amaçlı nümerik kontrollü tezgahlarda, çakının klasik düz konik dişli açan tezgahlarda olduğu gibi hareket etmesi

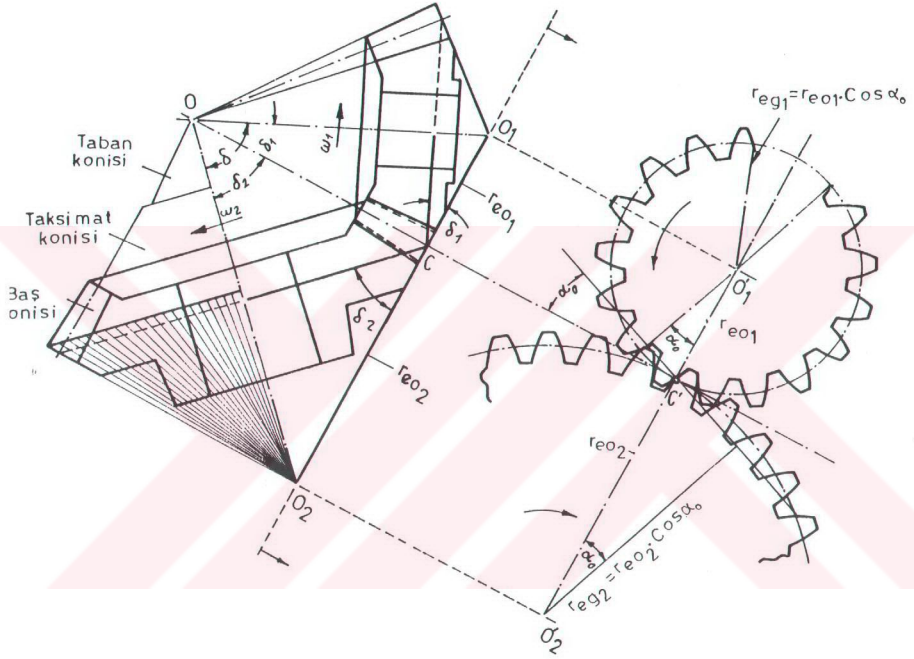
mümkün değildir. O halde, yuvarlanma metodundaki iki dişlinin bağıl hareketini yalnız iş parçasına yaptırmak yoluna gidilebilir. Ama böyle bir yöntem için yazılacak programın çok karmaşık olacağı ortadadır (yukarıda matternson aparatı ile yuvarlanma hareketi gerçekleştirilerek konik dişli imalatı, yarı otomatik olarak yapıldı). Klasik tezgahlarda uygulanan kopya metodunun ise nümerik kontrollü tezgahlara kolayca aktarılabileceği görülmektedir. Buradan hareketle üç eksen üzerinde doğrusal enterpolasyon yapabilen tezgahlarda klasik yöntemdeki şablonu nümerik olarak çakının kesme işlemine başlayacağı noktalar haline dönüştürmek mümkün olabilir. Çakının doğrular boyunca ilerleyeceğini göz önüne alacak olursak bu doğruların uzaydaki eğimlerini de tezgaha vermiş olmamız imalatın tamamlanması için yeterli olabilir. Bu tip tezgahlarda sürecin tamamlanabilmesi için iş parçası bir divizöre yerleştirilip, taban konisi iş tablasına paralel olacak şekilde bağlanabilir. Ama böyle bir aparatın konik düz dişli imalatında kullanılması, imalatın hassasiyetini olumsuz yönde etkileyebilir.

Buradan hareketle yapılan tez çalışmasında, üç eksen üzerinde aynı anda hareket edebilen CNC freze tezgahında, konik düz dişli diş profillerinin imalatında, diş yüzeyi üzerindeki her bir nokta için ayrı bir şablon diş oluşturuldu ve parmak freze çakısı ile konik düz dişli diş profilleri, oluşturulan bu şablonların nümerik çözümlerine göre kesilerek imalat tamamlandı. Bu şekilde bir konik düz dişli imalatı için, tezgah tablasına herhangi bir yardımcı aparat (divizör, matternson aparatı vb) bağlanmadı ve yine dişli taslağının tezgah tablasına bağlanma şeklinden dolayı dişli taslağı ile çakının, yuvarlanma metodunda olduğu gibi döndürülmesine gerek kalmadan, konik düz dişli imalatı, evolvent diş profil denklemlerinin çözümlerine göre yapıldı.

4.4.1. Konik Düz Dişliyi CNC Freze Tezgahında Açmak İçin Uygun Programın Hazırlanması

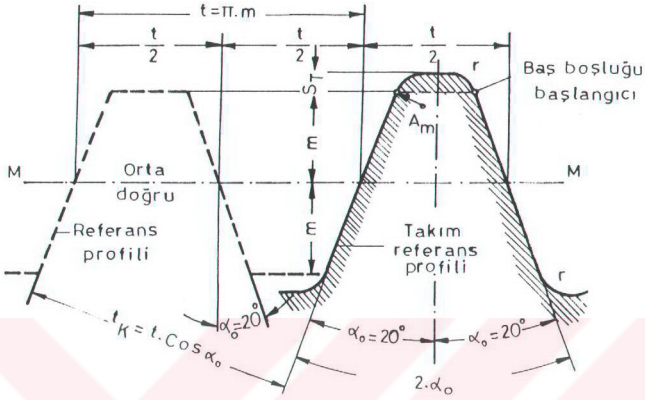
Konik düz dişli diş yüzeyindeki herhangi bir noktadaki şablon diş veya diş profillerinin oluşturulması için konik düz dişli tredgold yaklaşım metoduna göre ele alındı ve konik dişlilerin tamamlayıcı konileri denilen konilerin, O_1 ve O_2 tepe noktaları esas alınarak her bir nokta için eşdeğer düz dişlileri elde edildi. Böylece konik dişli çark mekanizması, Şekil 4.14 de gösterilen düz dişli çark mekanizmasına indirgenerek

düz dişlilerdeki bağıntılar, Z yerine Z_c konularak burada uygulandı. Bilindiği gibi eşdeğer düz dişlisindeki $Z_e = \infty$ olduğu durumda, silindirik düz dişlilerdeki kremayer elde edilir.



Şekil 4.14. Konik dişli çarkların eşdeğer düz dişlisi.

Dolayısıyla bu kremayer dişleri, konik dişlilerin referans profili olarak alınır ve piyasada konik dişli imalatı için, bu referans profili kullanılır Şekil 4.15. Yine bu referans profili dikkate alınarak konik dişli yuvarlanma metoduna göre, çakının doğrusal hareketleri ile imal edilirse daha öncede belirtildiği gibi, okdoid diş profili elde edilir.



Şekil 4.15. DIN 876 ya göre referans kremayer diş profili.

Ancak bu çalışmada, bu referans çakı Şekil 4.15 kullanılmadı. Konik düz dişli genel CNC imalat programı hazırlanırken, yukarıda belirtilen yaklaşım metodu dikkate alındı ve konik düz dişli üzerindeki eşdeğer düz dişler, imalat hassasiyetine bağlı olarak, dişlinin bütün noktalarında modellendi ve direkt bu modele göre, parmak freze çakısı ile imalat yapıldı.

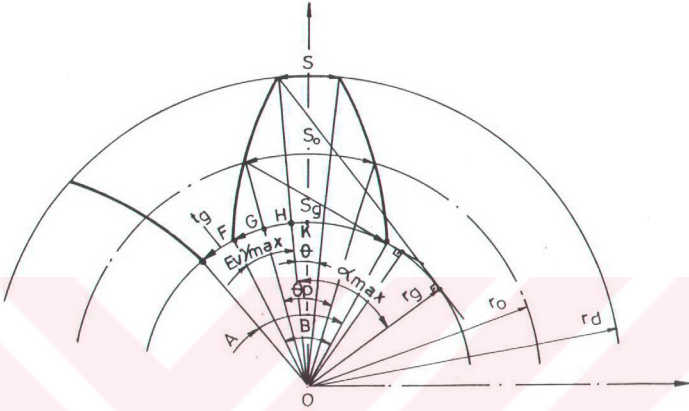
4.4.1.1. CNC Programlama İçin Bir Diş Profilindeki Yay Uzunluklarının Hesabı

Şekil 4.16 da;

$$\theta = \frac{S}{r_d} \quad (50)$$

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

Yine Şekil 4.16 dan;



Şekil 4.16. Dişli çarklardaki yay uzunlukları.

$$\frac{S}{r_d} = \frac{HK}{r_g}$$

yazılabilir. Burada;

$$HK = GK - GH$$

ve

$$\frac{S}{2} = (GK - GH) \cdot \frac{r_d}{r_g} \quad (51)$$

yazılabilir. Yine,

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

$$GK = \frac{S_0}{2} \cdot \frac{r_g}{r_0} \quad (52)$$

$$FG = r_g (tg\alpha_0 - \alpha_0) = r_g \cdot Ev\alpha_0 \quad (53)$$

$$FH = r_g (tg\alpha - \alpha) = r_g \cdot Ev\alpha \quad (54)$$

$$FK = FG + GK$$

$$FK = \frac{S_0}{2} \cdot \frac{r_g}{r_0} + r_g (tg\alpha_0 - \alpha_0) \quad (55)$$

$$GH = FH - FG = r_g (Ev\alpha - Ev\alpha_0) \quad (56)$$

(56) ve (52) ifadeleri (51) denkleminde yerlerine yazılırsa, herhangi bir noktadaki S değeri;

$$S = 2 \cdot \frac{r_d}{r_g} \cdot \left\{ \left[\frac{S_0}{2} \cdot \frac{r_g}{r_0} + r_g (Ev\alpha - Ev\alpha_0) \right] \right\} \quad (57)$$

elde edilir. Bulunan bu ifadede S_0 yerine, $S_0 = \frac{m\pi}{2}$ ve r_0 yerine de, $r_0 = \frac{mZ}{2}$ yazılıp gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra, (57) denklemi (50) denkleminde yerine yazılırsa θ açısı;

$$\theta = \frac{\pi}{Z} - 2(Ev\alpha - Ev\alpha_0) \quad (58)$$

bulunur. θ_p açısını da aşağıdaki gibi yazmak mümkündür.

$$\theta_p = \frac{S_0}{r_0} \quad (59)$$

Bu denklemde gerekli düzenlemeler;

$$\theta_p = \frac{m\pi}{2 \cdot \frac{mZ}{2}}$$

ve gerekli sadeleştirmelerden sonra,

$$\theta_p = \frac{\pi}{Z} \quad (60)$$

elde edilir. β açısını da benzer olarak;

$$\beta = \frac{S_g}{r_g} \quad (61)$$

yazabiliriz. S_g yayı, yukarıda bulunmuş olan (55) numaralı denklem yardımı ile hesap edilebilir. Şöyle ki,

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

$$FA' = 2.FK \quad (62)$$

olur. FK ifadesi yukarıda yerine yazılır ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa,

$$\beta = \frac{\pi}{Z} + 2.Ev\alpha_0 \quad (63)$$

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

$$A = \frac{t_g}{r_g} \quad (64)$$

$$t_g = m.\pi.\cos\alpha_0 \quad (65)$$

$$r_g = r_0.\cos\alpha_0 \quad (66)$$

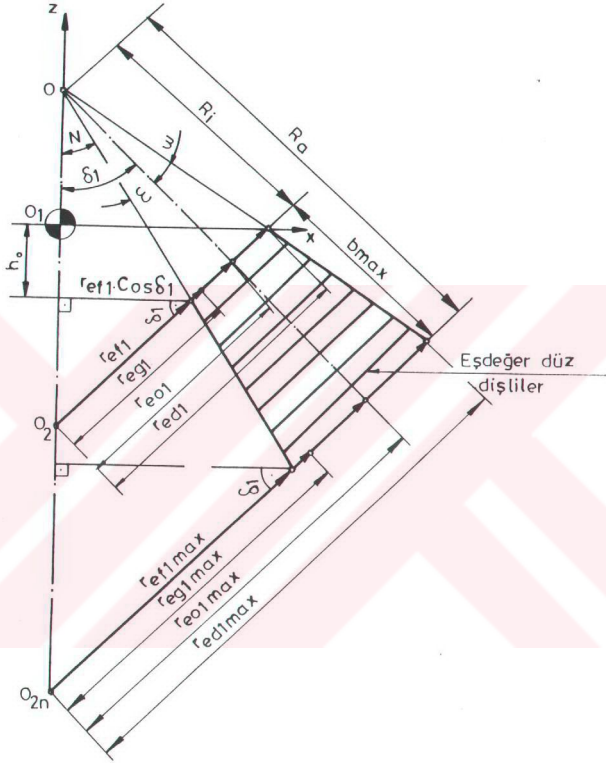
(65) ve (66) ifadeleri (64) denkleminde yerine yazılır ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa;

$$A = \frac{2.\pi}{Z} \quad (67)$$

ifadesi elde edilir.

4.4.1.2. Konik Düz Dişli Sağ Profil Teorik Eğri Denklemlerinin Çıkartılması

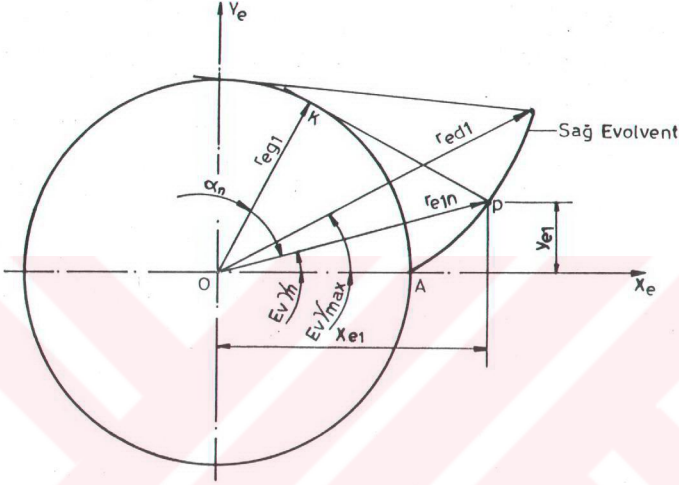
Bu çalışmada konik düz dişli yukarıda da belirtildiği gibi tredgold yaklaşım metodu göz önünde bulundurularak ele alındı Şekil 4.14. Bu metoda göre konik düz dişlinin diş profilleri, konik düz dişli diş yüzeyi üzerindeki her bir noktaya karşılık gelen eşdeğer düz dişliler bulunarak modellendi Şekil 4.17.



Şekil 4.17. Tredgold yaklaşımı dikkate alınarak konik düz dişli üzerinde eşdeğer düz dişlilerin oluşturulması.

Oluşturulan bu modele göre konik düz dişli üzerindeki herhangi bir eşdeğer düz dişlinin sağ profil evolvent eğri denklemleri, evolvent eğrisinin oluşum prensipleri dikkate alınarak aşağıdaki şekil yardımı ile bulundu Şekil 4.18.

Bilindiği gibi evolvent eğrisi bir doğrunun, bir daire üzerinde kaymadan yuvarlanması sonucu meydana getirdiği eğridir. Her noktada için, ani dönme merkezi K olup, evolventi çizen P noktasıdır.



Şekil 4.18. Sağ profil evolvent eğrisi üzerinde, X_{e1} ve Y_{e1} koordinatları.

Yukarıdaki şekil yardımıyla evolvent fonksiyonu şu şekilde çıkartılabilir;

$$\widehat{AK} = r_{eg1} \cdot (\alpha_n + Ev\gamma_n) = \overline{KP} = r_{eg1} \cdot \lg \alpha_n \quad (68)$$

Yukarıdaki eşitlikten (68), evolvent fonksiyonunu şu şekilde yazmak mümkündür;

$$Ev\gamma_n = \gamma_n = \lg \alpha_n - \alpha_n \quad (69)$$

Yine yukarıdaki şekilde P noktası evolvent eğrisi üzerindeki herhangi bir nokta ise, bu noktanın X_e ve Y_e eksenlerine olan uzaklıkları evolvent eğrisinin bu noktadaki

koordinatlarını verir. Buna göre eşdeğer düz dişli üzerindeki herhangi bir noktanın koordinatları Şekil 4.18 den;

X_{e1} uzunluğu;

$$X_{e1} = r_{e1n} \cdot \cos(Ev\gamma_n)$$

olarak bulundu. Bu denklemde, yukarıda bulunan $Ev\gamma_n$ ifadesi, yerine yazıldı ve

$$X_{e1} = r_{e1n} \cdot \cos[tg\alpha_n - \alpha_n] \quad (70)$$

bulundu. Benzer olarak Şekil 4.18 den;

Y_{e1} uzunluğunun ifadesi de,

$$Y_{e1} = r_{e1n} \cdot \sin[tg\alpha_n - \alpha_n] \quad (71)$$

şeklinde bulundu. Buradan hareketle Şekil 4.17 den, eşdeğer düz dişlilerin X, Y, Z eksen takımlarına göre izdüşümleri dikkate alınarak, konik düz dişli sağ evolvent eğri denklemleri,

$$X_1 = r_{e1n} \cdot \cos\delta_1 \cdot \cos Ev\gamma_n \quad (72)$$

$$Y_1 = r_{e1n} \cdot \cos\delta_1 \cdot \sin Ev\gamma_n \quad (73)$$

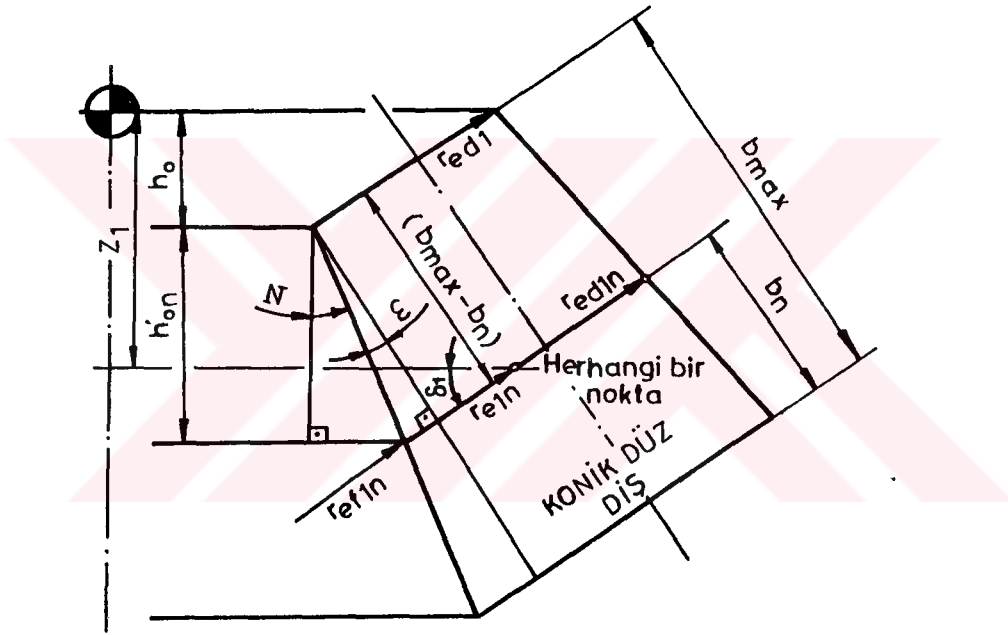
yukarıdaki gibi yazıldı. Ancak konik düz dişli CNC freze tezgahında imal edilirken çakının üç eksen (X, Y, Z) üzerinde aynı anda hareket edeceği dikkate alınır, Z_1 yüksekliğinin genel ifadesi, konik düz dişli diş yüzeyi üzerinde olan herhangi bir noktadaki eşdeğer düz dişli için, aşağıda çizilen Şekil 4.19 yardımı ile,

$$Z_1 = -[h_0 + h'_{0n}] + [(r_{e1n} - r_{ef1n}).\sin\delta_1] \quad (74)$$

çıkartıldı. Yukarıda bulunan denklemde h_0 ve h'_{0n} yüksekliklerinin ifadesi de, şekilde gösterilen option point noktası dikkate alınarak, aşağıdaki gibi yazıldı.

$$h_0 = \frac{13}{6}.m_i.\sin\delta_1 \quad (75)$$

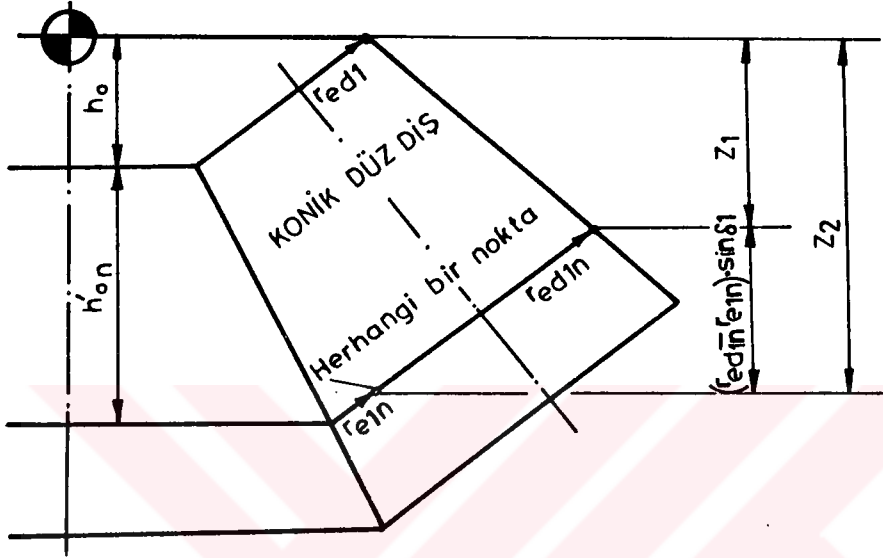
$$h'_{0n} = \left[\frac{b_{\max} - b_n}{\cos\epsilon} \right].\cos N \quad (76)$$



Şekil 4.19. Çakı sağ profil kesme yüksekliği.

Burada h_0 yüksekliği, çakının dişliyi kesmeye başladığı başlangıç (referans) yüksekliğini, h'_{0n} ise herhangi bir noktadaki eşdeğer düz dişlinin, başlangıç noktasındaki eşdeğer düz dişli ile olan yüksekliğini ifade eder. İşte yukarıda bulunan (72), (73) ve (74) denklemleri konik düz dişli sağ diş profilinin teorik evolvent eğri denklemlerini ifade ederler.

Yukarıda sol profil için yazılan, çakının kesme yüksekliğinin genel ifadesi Z_2 , option point noktası göz önünde bulundurularak, çakının sağ profili işlerken ulaşmış olduğu maksimum Z_1 yüksekliğine göre, aşağıda Şekil 4.21 yardımı ile çıkartıldı.



Şekil 4.21. Çakı sol profil kesme yüksekliği.

4.4.1.4. Konik Düz Dişli Sağ Profil İmalat Eğri Denklemlerinin Çıkartılması

Yukarıda çıkartılan teorik profil eğri denklemlerine göre konik düz dişli imal edilirse Şekil 4.1 de gösterilen imalat ölçülerini elde etmek mümkün olmaz. Çünkü bu denklemlere, parmak freze çakısının yarıçap ifadesi ilave edilmemiştir. Bu sebeple sağ profil imalat eğri denklemlerinin bulunması için gerekli olan çakı radyüsü ifadeleri, aşağıda çizilen şekil yardımı ile çıkartıldı Şekil 4.22.

$$\Delta_{2x} = r.Sin(\alpha_n - \delta) \quad (85)$$

$$\Delta_{2y} = r.Cos(\alpha_n - \delta) \quad (86)$$

olarak bulundu. Buradaki δ açısı da, yine Şekil 4.3 yardımı ile ve sağ profil de dikkate alınarak aşağıdaki gibi yazıldı.

$$\delta = 2.Ev\gamma_{\max} + \theta - (tg\alpha_n - \alpha_n) \quad (87)$$

Yukarıda buluna bu ifadeler konik düz dişli teorik sol profil eğri denklemlerinde yerlerine yazıldı ve

$$X'_{2n} = r_{e_{1n}}.Cos\delta_1.Cos[2.Ev\gamma_{\max} + \theta - (tg\alpha_n - \alpha_n)] + r.Sin(\alpha_n - \delta) \quad (88)$$

$$Y'_{2n} = r_{e_{1n}}.Cos\delta_1.Sin[2.Ev\gamma_{\max} + \theta - (tg\alpha_n - \alpha_n)] + r.Cos(\alpha_n - \delta) \quad (89)$$

$$Z'_{2n} = Z'_{1n} - [(r_{ed_{1n}} - r_{e_{1n}}).Sin\delta_1] \quad (90)$$

Sol profil için, parmak freze çakısı ile imalatla gerçek eğri denklemleri elde edildi. Yine burada da Parmak freze ile konik düz dişlinin diş profilleri işlenirken, çakı CNC freze tezgahı tablasına göre dik bir konumda olduğu için, Z_2 çakı yüksekliği ifadesinde de herhangi bir değişiklik yapmadan yazıldı.

4.4.1.6. CNC Programında Konik Düz Dişli Diş profillerinin Döndürülmesi

Yukarıda ifadeleri çıkartılan konik düz dişli diş profil eğri denklemlerinin nümerik çözümlerine göre parmak freze çakısı hareket ettiğinde, sadece bir diş profili imal edilir. Bu sebeple konik düz dişli imalatının tamamlanabilmesi için imal edilen bu diş profilinin, dişli üzerindeki diş sayısı dikkate alınarak döndürülmesi gerekir. Bu döndürme işlemi için gerekli olan matematiksel ifade, sağ ve sol profil eğri denklemleri

için, daha önce yukarıda bulunan ve bir diş taksimatına karşılık gelen A açısı (67) dikkate alınarak matris formunda, sırası ile aşağıdaki gibi genelleştirildi.

$$\begin{bmatrix} X'_{1k} \\ Y'_{1k} \\ Z'_{1k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos A_k & -\sin A_k & 0 \\ \sin A_k & \cos A_k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'_1 \\ Y'_1 \\ Z'_1 \end{bmatrix} \quad (91)$$

$$\begin{bmatrix} X'_{2k} \\ Y'_{2k} \\ Z'_{2k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos A_k & -\sin A_k & 0 \\ \sin A_k & \cos A_k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'_2 \\ Y'_2 \\ Z'_2 \end{bmatrix} \quad (92)$$

Yukarıdaki ifadelerin her ikisi için;

$$k = 1, \dots, N \quad (93)$$

yazıldı. Burada N , dişli üzerindeki toplam diş sayısını ifade eder. Bu durumda A_k açısı,

$$A_k = (k-1) \cdot \frac{2\pi}{Z} \quad (94)$$

şeklinde yazılarak genelleştirildi. Burada, N' inci diş için genel ifade;

$$A_N = (N-1) \cdot \frac{2\pi}{Z}$$

şeklinde yazılabilir. Dolayısıyla yukarıda çıkartılan denklemlere göre diş profilleri döndürüldü ve konik düz dişli imalatı tamamlandı.

4.4.1.7. Konik Düz Dişli Genel CNC İmalat Programının Çalışması ve Konik Düz Dişli İmalatı

Eksenler arası açısı ($\delta = 90^\circ$) ve profil kaydırmaz düz konik dişliler için hazırlanan genel CNC imalat programında, yukarıda çıkartılan konik düz dişlilere ait imalat eğri denklemlerinin çözümleri yapılırken, imalatı yapılması istenen konik düz

dişliye ait temel büyüklükler, $\alpha_0=20^0$, $\delta=90^0$, Z_1 , Z_2 ve m dikkate alınarak şu şekilde yapılır. Programda ilk önce konik düz dişli için,

$$R_a = \frac{m.Z_1}{2.\sin\delta_1};$$

$$b_{\max} \leq \frac{R_a}{3} \cong 0,3.R_a;$$

$$\delta_1 = \text{Arctg}\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)$$

$$r_0 = \frac{m.Z_1}{2}$$

yukarıdaki değerler hesaplanır. Arkasından program, verilen m modülüne karşılık gelen eşdeğer düz dişliye ait;

$$r_{eo} = \frac{r_0}{\cos\delta_1} \quad (95)$$

$$r_{eg} = r_{eo}.\cos\alpha_0 \quad (96)$$

$$r_{ed} = r_{eo} + m \quad (97)$$

$$r_{ef} = r_{ed} - \frac{13}{6}.m \quad (98)$$

$$\alpha = \text{ArcCos}\left(\frac{r_{eg}}{r_{ed}}\right) \quad (99)$$

θ , θ_p , β , A , N , ω ve ε değerlerini de hesap eder. Hesaplanan bütün bu değerler, konik düz dişliyi belirleyen temel büyüklükler olup bu değerler konik düz dişli üzerindeki maksimum değerleri ifade eder.

Yapılan konik düz dişli genel CNC programında dişli imal edilirken, çakının dişliyi kesmeye başladığı nokta, Şekil 4.17 de O_2 noktasına karşılık gelen konik düz dişli üzerindeki, en küçük eşdeğer düz dişli dikkate alınarak yapılır. Bu sebeple bu noktaya ait büyüklüklerin hesaplanması için programda,

$$m_{in} = \frac{D_t - 2.(b_{max} - b_n).Sin\delta_1}{Z_1} \quad (100)$$

konik düz dişli üzerindeki herhangi bir nokta için genelleştirilen m_{in} ifadesi kullanıldı. Bu ifade de, b_n in değişim aralığı aşağıdaki gibi yazıldı.

$$0 \leq b_n \leq b_{max} = \frac{R_a}{3} \quad (101)$$

Buna göre programda, b_n in maksimum değeri dikkate alınarak kurulan bir döngü ile b_n in değişim miktarlarına bağlı olarak, m_{in} değerleri hesap edildi ve bu değere göre konik düz dişli üzerindeki eşdeğer düz dişliler belirlendi. Bu şekilde belirlenen eşdeğer düz dişlilere ait büyüklükler de, programın döngüsü içerisinde, aşağıda genelleştirilen bağıntılar kullanılarak hesaplandı.

$$r_{0n} = \frac{m_{in}.Z_1}{2}$$

$$r_{eon} = \frac{r_{0n}}{Cos\delta_1} \quad (102)$$

$$r_{egn} = r_{eon}.Cos\alpha_0 \quad (103)$$

$$r_{edn} = r_{eon} + m_{in} \quad (104)$$

$$r_{efn} = r_{edn} - \frac{13}{6} \cdot m_{in} \quad (105)$$

$$h_{0n} = \frac{13}{6} \cdot m_{in} \cdot \sin \delta_1 \quad (106)$$

$$h'_{0n} = \left(\frac{b_{\max} - b_n}{\cos \varepsilon} \right) \cdot \cos N \quad (107)$$

Daha sonra, programda kurulmuş olan ikinci bir döngü ile yukarıda çıkartılan imalat profil eğri denklemlerinin çözümünde, α_n açısının değişim aralığı dikkate alınarak,

$$0 \leq \alpha_n \leq \alpha_{\max} \quad (108)$$

bu açıdaki her bir artım miktarlarına göre, $r_{e_{1n}}$ değerleri;

$$r_{e_{1n}} = \frac{r_{eg_{1n}}}{\cos \alpha_n} \quad (109)$$

(109) formülü ile hesap edilir ve bu değerler sağ profil eğri denklemlerinde yerlerine yazılır. Elde edilen bu koordinat noktalarına göre parmak freze çakısı hareket ederek, konik düz dişli sağ diş profillerini keser. Yine programda, yukarıda sağ profil imalat denklemleri için yazılan $r_{e_{1n}}$ in değişim aralığı da,

$$r_{eg_1} \leq r_{e_{1n}} \leq r_{ed_1} \quad (110)$$

şeklinde kullanıldı. Yukarıda yazılan ifadelere göre sağ profil işlendikten sonra, dişli diş üstü yayı kesilir. Bu işlemler tamamlandıktan sonra yukarıda bulunan büyüklüklere göre sol profil imalat eğri denklemleri de, programda üçüncü bir döngü yardımı ile hesap

edilir. Elde edilen çözüm noktalarına göre parmak freze çakısı hareket ederek, konik düz dişli sol profili de işlenmiş olur. Yine sol profil eğri denklemleri de çözülürken α_n ve r_{e1n} in değişim aralıkları, sağ profil eğri denklemleri ile,

$$0 \leq \alpha_n \leq \alpha_{\max} \quad (111)$$

$$r_{eg1} \leq r_{e1n} \leq r_{ed1} \quad (112)$$

aynıdır. Ancak sol profil imal edilirken α_n ve r_{e1n} değerlerinin değişimi, sağ profilin tersine maksimum değerlerden başlayıp minimuma değerlere doğru azalma gösterir. Sol diş profili kesildikten sonra, programda diş dibi yayı işlenir ve bu şekilde dişli üzerindeki, bir dişin imalatı tamamlanmış olur.

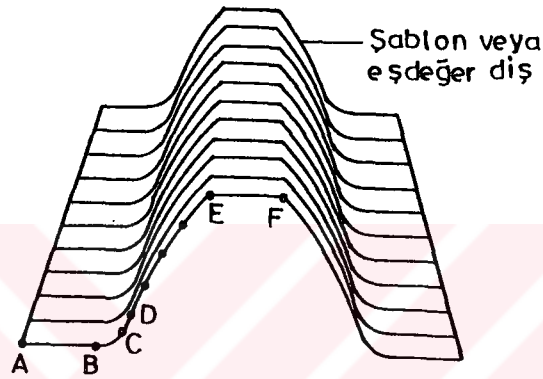
Ancak konik düz dişlinin tamamlanabilmesi için programda, diğer dişlerin işlenmesi için başka bir döngü kullanır. Bu döngüde dişlerin döndürülmesi, diş sayısına bağlı olarak hesaplanan A_k açısındaki değişimlere göre yapılır ve konik düz dişli üzerinde sadece bir eşdeğer düz dişlinin imalatı tamamlanır. Yine programda başka bir döngü kullanılarak hassasiyete bağlı olarak diğer eşdeğer düz dişlilerin imalatı yapılarak konik düz dişli imalatı bu şekilde tamamlanmış olur.

Burada yapılan konik düz dişli genel CNC imalat programı ile konik düz dişli imal edilirken, program yukarıda değişim aralıkları verilmiş olan α_n ve b_n değerleri için belirlenen hassasiyet değerlerine göre dişliyi imal eder. Program çalıştırılırken, bu iki hassasiyet değerinin girilmesini istemektedir. Burada program, b_n için girilen hassasiyet değerine göre konik dişli diş yüzeyindeki eşdeğer düz dişlilerin dağılımını belirler, α_n için girilen hassasiyet değerine göre de diş profillerinin kesilme hassasiyetini belirler ve her iki değerde tezgah hassasiyeti dikkate alınırsa, 0.001 olabilir.

Ancak programda α_n için, 0.001 hassasiyet değerini girmeye gerek yoktur çünkü bu değer açısal değişimler için çok küçük bir değişim olduğundan programda gereksiz yere iterasyon yaptırılmış olur ve bu sebeple dişli imalatının süresi uzatılmış olur. Fakat hassas bir imalat için b_n 'in değişim aralığı mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır (bu

araştırma için yapılan imalat, α_n' in hassasiyet değeri 0.25 ve h_n' in hassasiyet değeri de, 0.05 olarak alındı).

Burada hazırlanan konik düz dişli genel CNC imalat programında konik düz dişli imalat hassasiyeti daha önceden belirlenebilmekte ve evolvent eğri denklemleri istenilen hassasiyette, herhangi bir yardımcı aparat kullanmaya gerek kalmadan genel amaçlı CNC freze tezgahında işlenerek, konik düz dişli imalatı rahat bir şekilde yapıldı. Yine bu program yardımı ile konik düz dişli imal edilirken parmak freze çakısının imalat yörüngeleri;



Şekil 4.24. Genel CNC imalat programında parmak freze çakısının imalat yörüngeleri.

mevcut klasik konik düz dişli imalat yöntemlerindeki farklı olarak, şablon dişlerin kesilmesini oluşturacak şekilde ve konik düz dişli eksenine radyal istikamettedir Şekil 4.24. Şekil üzerinde ki aralıklar, aşağıda yazıldığı gibidir;

A-B arası konik düz dişli diş dibi yayı,

B-C arası diş dibi radyüsü,

C-D arası radyal doğru parçası,

D-E arası evolvent profili oluşturan doğru parçaları,

ve E-F arası konik düz dişli diş üstü yayını oluşturur.

Parmak freze çakısı bu aralıklara göre, diş profillerini işleyerek konik düz dişli imalatını yapabilmesi için dişli taslağı CNC freze tezgahına aşağıda gösterildiği gibi bağlandı Şekil 4.25. Sonuç olarak, $\delta = 90^\circ$ olan bir konik düz dişli, burada hazırlanan genel bir CNC imalat programı (Ek2) ile bu şekilde imal edilebilmiştir Şekil 4.26.

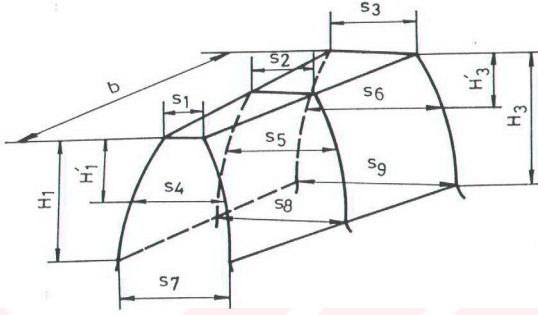


Şekil 4.25. Konik düz dişli taslağının CNC freze tezgahına bağlanması.



Şekil 4.26. CNC freze tezgahında genel imalat programı kullanılarak tamamlanmış bir konik düz dişli.

5. İMAL EDİLEN KONİK DÜZ DİŞLİLERİN İMALAT ÖLÇÜMLERİ VE İRDELEME



Tablo 5.1. İmal edilen konik dişlilerin diş ölçüleri.

DİŞ ÖLÇÜLERİ	DİŞLİ TİPİ				
	M. Aparatı İle CNC Frezede Açılan Dişli	M. Aparatı İle K. Frezede Açılan Dişli	CNC Freze Tezgahında Açılan Dişli	Modül Çakı İle Açılan Dişli	ZİTK 250/1 Tezgahında Açılan Dişli
H_1	9.60	10.10	8.84	10.37	8.80
H'_1	4.35	5.55	4.10	5.13	3.9
H_2	11.70	11.95	10.75	11.61	11.36
H'_2	5.50	5.75	5.20	6.25	4.98
H_3	14.04	14.11	13.15	13.85	12.86
H'_3	6.59	6.68	6.19	7.11	5.87
S_1	3.19	3.33	3.62	1.36	3.36
S_2	4.10	4.36	4.26	1.98	3.94
S_3	5.15	5.17	4.87	2.40	4.42
S_4	6.70	6.95	6.65	5.50	6.55
S_5	8.20	8.25	8	7.30	7.85
S_6	10.15	10.20	9.45	10.25	9.25
S_7	7.15	7.40	6.23	5.85	6.52
S_8	9.16	9.24	7.56	8.12	8.03
S_9	11.10	11.36	8.87	10.42	9.56
$t_1 (s_1+s_7)$	10.34	10.74	9.85	7.21	9.88
$t_2 (s_2+s_8)$	13.26	13.60	11.82	10.10	11.97
$t_3 (s_3+s_9)$	16.25	16.53	13.74	12.82	13.98
b	21.54	21.50	21.56	21.54	21.49

Konik dişlilerin açılmasında kullanılan Matterson aparatı ile CNC Freze, Matterson aparatı ile Kalıpçı freze tezgahı, CNC Freze tezgahı, normal Frezede modül çakı ile ve konik dişli açma tezgahı (ZFTK 250/1) ile açılan beş adet konik dişlinin imalat hassasiyetleri, Rus yapımı M336 tip bir modül kumpası ile ve yüzey pürüzlülükleri de Mitutoyo Surf Test 301 marka yüzey pürüzlülük ölçme aletleriyle ölçülerek bir tablo haline getirildi Tablo 5.1 ve 5.2.

Tablo 5.2. Diş yüzeylerinde ölçülen yüzey pürüzlülükleri.

Konik Düz Dişli Açma Şekli	Ölçülen Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri (R_a μm)
Modül Çakı İle Açılan Dişli	5.68
Matterson Aparatı İle Kalıpçı Frezede Açılan Dişli	2.46
Matterson Aparatı İle CNC Frezede Açılan Dişli	2.20
CNC Frezede Açılan Dişli	1.29
ZFTK 250/1 Tezgahında Açılan Dişli	1.20

Tabloların hazırlanmasından sonra özel dişli açma tezgahı olan ZFTK 250/1 ile açılan konik dişli esas alınarak diğer tezgahlarla açılan dişlilerin ölçüleri, bu dişli ölçüleriyle mukayese edildi. Bunun için de, değişim grafikleri çizildi (Şekil 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 ve 5.5). Bu grafikler incelendiğinde; Y eksenini olarak ZFTK 250/1 tezgahında açılan ve araştırma için ideal kabul edilen dişli ölçüleri, X eksenini olarak ta sırasıyla diğer dört tezgahta açılan konik dişlilerin diş ölçüleri göz önüne alındı. Açılan dişliler, ideal kabul edilen ZFTK 250/1 tezgahının açtığı diş ölçülerine eşit olması durumunda, $y=mx$ gibi, x ve y eksenleriyle 45° eğim yapan bir ideal doğru üzerinde çakışmalarını gerektirir. Yapılan ölçümler neticesinde bunun böyle olmadığı görüldü. Bu durumda, bu ideal doğruya en yakın noktaları sağlayan dişlinin en hassas ve uzak olanın ise en kaba olacağı göz önünde bulundurularak bir bilgisayar programı hazırlandı. Bu programa göre her dişli için 15 noktadan ölçüm yapılarak yapılan imalat hataları tespit edildi ve tablolar hazırlandı (Tablo 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 ve 5.7). Bu hata miktarları incelendiğinde; diş

ölçülerinde en hassas durumdan en kaba duruma göre sırasıyla; CNC Freze tezgahı, CNC Frezede Matterson aparatı, Kalıpçı freze tezgahında Matterson aparatı ile en son olarak ta Klasik freze tezgahında modül çakı ile imal edilen dişlilerin aldığı görüldü. Bura da bilgisayarlı tezgahlarda imal edilen dişlilerin ilk sıraları alması konik düz dişli imalatının küçük işletmeler için de, hassas olarak yapılabileceğini göstermektedir.

Aynı dişlilerin yüzey pürüzlülük durumları incelendiğinde yine sıranın bozulmadığı en küçük yüzey pürüzlülüğüne ZFTK 250/1 Tezgahında açılan dişlinin en hassas ve en kaba yüzey pürüzlülüğüne de, Klasik frezede modül çakısıyla açılan dişlilerin sahip olduğu görüldü.

C***İMAL EDİLEN DİŞLİLERİN İMALAT ÖLÇÜM NOKTALARININ, $Y=X$
*****DOĞRUSUNA GÖRE ΔY DÜŞEY UNLUKLARININ HESABI*****

C

C

DIMENSION X (10), Y (10), DELX (5, 5), DELY (5,5), DEL (5, 5)

OPEN (UNIT=2, FILE='ASLIHAN.FOR')

DATA (Y (1), I=1, 3) / 50.4, 59.1, 66.3 /

DATA (X (1), I=1, 3) / 20.4, 29.7, 37.0 /

WRITE (2, 3)

3 FORMAT (/, 15X, 24HBİRİNCİ DİŞLİ İÇİN HESAP // 10X, 4HX (1), 5X, 4HY (1), 6X, 4HDELX, 6X, 4HDELY, 6X, 4HDELH /)

DO 10 J=1, 1

DO 10 I=1, 3

DELX (J, I)=Y (I)-X (I)

DELY (J, I)=Y (I)-X (I)

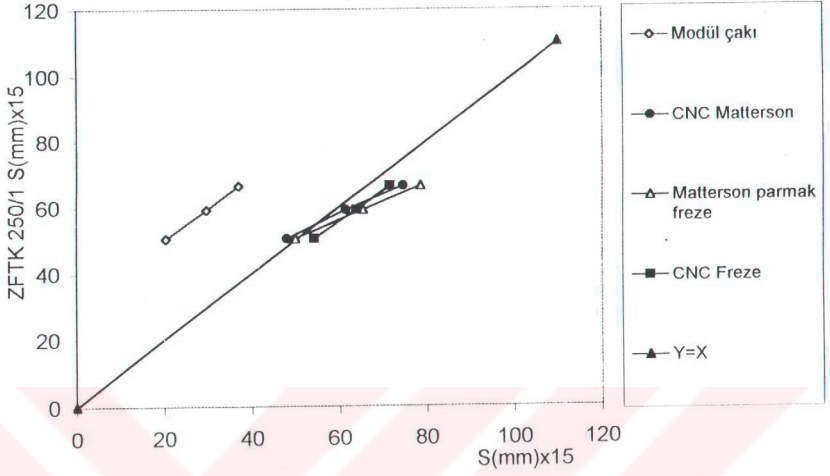
DELH (J, I)=DELX (J, I) / (2*0.5)

10 WRITE (2, 5) X (I), Y (I), DELX (J, I), DELY (J, I), DELH (J, I)

5 FORMAT (10X, F5.2, 4X, F5.2, 4X, F6.2, 4X, F6.2, 3X, 3X, F5.2)

STOP

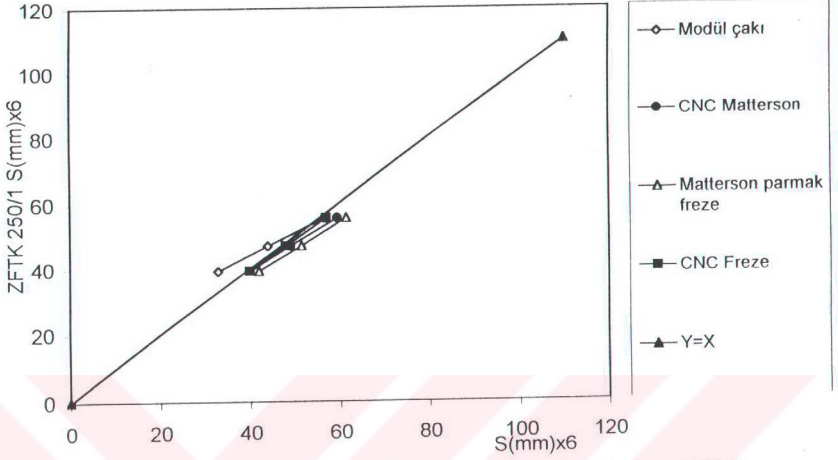
END



Yukarıda yazılan Fortran programında her grafik için datalar girilerek aşağıdaki tablolarda yazılan değerlerinin hesaplaması yapıldı.

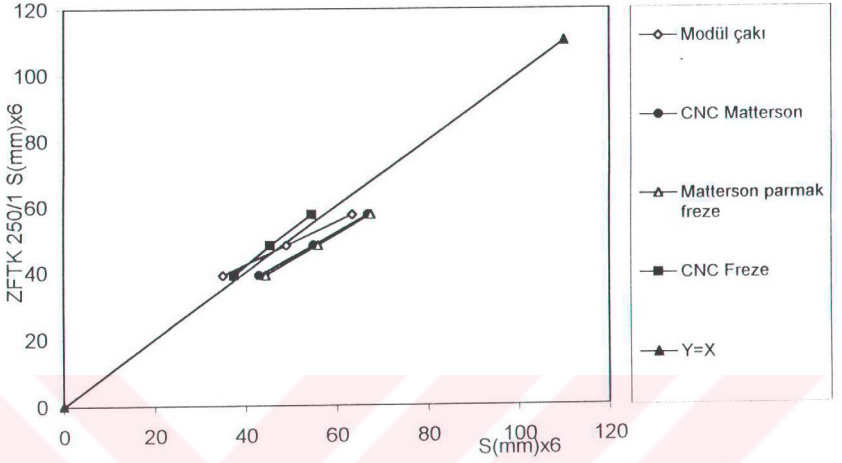
Tablo 5.3. S_1 , S_2 ve S_3 noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzaklıkları.

Dişli Tipi	$ \Delta Y $		
	S_1 Noktası için	S_2 Noktası için	S_3 Noktası için
Klasik Frezede modül Çakı ile İmalat	30.00	29.40	29.30
CNC Frezede Matterson Aparatı ile İmalat	2.40	2.40	8.20
Kalıpçı Freze Tezgahında Matterson Aparatı ile İmalat	0.40	6.30	12.20
CNC Freze Tezgahı ile İmalat	3.90	4.90	5.20



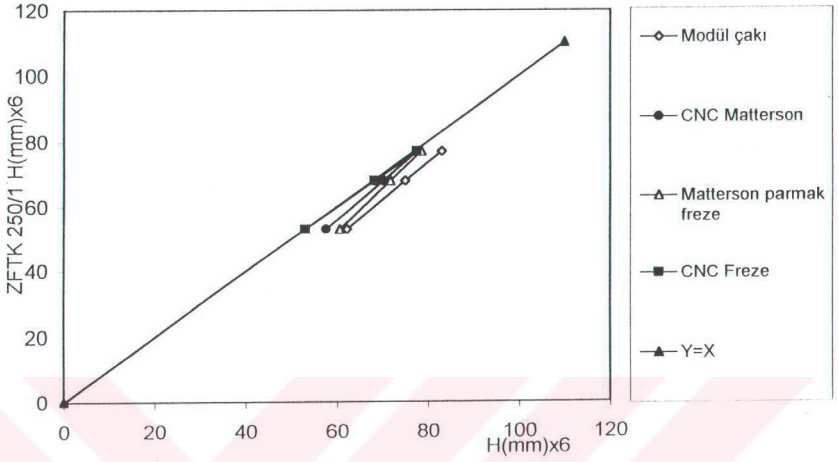
Tablo 5.4. S_4 , S_5 ve S_6 noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzaklıkları.

Dişli Tipi	$ \Delta Y $		
	S_4 Noktası için	S_5 Noktası için	S_6 Noktası için
Klasik Frezede Modül Çakı ile İmalat	6.30	3.00	1.00
CNC Frezede Matterson Aparatı ile İmalat	0.70	2.00	4.00
Kalıpçı Freze Tezgahında Matterson Aparatı ile İmalat	2.70	4.50	6.00
CNC Freze Tezgahı ile İmalat	0.70	1.00	1.50



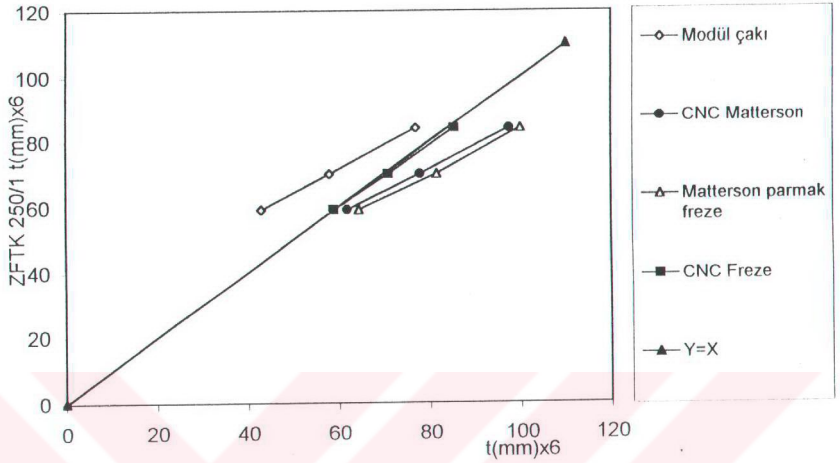
Tablo 5.5. S_7 , S_8 ve S_9 noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan dişçy uzaklıkları.

Dişli Tipi	$ \Delta Y $		
	S_7 Noktası için	S_8 Noktası için	S_9 Noktası için
Klasik Frezede Modül Çakı ile İmalat	4.00	1.00	6.20
CNC Frezede Matterson Aparatı ile İmalat	4.00	7.00	9.70
Kalıpçı Freze Tezgahında Matterson Aparatı ile İmalat	5.40	8.00	10.20
CNC Freze Tezgahı ile İmalat	1.60	2.60	2.80



Tablo 5.6. H_1 , H_2 ve H_3 noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzaklıkları.

Dişli Tipi	$ \Delta Y $		
	H_1 Noktası için	H_2 Noktası için	H_3 Noktası için
Klasik Frezede Modül Çakı ile İmalat	9.20	7.00	6.00
CNC Frezede Matterson Aparatı ile İmalat	4.60	2.20	0.50
Kalıpçı Freze Tezgahında Matterson Aparatı ile İmalat	7.60	3.70	1.50
CNC Freze Tezgahı ile İmalat	0.00	0.20	0.50



Şekil 5.5. ZFTK 250/1 Referans dişlisine göre t_1 , t_2 ve t_3 değerlerinin değişimi.

Tablo 5.7. t_1 , t_2 ve t_3 noktalarının, $Y=X$ doğrusuna olan düşey uzaklıkları.

Dişli Tipi	$ \Delta Y $		
	t_1 Noktası için	t_2 Noktası için	t_3 Noktası için
Klasik Frezede Modül Çakı ile İmalat	16.00	12.00	7.00
CNC Frezede Matterson Aparatı ile İmalat	3.00	8.00	13.50
Kalıpçı Freze Tezgahında Matterson Aparatı ile İmalat	5.50	11.60	16.00
CNC Freze Tezgahı ile İmalat	0.00	1.00	1.50

6. GENEL SONUÇLAR

1. Yapılan bu çalışmada, genel CNC programı ile konik düz dişli imalatında özel çakılar (kremayer, vb) kullanılmadan, piyasada ucuz ve bol miktarda bulunan parmak freze çakıları ile de imalatın yapılabilceğı görölmüştür.
2. Piyasada sadece belirli firmaların üretmiş oldukları özel konik düz dişli imalat tezgahlarına gerek kalmadan, hassas konik dişlilerin genel amaçlı bir CNC freze tezgahında imalatı yapılabilmiştir.
3. Burada, konik dişli yüzeyleri çakının dönme ve öteleme hareketleri ile kesilebilmektedir. Oysa kremayer biçimindeki çakılarla dişler sadece, ilerleme hareketi ile kesilebilmektedir.
4. Konik düz dişli imalatı, genel CNC programı ile 0.001 hassasiyetine kadar yapılabilir.
5. Bu çalışmada CNC freze tezgahlarında özellikle modülü büyük olan dişlilerin imalatlarının rahat bir şekilde yapılabilceğı, fakat küçük modüllü dişlilerin imalatlarının, parmak freze çakısının çapından dolayı bir sorun oluşturabileceğı görölmüştür. Çünkü burada parmak freze çakısı, imalatı yapacak olan dişlilerin diş dibi genişlikleri dikkate alınarak hesaplandığından ve bu hesap sonucu bulunan parmak freze çakıları da belirli çapların altında imal edilemediklerinden, küçük modüllü dişlilerin imalatları bir sorun oluşturmaktadır.
6. Yine herhangi bir yüzeyin imalatı eğri denklemleri ile yapılacaksa, CNC tezgahının çakı radyüsü ilavesi ile ilgili olan, G41 ve G42 kodları kullanılmamalı ve çakı radyüsü ifadelerinin mutlaka çıkartılması gerekir. Çünkü böyle bir imalat için tezgah bu kodlar kullanırsa, imalatı düşünölen parça için hazırlanan genel CNC imalat programında döngüler yardımıyla elde edilen koordinat noktalarını, kendi içerisinde birtakım yuvarlatmalar yaparak küçükte olsa bir değişiklik yapabilmektedir. Bu durum da, parça hassasiyetini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.
7. Konik düz dişlinin dişlerini açmak için kullanılan çakıların ömürleri göz önüne alınacak olursa; klasik imalat yöntemlerinde kullanılan kremayer çakıların bütün kesici ağızları kullanıldığından, ömürleri uzun olur. Halbuki bu yöntemde, parmak freze çakılarının taban kenarları kullanıldığından çakıların ömürleri daha az olmaktadır ve bu durum da bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

8. CNC tezgahlarında dişli imalatı için imalat süresi göz önüne alındığında, özellikle konik dişli imalatında imalat süresi oldukça uzun olabilmektedir. Çünkü burada konik düz dişlinin modellenmesi eşdeğer düz dişliler dikkate alınarak yapılmıştır. Dolayısıyla hassas bir imalat için ilk önce bu eşdeğer düz dişlilerin dişli boyunca oldukça sık dağılımının sağlanması gerekir. İkinci olarak ta diş profil hassasiyetinin uygun sıklıkta hesap edilmesi gerekir. İşte bu iki durum konik düz dişli imalat süresini artırmaktadır.
9. Bilindiği gibi, piyasada istenilen modül ve diş sayısında konik dişli imalatı her yerde yapılamamaktadır. Fakat burada hazırlanan CNC genel imalat programı ile, istenilen modül ve diş sayısında dişli imalatının CNC freze tezgahlarının bulunduğu her yerde yapılabileceği görülmektedir.
10. Matterson aparatının universal freze tezgahına bağlanabileceği ve düz konik dişli imalatının özel çakılara gerek kalmadan, parmak freze çakıları ile yapılabileceği görülmüştür.
11. Yine Matterson aparatının CNC freze tezgahına da bağlanabileceği ve düz konik dişlilerin imatları, sağ ve sol diş profilleri için hazırlanan CNC programları ile ve tasarlanarak imal edilen özel bir çakı ile yapılabileceği görülmüştür.
12. Matterson aparatının CNC freze tezgahlarına tam olarak uyarlanabileceği de görülen sonuçlar arasında sayılabilir.
13. Konu ile ilgili olarak teorik ve pratik çalışmalar devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- WIENER, D., 1992, CNC Technology and The System-Independent Manufacture of Spiral Bevel Gears, **Gear Technology**, Vol. 9, PP22-27., September / October.
- SEBETIC, R.L., 1991, Bevel Gear Manufacturing Troubleshooting, **Gear Technology**, Vol. 8., PP28-32., March / April.
- KRENZER, T.J., YUNKER, K.D., 1989, Universelle Kegelrad-und Hypoid-Walzfrasmachine, Werkstatt und Betrieb, Vol. 122. No.3., PP237-241.
- SHEVELEVA, G.I., GUNDAEV, S.A., POGORELOV, V.S., 1989, Numerical Modeling of The Process of Machining Bevel Gears With Circular Teeth, **Soviet Engineering Research**, Vol. 69., No.3., PP44-47.
- KRENZER, T., 1993, CNC Bevel Gear Generators and Flared Cup Gear Grinding, Gear Technology, Vol.9., No.4., PP18-24., July / August.
- CHANG, S.H., HUSTON, R.L., COY, J.J., 1989, Computer Aided Design of Bevel Gear Tooth Surfaces, **Int Power Transm Gearing Conf. New Technol Power Transm 90. Publ by ASME**, New York, NY, PP585-591.
- FONG, Z.H., TSAY, C.B., 1991, A Mathematical Model For The Tooth Geometry of Circular-Cut Spiral Bevel Gears, **Transactions of The ASME**, Vol.113., No.2., PP174-181.
- AL-DACCAK, M.J., ANGELES, J., 1989, The Modelling of Bevel Gears Using The Exact Spherical Involute, **Computer-Aided and Computational Design American Society of Mechanical Engineers, Design Engineering Division (publication)** DE Vol. 19-1., n Pt.1, New York, PP151-156.
- KAIXIU, Y., 1989, Computer Aided Straight Bevel Gearing and Parametric Drawing of A Bevel Gear by A Computer, **Mechanical Systems Analysis, Design and Simulation American Society of Mechanical Engineers Division (publication)** Publ by ASME, DE Vol. 3 (of 3). New York, PP247-252.
- STADTFELD, H.J., 1989, Kegelradverzahnen im Kybernetischen Regelkreis, **Werkstatt und Betrieb**, Vol. 122., No.8, 5p, Aug.
- KIMMET, G.J., 1987, Autonomous Gear Manufacturing Cells, **Werkstatt und Betrieb**, Vol.120., No.10., PP833-836.

- FONG, Z.H., TSAY, C.B., 1991, Mathematical Model For The Tooth Geometry of Circular-Cut Spiral Bevel Gears, **Journal of Mechanisms, Transmissions, and Automation in Design**, Vol.113., No.2., PP174-181.
- WIENER, D., 1990, Kegelrader Verzahnen, **Werkstatt und Betrieb**, Vol.123., No.2., PP153-157.
- SAHRAIBMAN, S.M., 1989, A Statistical Survey of Gear-Cutting Operations in Various Production Models, **Soviet Engineering Research**, Vol.60., No.2., PP29-31.
- KOHAUPT, L., 1990, Flankenberechnung Geradverzahnter Kegelraeder Fuer 3D-Messungen, **Forschung im Ingenieurwesen**, Vol.56., No.1., PP1-5.
- LITVIN, F.L., ZHANG, Y., LUNDY, M., HEINE, C., 1988, Determination of Settings of A Tilted Head Cutter For Generation of Hypoid and Spiral Bevel Gears, **Journal of Mechanisms, Transmissions, and Automation in Design**, Vol.110., No.4., Dec., PP495-500.
- ZAITSSEV, V.V., 1987, Calculation of The Geometrical Parameters of Gear Cutting Heads, **Soviet Engineering Research**, Vol.7., No.7., PP70-71.
- YOSHIDA, M., SUETOMI, T., 1987, The Mechanism of Straight-Bevel Gear Cutting by a Circular-Type Cutter, **Bulletin of The Japan Society of Precision Engineering**, Vol.21., No.4., PP301-302.
- FRINT, H., 1987, Automated Inspection and Precision Grinding of Spiral Bevel Gears, **NASA Contract Report 4083** Jul PP77.
- HANDSCHUH, R.F., BILL, R.C., 1991, Recent Manufacturing advances For Spiral Bevel Gears, **SAE Technical Paper Series**, Publ by SAE Warrendale, PA, USA, 912229., PP1-12.
- FRANCESCHINI, J.A., 1985, Automatic Manufacture of Spiral Bevel Gears in The Automobile Industry (Automatisches Verzahnen Von Sipiralkegelraedern der Automobilindustrie), **Werkstatt und Betrieb**, Vol.118., No.9., PP571-575.
- SEGAL, M.G., 1987, Circular Broaching of Straight Bevel Gears.Expanding The Range of Application, **Soviet Engineering Research**, Vol.7., No.2., Feb., PP69-71.
- VOLKOV, A.E., SHEVELEVA, G.I., 1990, Computer Calculation of Tooth-Broaching Heads For Machining of Straight-Tooth Bevel Gears, **Soviet Engineering Research**, Vol.61., No.11., PP20-22.

- GORMANYUK, N.A., CHERKASHIN, V.P., 1990, Synthesis of a Gear-Cutting Head With a Separate Scheme For Machining in Conformity With Optimal Parameters of Bevel Transmission Unit, **Soviet Engineering Research**, Vol.10., No.9., PP59-62.
- DUTSCHK, R., 1993, Parameterdarstellung Von Zahnflanken Bogenverzahnter Kegelaeder, **Mechanism and Machine Theory**, Vol.28., No.4., PP515-522.
- MAKHARINSKII, E.I., MENITSKII, I.D., 1987, More Accurate Grinding of Gear-Cutting Heads, **Soviet Engineering Research**, Vol. 7., No.10., Oct., PP51-52.
- KIMMET, G.J., 1988, Flexible Hobbing Cells, **IPE International: Industrial and Production Engineering**, Vol.12., No.2., Jun., PP36-39.
- GOSSELIN, C., CLOUTIER, L., SANKAR, L., 1989, Effect of The Machine Settings on The Transmission Error of Spiral Bevel Gears Cut by The Gleason Method, **Proc. Int. Power Transm. Gearing Conf. New Technol.Power Transm.90.** Publ by ASME, New York, Apr., PP705-712.
- ELBER, G., COHEN, E., 1993, Tool Path Generation For Freeform Surface Models, **Proc. 2 Symp. Solid Model Appl. Publ by ACM**, New York, PP419-428.
- AKKURT, M., SEVİNÇ, A., 1994, Tel Erozyon İşlemine Yönelik CAD-CAM-CNC İntegrasyonu, **İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, 18 Ocak.
- DACCAK, M.J., ANGELES, J., 1989, The Modeling of Bevel Gears Using The Exact Spherical Involute, **Computer-Aided and Computational Design ASME, Design Engineering Devision (Publication)DE** Vol.19-1., No.Pt.1., Publ by ASME, New York, PP151-156.
- ROGER, D.F., ADAMS, J.A., 1989, **Mathematical Elements for Computer Graphics**, McGraw-Hill Publishing Company, Second Edition, New York.
- HOUGHTON, P.S., Gears, Spur, Helical, Bevel, Internal, Epicyclic, and Worm **Technical Press.**
- ÇAKMAK M., S., 1980, **Dişli çarklar**, İstanbul.
- AKKURT, M., 1985, **Takım tezgahları** Birsen yayınevi, İstanbul.
- AKKURT, M., 1991, **CNC ve Sistemleri** Birsen yayınevi, İstanbul.
- ŞEKERCİOĞLU, A., 1990, **CNC Tezgahları**, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- ESİN, A., 1992, **CNC Tezgahları**, TMMOB, Ankara.
- DYNA CNC Tezgah Kataloğu.**

FANUC CNC **Tezgah kataloğu.**

MATTERSON APARATI KATALOĞU, 1938, İngiltere.

GLEASON, N:102,24A,724,725, **Staight Bevel Gear Cutting Machinetools.**

MERRITT PITMAN, H.E. **Gear Engineering**, pub.

DUDLEY, D.W., **Gear handbook**, McGraw Hill Book Com.

HEIDENREICH, HARBECK, **Bevel Gear Planer**, 160 K.

PHELAN, R.M., **Fundamental of Mechanical Deign**, McGraw Hill Book Com.



EKLER**EK 1**

// BOXFORD CNC TORNA İÇİN KONİK DİŞLİ TASLAĞI İMALAT PROGRAMI //

G90

G71

X30 Z10 I1

M04 S2000

G00 X76 Z0

G01 X-1 F60

G00 Z1

G00 X73

G01 Z-42 F60

G00 X74 Z1

G00 X70.73

G01 Z-42 F60

G00 X71.73 Z1

M05 X30 Z10

M06 I5

M03 X0 Z2 S2000

G01 Z-5 F60

G00 Z2

M05 X30 Z10

M06 I7

M03 X0 Z2 S1750

G83 X0 Z-55 I7 K0.99 F60

M05 X30 Z10

M06 I8

M03 X0 Z2 S1750

G83 X0 Z-55 I10 K0.99 F60

M05 X30 Z10

M06 I9

M04 X13 Z2 S2000

G01 Z-42 F60

G00 X12

G00 Z1

G00 X16

G01 Z-42 F60

G00 X15

G00 Z1

G00 X19

G01 Z-42 F60

G00 X18

G00 Z1

G00 X22

G01 Z-42 F60

G00 X21

G00 Z1

G00 X25

G01 Z-42 F60

G00 X24

G00 Z1

G00 X25.28

G01 Z-42 F60

G00 X24.28

G00 Z1

G00 X28.28

G01 Z-5 F60

G00 X27.28

G00 Z1

G00 X29.26

G01 Z-5 F60

G00 X28.26

G00 Z1

G00 X32.26

G01 Z-4.25 F60

G00 X31.26

G00 Z1

G00 X35.26

G01 Z-3.49 F60

G00 X34.26

G00 Z1

G00 X38.26

G01 Z-2.73 F60

G00 X37.26

G00 Z1

G00 X41.26

G01 Z-1.98 F60

G00 X40.26

G00 Z1

G00 X44.26

G01 Z-1.23 F60

G00 X43.26

G00 Z1

G00 X29.26

G00 Z-5

G01 X47.26 Z0 F60

M05 X30 Z10

M06 I1

M04 X67.73 Z1 S2000

G01 Z-16.35 F60

G00 X68.73 Z1

G00 X64.73

G01 Z-13.92 F60

G00 X65.73 Z1

G00 X61.73

G01 Z-9.49 F60

G00 X62.73 Z1

G00 X58.73

G01 Z-7.06 F60

G00 X59.73 Z1

G00 X55.73

G01 Z-4.63 F60

G00 X56.73 Z1

G00 X52.73

G01 Z-2.20 F60

G00 X53.73 Z1

G00 X47.15

G01 X70.73 Z-18.79 F60

G00 X71.73

M05 X72 Z10

M06 I11

M04 X72 Z-22.29 S2000

G01 X67.73 F60

G01 Z-42 F60

G00 X70.73

G00 Z-23.79

G01 X63.73 F60

G01 Z-42 F60

G00 X67.73

G00 Z-24.79

G01 X59.73 F60

G01 Z-42 F60

G00 X63.73

G00 Z-25.79

G01 X55.73 F60

G01 Z-42 F60

G00 X59.73

G00 Z-26.79

G01 X51.74 F60

G01 Z-42 F60

G00 X55.73

G00 Z-27.79

G01 X47.74 F60

G01 Z-42 F60

G00 X51.74

G00 Z-28.79

G01 X43.74 F60

G01 Z-42 F60

G00 X47.74

G00 Z-29.39

G01 X41.34 F60

G01 Z-42 F60

G00 X43.74

G00 Z-29.39

G01 X39 F60

G00 X43.74

G00 Z-32.39

G01 X39 F60

G00 X43.74

G82 X4.73 Z-7.5 I6 F60

G00 X72

G00 Z-21.79

G00 X70.73

G01 X41.34 Z-29.39 F60

G00 X77

G00 Z-45

G01 X-0.5 F60

M05 X30 Z10

M02

EK2

// EKSENLER ARASI AÇISI $\delta = 90^0$ VE $\delta < 90^0$ OLAN PROFİL KAYDIRMASIZ,

PİNYON VE ÇARK DÜZ KONİK DİŞLİLER İÇİN GENEL İMALAT

PROGRAMI //

G21;

G90;

G54;

G40;

T01;

F50;

M03 S1500;

G00 X0 Y0 Z2;

// *****DÜZ KONİK DİŞLİ KONSTRÜKSİYON DEĞERLERİ*****//

#91=1.25; (Bu kısımda seçilen parmak freze çakısının yarıçapı girilir)

#0=6; (Bu kısımda düz konik dişlinin modülü girilir)

#1=10; (Bu kısımda pinyon düz konik dişlinin diş sayısı girilir)

#2=20; (Bu kısımda çark düz konik dişlinin diş sayısı girilir)

#3=20; (Bu kısımda düz konik dişlinin basınç açısı girilir)

#6=0.25; (Bu kısımda evolvent eğrisinin işleme hassasiyeti girilir)

#33=0.05; (Bu kısımda eşdeğer düz dişlilerin dağılım hassasiyeti girilir)

#40=90; (Bu kısımda düz konik dişli konum açısı ($\delta_1 + \delta_2$) girilir)

//*****//

#4=SİN#3;

#5=COS#3;

#8=#2/#1;

#9=SİN#40;

#10=COS#40;

#11=#8+#10;

//#7=ANG#9/#11; (Pinyon imalatı için bu satır devreye alınır)

//#7=ANG#11/#9; (Çark imalatı için bu satır devreye alınır)

#7=#40-#7;

//#1=#2; (Çark imalatı için bu satır devreye alınır)

#8=SİN#7;

#9=COS#7;

#40=2*#8;

#10=#0*#1/#40;

#11=#10/3;

#12=#0*#1/2;

#13=#12/#9;

#14=#13*#5;

#15=#13+#0;

#44=#15-2.166666667*#0;

M71 N#44>#14 M72 N185;

N41#16=#15*#15-#14*#14;

#17=SQR#16;

#18=ANG#14/#17;

#19=SİN#18;

#20=COS#18;

#21=#19/#20-#18*0.017460317;

#22=#21*57.27272727;

#23=#4/#5-#3*0.017460317;

#24=#23*57.27272727;

#25=#0*1.571428571/#12;

#26=#25*57.27272727;

#27=#26-2*#22+2*#24;

#28=#26+2*#24;

#29=2*#26;

#31=2.333333333*#8;

#32=ANG#31/#1;

#34=COS#32;

#35=2*#8;

#36=ANG#35/#1;

#38=COS#36;

#39=#7-#32;

#41=COS#39;

#30=#0-2*#11*#8/#1;

#42=#30*#8*2.166666667;

#43=#11/#33;

#59=#18/#6;

#53=#11;

#60=0;

#98=0;

M73 N#43;

#44=#0-2*#11*#8/#1;

#45=0.5*#44*#1/#9;

#46=#45*#5;

#47=#45+#44;

#48=#47-2.166666667*#44;

M71 N#48>#46 M72 N187;

N85#49=#46*#9;

#50=#48*#9;

#51=#46-#48;

#52=#51*#8;

#54=#53-#11;

#55=#54/#34;

#56=#55*#41;

#57=#56+#42;

#58=#57-#52;

#92=#50+#91;

#93=#91/#92;

#94=#93*57.27272727;

G00 X#92 Y-#91;

G01 Z-#57;

M73 N#1;

M73 N#59+13;

```
#61=SIN#60;
#62=COS#60;
#63=#61/#62-#60*0.017460317;
#64=#63*57.27272727;
#65=#64+#98;
#66=SIN#65;
#67=COS#65;
#68=#46/#62;
#69=#68-#46;
#70=#69*#8;
#72=#68*#9;
#71=#58-#70;
#95=#60+#64+#98;
#96=COS#95;
#97=SIN#95;
#73=#72*#67+#91*#97;
#74=#72*#66-#91*#96;
G01 X#73 Y#74 Z-#71;
#60=#60+#6;
M74;
#71=#57-#44*#8*2.1667;
G01 Z-#71+2;
#78=#98;
#95=COS#78;
```

```
#96=SIN#78;  
#90=#47*#9+#91;  
#97=#90*#95;  
#99=#90*#96;  
G00 X#97 Y#99;  
G01 Z-#71;  
#75=#27+#22+#98;  
#76=SIN#75;  
#77=COS#75;  
#78=#47*#9+#91;  
#79=#78*#77;  
#80=#78*#76;  
G03 X#79 Y#80 Z-#71 R#78;  
#60=#18;  
M73 N#59;  
#61=SIN#60;  
#62=COS#60;  
#63=#61/#62-#60*0.017460317;  
#65=#63*57.27272727;  
#66=#22-#65;  
#95=#60-#27-#22-#66-#98;  
#96=COS#95;  
#97=SIN#95;  
#67=#27+#22+#66+#98;
```

#68=SIN#67;

#69=COS#67;

#70=#46/#62;

#37=#47-#70;

#72=#37*#8;

#74=#70*#9;

#73=-#71-#72;

#75=#74*#69+#91*#97;

#76=#74*#68+#91*#96;

G01 X#75 Y#76 Z#73;

#60=#60-#6;

M74;

#81=#28+#98+#94;

#82=SIN#81;

#83=COS#81;

#84=#92*#83;

#85=#92*#82;

G01 X#84 Y#85 Z-#57;

#86=#29+#98-#94;

#87=SIN#86;

#88=COS#86;

#89=#92*#88;

#90=#92*#87;

G03 X#89 Y#90 Z-#57 R#50;

#60=0;

#98=#29+#98;

M74;

#11=#11-#33;

G01 Z2;

G00 X0 Y0;

M74;

G28;

M30;

N 185#14=#44+2*#91;

M72 N41;

N187#46=#48+2*#91;

M72 N85;

// EKSENLER ARASI AÇISI $\delta > 90^\circ$ DEN BÜYÜK VE $\delta_1, \delta_2 < 90^\circ$ OLAN PROFİL

KAYDIRMASIZ, PİNYON VE ÇARK DÜZ KONİK DİŞLİLER

İÇİN GENEL İMALAT PROGRAMI //

G21;

G90;

G54;

G40;

T01;

F50;

M03 S1500;

G00 X0 Y0 Z2;

// *****DÜZ KONİK DİŞLİ KONSTRÜKSİYON DEĞERLERİ*****//

#91=1.25; (Bu kısımda seçilen parmak freze çakısının yarıçapı girilir)

#0=6; (Bu kısımda düz konik dişlinin modülü girilir)

#1=15; (Bu kısımda pinyon düz konik dişlinin diş sayısı girilir)

#2=20; (Bu kısımda çark düz konik dişlinin diş sayısı girilir)

#3=20; (Bu kısımda düz konik dişlinin basınç açısı girilir)

#6=0.25; (Bu kısımda evolvent eğrisinin işleme hassasiyeti girilir)

#33=0.05; (Bu kısımda eşdeğer düz dişlilerin dağılım hassasiyeti girilir)

#40=100; (Bu kısımda düz konik dişli konum açısı ($\delta_1 + \delta_2$) girilir)

//*****//

#40=#40-90;

#4=SİN#3;

#5=COS#3;

#8=#2/#1;

//9=COS#40;

#10=SİN#40;

//11=#8-#10;

//#7=ANG#11/#9; (Pinyon imalatı için bu satır devreye alınır)

//#7=ANG#9/#11; (Çark imalatı için bu satır devreye alınır)

//#7=#40+#7; (Çark imalatı için bu satır devreye alınır)

//#1=#2; (Çark imalatı için bu satır devreye alınır)

//8=SİN#7;

#9=COS#7;

#40=2*#8;

#10=#0*#1/#40;

#11=#10/3;

#12=#0*#1/2;

#13=#12/#9;

#14=#13*#5;

#15=#13+#0;

#44=#15-2.166666667*#0;

M71 N#44>#14 M72 N185;

N41#16=#15*#15-#14*#14;

#17=SQR#16;

#18=ANG#14/#17;

#19=SİN#18;

#20=COS#18;

#21=#19/#20-#18*0.017460317;

#22=#21*57.27272727;

#23=#4/#5-#3*0.017460317;

#24=#23*57.27272727;

#25=#0*1.571428571/#12;

#26=#25*57.27272727;

#27=#26-2*#22+2*#24;

//28-//26+2*//24;

#29=2*#26;

#31=2.333333333*#8;

#32=ANG#31/#1;

#34=COS#32;

#35=2*#8;

#36=ANG#35/#1;

#38=COS#36;

#39=#7-#32;

#41=COS#39;

#30=#0-2*#11*#8/#1;

#42=#30*#8*2.166666667;

#43=#11/#33;

#59=#18/#6;

#53=#11;

#60=0;

#98=0;

M73 N#43;

#44=#0-2*#11*#8/#1;

#45=0.5*#44*#1/#9;

#46=#45*#5;

#47=#45+#44;

#48=#47-2.166666667*#44;

M71 N#48>#46 M72 N187;

N85#49=#46*#9;

#50=#48*#9;

#51=#46-#48;

#52=#51*#8;

#54=#53-#11;

#55=#54/#34;

#56=#55*#41;

#57=#56+#42;

#58=#57-#52;

#92=#50+ #91;

#93=#91/#92;

#94=#93*57.27272727;

G00 X#92 Y-#91;

G01 Z-#57;

M73 N#1;

M73 N#59+13;

#61=SIN#60;

#62=COS#60;
#63=#61/#62-#60*0.017460317;
#64=#63*57.27272727;
#65=#64+#98;
#66=SIN#65;
#67=COS#65;
#68=#46/#62;
#69=#68-#46;
#70=#69*#8;
#72=#68*#9;
#71=#58-#70;
#95=#60+#64+#98;
#96=COS#95;
#97=SIN#95;
#73=#72*#67+#91*#97;
#74=#72*#66-#91*#96;
G01 X#73 Y#74 Z-#71;
#60=#60+#6;
M74;
#71=#57-#44*#8*2.1667;
G01 Z-#71+2;
#78=#98;
#95=COS#78;
#96=SIN#78;

#90=#47*#9+#91;

#97=#90*#95;

#99=#90*#96;

G00 X#97 Y#99;

G01 Z-#71;

#75=#27+#22+#98;

#76=SIN#75;

#77=COS#75;

#78=#47*#9+#91;

#79=#78*#77;

#80=#78*#76;

G03 X#79 Y#80 Z-#71 R#78;

#60=#18;

M73 N#59;

#61=SIN#60;

#62=COS#60;

#63=#61/#62-#60*0.017460317;

#65=#63*57.27272727;

#66=#22-#65;

#95=#60-#27-#22-#66-#98;

#96=COS#95;

#97=SIN#95;

#67=#27+#22+#66+#98;

#68=SIN#67;

#69=COS#67;

#70=#46/#62;

#37=#47-#70;

#72=#37*#8;

#74=#70*#9;

#73=-#71-#72;

#75=#74*#69+#91*#97;

#76=#74*#68+#91*#96;

G01 X#75 Y#76 Z#73;

#60=#60-#6;

M74;

#81=#28+#98+#94;

#82=SIN#81;

#83=COS#81;

#84=#92*#83;

#85=#92*#82;

G01 X#84 Y#85 Z-#57;

#86=#29+#98-#94;

#87=SIN#86;

#88=COS#86;

#89=#92*#88;

#90=#92*#87;

G03 X#89 Y#90 Z-#57 R#50;

#60=0;

#98=#29+#98;

M74;

#11=#11-#33;

G01 Z2;

G00 X0 Y0;

M74;

G28;

M30;

N 185#14=#44+2*#91;

M72 N41;

N187#46=#48+2*#91;

M72 N85;

EK 3

Yukarıda hazırlanan düz konik dişli genel CNC imalat programları döngülü olduğu için, tezgahı herhangi bir nedenle durdurmak gerekli olduğu zaman, programın kaldığı yerden başlayabilmesi için aşağıdaki işlemlerin yapılması gereklidir.

Bunun için, ilk önce bir kumpas yardımı ile düz konik dişlinin işlendiği son yükseklik ($h_0 + h_{0n}$) ölçülür, ölçülen bu yükseklik değerinden;

N10 #56=Kumpasla ölçülen yükseklik-#42(h_0 çakının ilk referans yüksekliği);

N20 #55=#56/Cos N ;

N30 #54=#55*Cos ε ;

N40 #11=b uzunluğunun ilk değeri-#54;

değerleri elle hesaplanır. Hesaplanan bu değerlere göre, program içinde aşağıdaki değişiklikler yapılır;

N50 // #11=#10/3; satırı programda iptal edilir.

N60 #11=b uzunluğunun ilk değeri-#54; değeri yazılır (bu satır her defasında değiştirilir).

N70 // #42=#30*#8*13/6; satırı programda iptal edilir.

N80 #42= h_0 ilk referans yüksekliği programda yazılır (bu değer sabittir 3.387mm gibi).

N90 // #53=#11; satırı da programda iptal edilir.

N100 #53=b uzunluğunun ilk değeri programda yazılır.

Bu düzenlemeler yapıldıktan sonra, tezgahın durdurulması halinde, sadece yukarıdaki N10-N40 arasındaki işlemler elle yapılır ve bulunan yeni #11 değeri, N60 numaralı satırda bir önceki #11 değeri silinerek, programda yerine yazılır. Bu düzenleme ile program her defasında kaldığı yerden başlayarak dişli imalatına devam eder.