2010 Ağustos

www.guven-kutay.ch

DİŞLİ ÇARKLAR

ÜRETİM ve KONSTRÜKSİYON

12-05

M. Güven KUTAY

Sevgili eşim

FİSUN ' a

ÖNSÖZ

Bir konuyu bilmek demek, onu eldeki imkanlara göre kullanabilmek demektir. Dişliler konusunu bilmek, dişli üretip kullanabilmek demektir.

Bu belgelerde;

- dişli ve dişli redüktörlerini fonksiyonlarına göre hesaplayıp üretmek için gerekli bütün bilgiler detaylı anlatılmış,
- dişli hesap örnekleri, üretim için gerekli teknik resimler verilmiş,
- dişli imalat ve konstruksiyon esasları anlatılmış,
- Oldukça detaylı teorinin yanında uygulamada kullanılan değerler, tablolar ve diyagramlar verilmiştir.

Çok yönlü ve detaylı çözüm örnekleri uygulamada yardımcı olacaktır. Bütün kullanılan literatürün dökümü, gereğinde dahada etraflı bilgi edinmek için, belgenin sonunda verilmiştir. Ayrıca belgenin sonunda konu indeksi verilerek, aranılan konunun bulunması kolaylaştırılmıştır.

Bu belgede verilen bilgilere göre hesaplama programlarıda üç dilde Türkçe, Almanca ve İngilizce olarak hazırlanmış ve "Programlar" kısmında excel programı olarak verilmiştir. Programları istediğiniz dilde kullanıp bütün hesapları yaptıktan sonra, bir tek emir ile istediğiniz dile çevirme imkanınız vardır. Umarım ki bu programlar uygulamada yardımcı olur.

Bu arada çok az imkanlarla ve büyük çabalarla Türkçe teknik literatüre bu konuda kazandırdıkları kitaplar için sayın ***Şefik OKDAY***' ı ve diğer kişileri, saygıyla anar, Türk makina mühendislerinin pratikte önderliğini yapıp bir çok genç mühendise yol gösteren sayın ağabeyimiz merhum Dr. Müh. ***Dündar ARF*** ve bütün mühendislere teşekkür etmeyi borç bilirim.

İsviçrede, ***MAAG AG*** ve ***Reishauer AG*** firmalarına arşivlerinden ve teknik yayınlarından istediğim çok değerli bilgileri belgelerime aktarma müsadesi verdikleri için teşekkürlerimi sunarım.

Bu belgede iyi, kötü veya eksik bulduğunuz konuları ve bilgileri bildirirseniz çok sevinirim.

Hepinize mutlu ve başarılı günler dileğiyle...

İsviçre, Baden 2010

M. Güven KUTAY

DİKKAT:

Bu belgedeki bilgiler iyi niyet, büyük dikkat ve çabayla son teknik bilgilere göre hazırlanmıştır. Ben ve **MAAG AG** firması ile **REISHAUER** AG firmaları bu belgedeki bilgilerin kullanılmasından ötürü oluşacak zarar ve ziyan için hiç bir şekilde maddi, manevi ve hukuki sorumluluk taşımıyacağımızı belirtirim. Bu belgedeki verileri kullanan kişi, verilerin kullanıldığı yerdeki özel şartlara uygun olup olmadığına kendisi karar vermelidir. Verileri kullanan kişi genel kapsamlı metotları özel problere uygulamayı kontrol edip verileri titizlikle kullanmalıdır. Çok özel hallerde, ya imalatcıdan edinilen veya özel deneyler sonucu elde edilen değerlerle hesabın yapılması gereklidir.

M. Güven KUTAY

İÇİNDEKİLER

1 Dişli çarkların üretimi ve reddüktörlerin konstruksiyonu 5
1.1 Dişli çarklara şekil verme 5
1.1.1 Yuvarlanma metodu 5
1.1.1.1 MAAG sistemi 6
1.1.1.1.1 Özellikleri 7
1.1.1.1.2 Çalışma yöntemleri 8
1.1.1.2 Dişli çark şeklindeki kesici bıçakla diş açma (FELLOW sistemi), ... 9
1.1.1.3 Azdırma sistemi 11
1.1.2 Doğrudan doğruya dökülerek üretilen dişliler 13
1.1.3 Modül frezeleri ile üretilen dişliler 13
1.1.4 Diğer metotlar 14
1.1.4.1 Şablona göre diş açma 14
1.1.4.2 Haddeleme veya ovalama ile diş açma 14
1.1.4.3 Zımbalama metodu ile diş açma 14
1.1.5 Püskürtme döküm metodu 14
1.1.6 Sinterleme metodu 15
1.1.6.1 Broşlama metodu 15
1.2 Diş yanaklarının istenilen hassaslıkta işlenmesi 15
1.2.1 Diş yanaklarının taşlanması 15
1.2.1.1 Yuvarlanma metoduyla taşlama 16
1.2.1.1.1 Dairesel taşla taşlama 16
1.2.1.1.2 Sonsuz vida biçimindeki taşla taşlama 17
1.2.1.2 Form taşıyla taşlama 17
1.2.2 Diş yanaklarının raspalanması 18
1.3 Dişli redüktörlerin yağlanması 19
1.4 Silindirik dişli çark gövdeleri 24
1.4.1 Dolu malzemeden dişli çark gövdesi 24
1.4.2 Dövme malzemeden dişli çark gövdesi 24
1.4.3 Döküm malzemeden dişli çark gövdesi 25
1.4.4 Kaynak konstruksiyon dişli çark gövdesi 27
1.4.5 Karışık konstruksiyonlu dişli çark gövdesi 28
1.5 Konik dişli çark gövdeleri 29
1.6 Salyangoz dişli ve salyangoz dişli çark gövdeleri 30
1.7 Redüktörler ve redüktör kutuları 31
1.7.1 Silindirik alın dişlileri 31
1.7.2 Konik dişli redüktör 35
1.7.3 Özet 35
2 Kaynaklar 36
2.1 Literatür 36
2.2 Standartlar 38
3 Konu İndeksi 39

1 Dişli çarkların üretimi ve reddüktörlerin konstruksiyonu

Dişli çarkların üretimleri kullanış yerine, seçilecek malzemeye veya eldeki tezgahın olanaklarına göre değişir. Gerek imal şekli gerekse malzemesi seçilirken şu özellikler göz önünde tutulur:

- **Ucuz üretim,**
- **Sessiz ve düzgün çalışma,**
- **Uzun dayanma süresi.**

Bu özelliklere çeşitli üretim şekilleriyle ulaşılır. Dişli çark üretimi başlı başına geniş bir bilim dalıdır. Burada çeşitli üretim şekilleri gösterilip, önemli olanlara detaylı bilgi verilip fazla yer ayrılacak, diğer üretim usullerine kısaca değinilecektir.

1.1 Dişli çarklara şekil verme

Dişli çarklara şekil verme aşağıda gösterilen metotlarla üretilirler:

1. **Yuvarlanma metodu,**
2. **Doğrudan doğruya döküm,**
3. **Modül frezeleri ile ,**
4. **Şablona göre diş açma,**
5. **Haddeleme veya ovalama ile,**
6. **Zımbalama ile,**
7. **Püskürtme döküm ile,**
8. **Sinterleme metodu ile,**
9. **Broşlama metodu ile.**

Bu metotlardan ilk üçü dişli üretiminde en fazla karşılanan üretim şekilleridir. Burada bu ilk üç metodu biraz geniş anlatacağız. Diğerlerinede kısaca değineceğiz.

1.1.1 Yuvarlanma metodu

Bugün üretilen dişli çarkların hemen hemen hepsi yuvarlanma metoduyla çalışan tezgah-larda yapılırlar. Orta ve büyük boylardaki dişliler başka türlü yapılamadıklarından bu metod büyük önem taşır. Düz ve helis dişli çarkların üretimi için genel olarak şu üç üretim şekli gösterilir:

1. Kremayer şeklindeki kesici bıçakla diş açma (MAAG sistemi),
2. Dişli çark şeklindeki kesici bıçakla diş açma (FELLOW sistemi),
3. Sonsuz vida şeklindeki freze ile diş açma (Azdırma sistemi).

Her biri büyük önem taşıyan bu üç sistemi sırasıyla görelim.

1.1.1.1 MAAG sistemi

Buradaki (*Maag*) işaretli resimler "Maag Gear AG, Zürich/İsviçre" firmasının izniyle MAAG firmasının arşivlerindeki fotoğraflardan veya "Maag Taschenbuch" dan alınmıştır

.

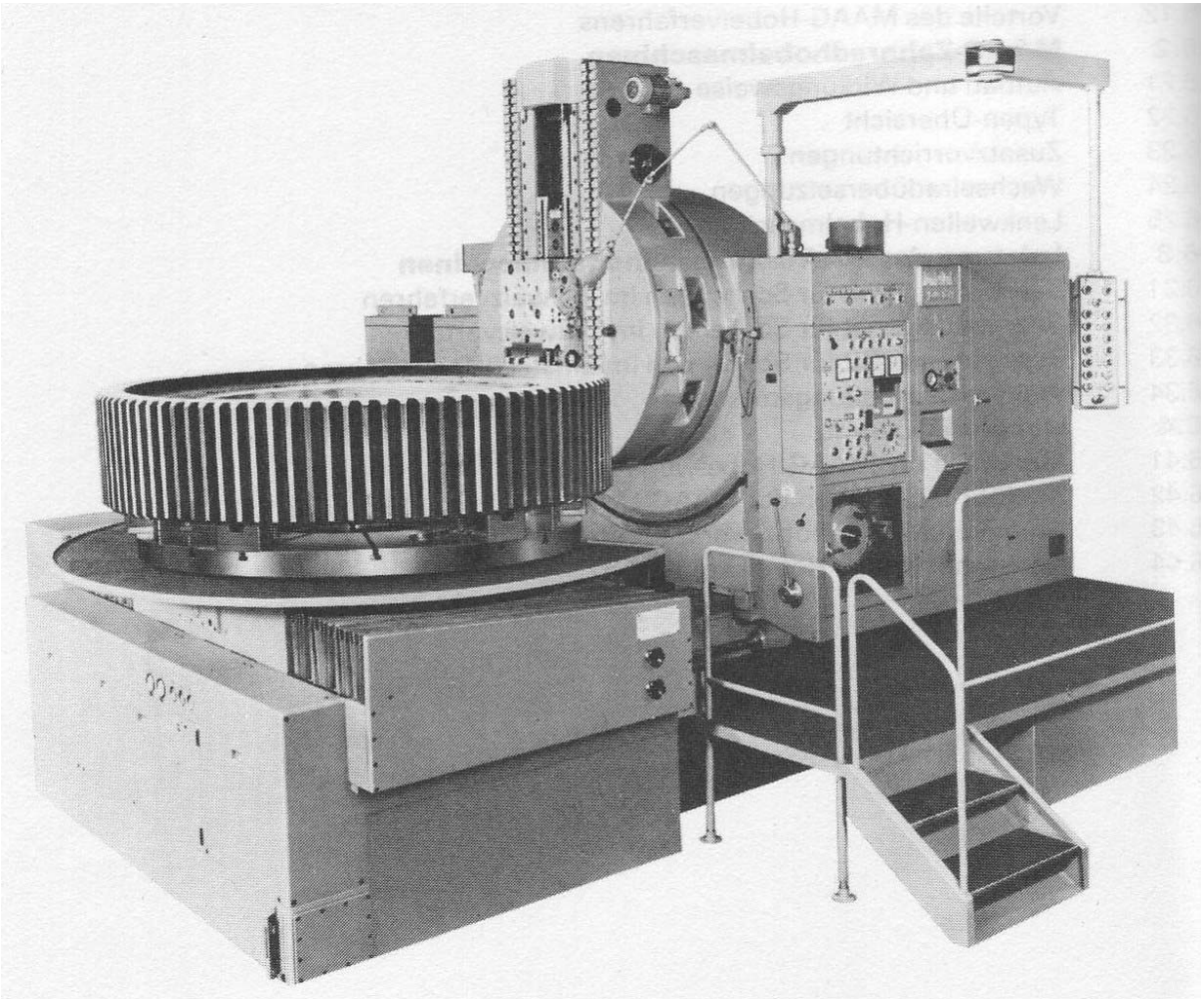


Foto 1.1, Maag diş açma tezgahı, tip: SH.250/300 S (*Maag*)

Foto 1.2, Maag metoduyla ve Maag makinasında dış helis dişli üretimi (*Maag*)

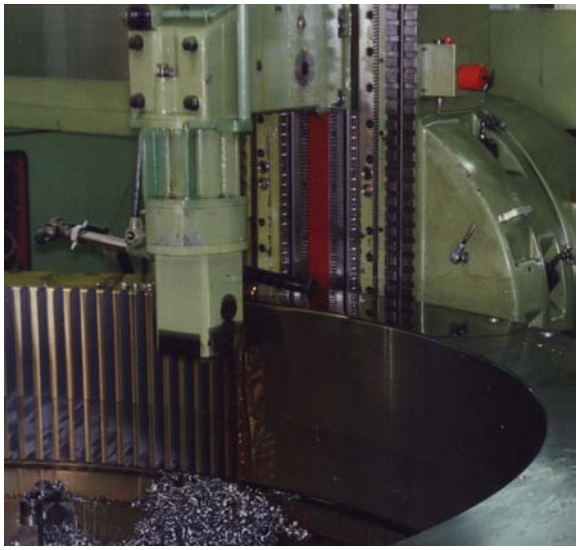
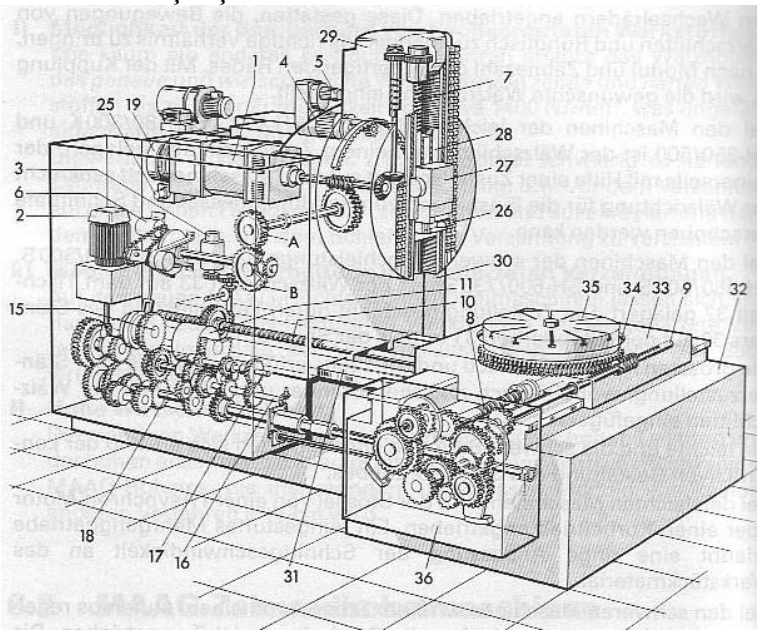


Foto 1.3, Maag metoduyla ve Maag makinasında iç dişli üretimi (*Maag*)

1.1.1.1.1 Özellikleri

Maag diş açma tezgahı ile düz ve helis silindirik dış alın dişlileri, zincir dişlileri, dişli miller ve bunlara benzer profilleri yuvarlanma ve form takımıyla üretilebilinen parçalar üretilirler. Ek takımlada, kremayer dişlileri, düz ve helis silindirik iç dişliler üretilir.

Foto 1.4, Maag tezgahında üretilen dişliler (*Maag*)



Şekil. 1.1, Maag diş açma tezgahının şematik resmi (*Maag*)

Şekil. 1.1 için açıklamalar:

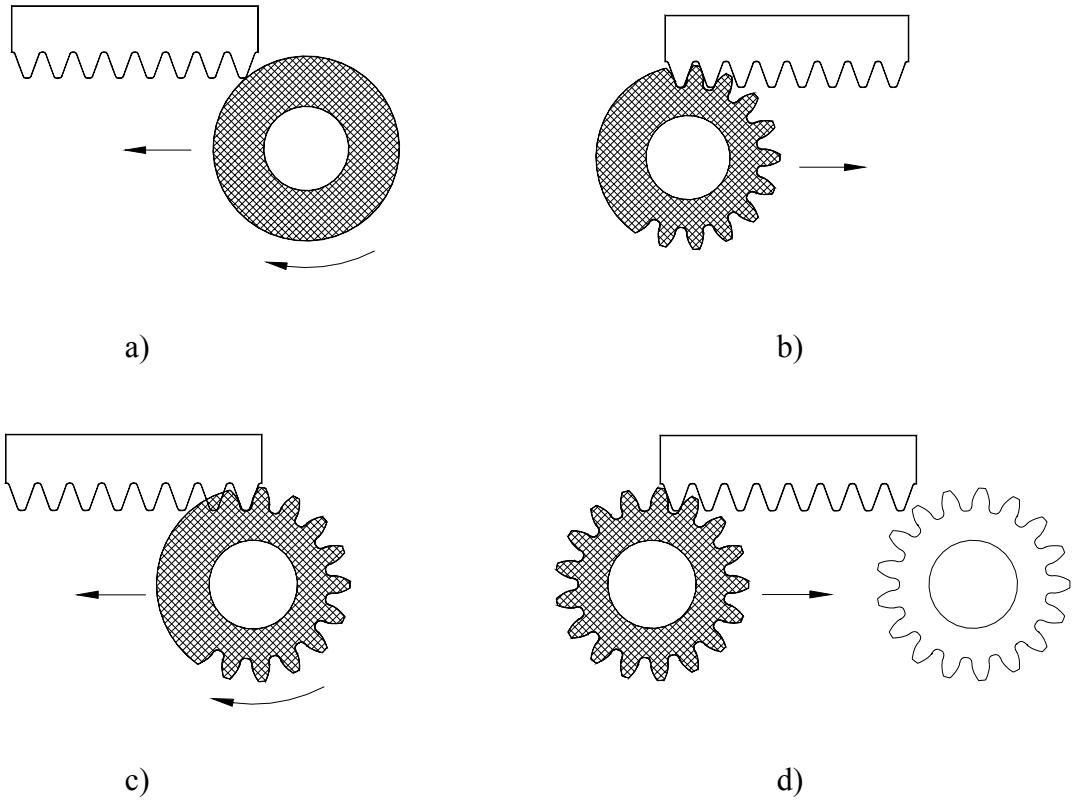
1 Planya hareket motoru	13 Boşluk alma	25 Tahometre jeneratörü
2 Divizör motoru	14 Kaldıraç parçası	26 Takım, diş açma takımı
3 Tezgah hareket motoru	15 Bağlantı mili	27 Takım kapağı
4 Çevirme ana motoru	16 Ana mil	28 İtici
5 Çevirme hassas motoru	17 Ara mili	29 Döner kafa
6 Paso ayar motoru	18 Çift taraflı tahrik mili	30 Kızak
7 Planya için vidalı mil	19 Planya hareket freni	31 Kızak yatağı
8 Modül için vidalı mil	20 Hızlı hareket kavraması	32 Tabla şasisi
9 Salyangoz mil	21 Dönüş yönü kavraması	33 Yuvarlanma kızağı
10 Yatak için vidalı mil	22 Normal hız kavraması	34 Hatve tablası
11 Kumanda tamburu	23 Geçme kavraması	35 Yuvarlak tabla
12 Kumanda diski	24 Açı kotlayan	36 Değiştirilen dişliler kutusu

A_Z, B_Z, C_Z, D_Z Diş sayısı için değiştirilen dişliler
A_M, B_M, C_M, D_M Modül için değiştirilen dişliler
A_I, B_I, C_I, D_I Paso için değiştirilen dişliler

Daha etraflı bilgi için “Maag Gear AG, Zürich/İsviçre” firmasının ya broşürlerine bakınız, veya doğrudan bağlantı kurarark fazla bilgi isteyiniz.

1.1.1.1.2 Çalışma yöntemleri

Şekil. 1.2 de kremayer bıçakla çalışan özel tezgahlarla yuvarlanma metodu ile evolvent profilli dişin nasıl kesildiğini görüyoruz.



Şekil. 1.2, MAAG diş açma sisteminin şematik gösterilmesi (*Maag*)

a) Başlangıç
b) Geri dönüş
c) Tekrar
d) Son ve geri dönüş

Kremayer şeklindeki bıçağın her iki yüzeyi aynı zamanda kestiğinden, dişlerin sağ ve sol profilleri aynı anda oluşmaktadır. Zürich'deki "MAAG" fabrikalarınca geliştirilmiş olan bu diş açma metodu şu şekilde çalışmaktadır. Kremayer şeklindeki kesici bıçak yukarıdan aşağıya bir planya hareketi yapıp tekrar yukarıya çıktıktan, yani kesmekte olduğu dişli çarktan ayrıldıktan sonra, dişli çark ekseni etrafında ufak bir dönüş yapar ve hem de bıçak eksenine paralel olarak bir az ilerler. Sonra bıçak ikinci bir kesme hareketi yapar. Şekil. 1.2 de oklarla canlandırılmış olan bu dönme ve ilerleme hereketleri bir tekerleğin kremayer biçimindaki bir rayın üzerinde yuvarlanma hareketini göstermektedir. Bu dönme ve ilerleme hareketleri ne kadar ufak olurlarsa işlenen dişin yüzeyi de o derece kaliteli olur. Kremayer şeklindeki kesici bıçağın diş sayısı sınırlı olduğundan, tezgah ara sıra otomatik olarak kesme görevine ara verir ve çark dönüş yapmadan bıçağın başlangıç noktasına geri gelir. Sonra bu çalışma hareketleri tekrar eder.

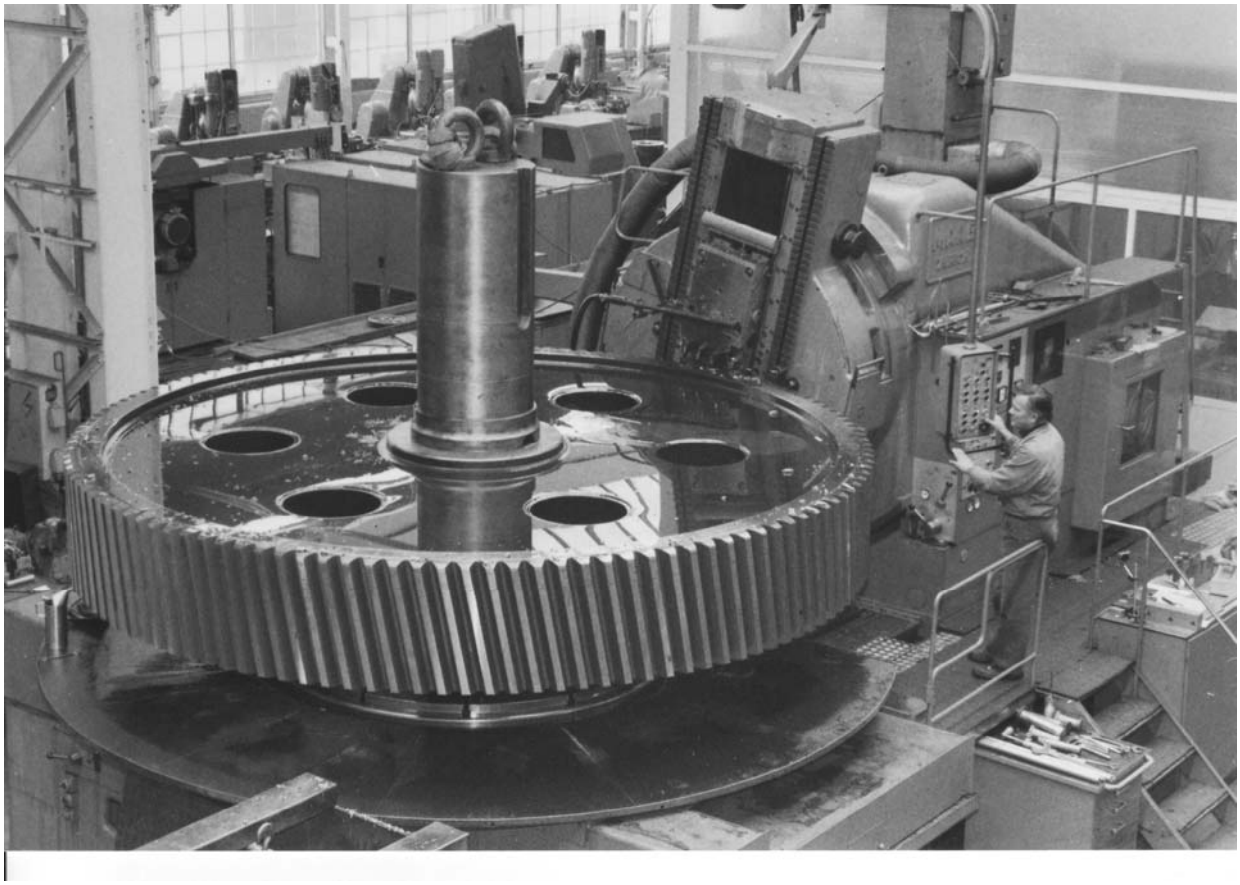
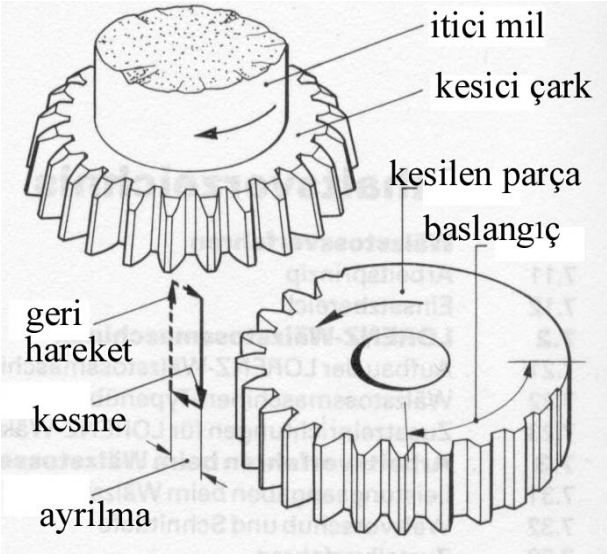
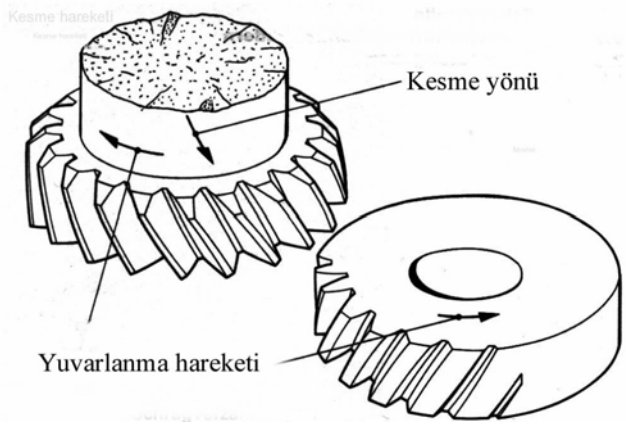


Foto 1.5, MAAG tezgahımda açılan büyük bir helis dişli (*Maag*)

1.1.1.2 Dişli çark şeklindeki kesici bıçakla diş açma (FELLOW sistemi),



Şekil. 1.3, Düz dişli açma (*Maag*)



Şekil. 1.4, Helis dişli açma (*Maag*)

"Fellow sistemi" ile "MAAG sistemi" nin arasındaki fark, Fellow sisteminde MAAG sisteminin kullandığı kremeyer şeklindeki düz bıçak yerine yuvarlak dişli çark şeklindeki (Foto 1.7) bıçakların kullanılmasıdır.

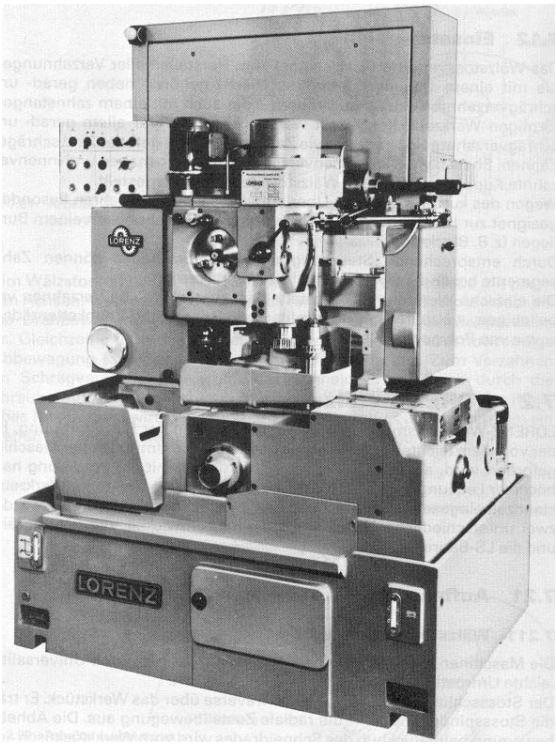
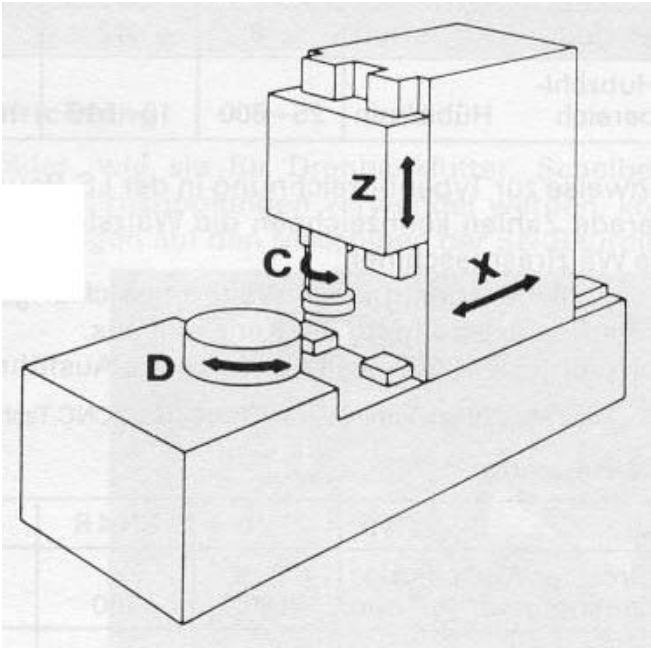


Foto 1.6, FELLOW sistemi ile çalışan LORENZ SN4R (*Maag*)



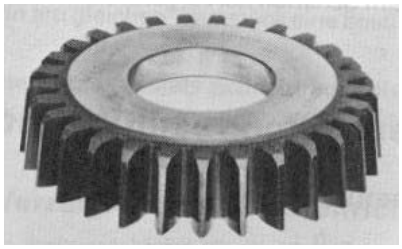
Z = Kesi takımının yukarı aşağı hereketi

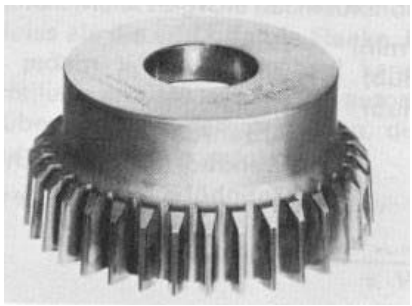
X = Kesi takımının ileri geri hereketi

C = Kesici aletin yuvarlanma hareketi

D = İşlenen parçanın yuvarlanma hareketi

Şekil. 1.5, FELLOW sistemi ile çalışan makinanın şematik anlatımı (*Maag*)





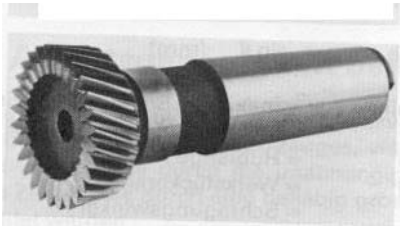


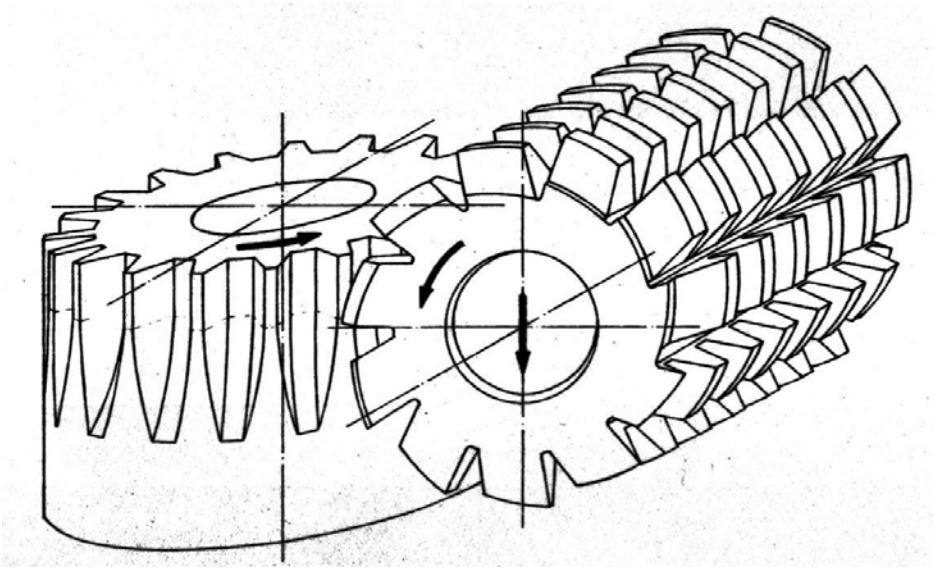
Foto 1.7, FELLOW sistemi için kesici bıçak şekilleri (*Maag*)

Çalışma prensibi Şekil. 1.3, Şekil. 1.4 ve Şekil. 1.5 de gösterilmiş olan Fellow sistemi Birleşik Amerikada çok yaygındır. Şekil. 1.3, Şekil. 1.4 de gördüğümüz bu sistemde kesici bıçak yukarıya boş olarak çıkarken gerek kendisi ve gerek kesilen dişli çark ufak bir dönüş yaparlar, ondan sonra bıçak tekrar keserek aşağıya iner. Fellow tezgahının bıçağı her zaman başka başka dişleri keser. Bundan ötürü kesici çarkları kremayer şeklindeki bıçaklara göre daha çok dayanırlar, ama fiyatları da daha yüksektir. Foto 1.6 da Fellow sistemi ile çalışan LORENZ SN4R dişli kesme tezgahı görüyoruz.

Fellow, tipi kesici bıçaklar konik olduklarından bu bıçaklar imal edilirken tezgah tablası eğik olarak ayarlanır.

1.1.1.3 Azdırma sistemi

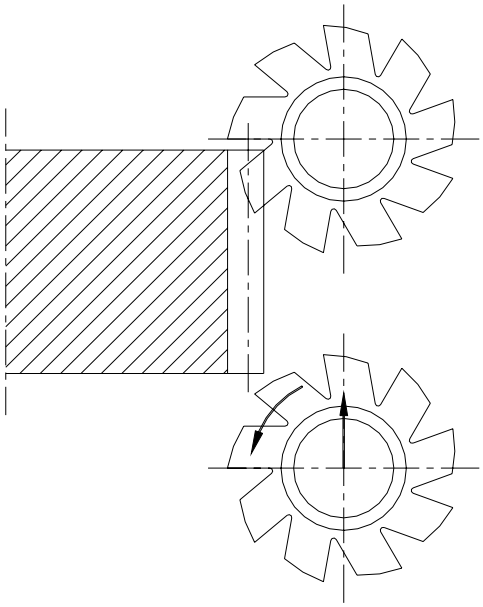
Yuvarlanma metoduna göre diş açan gerek “Maag” ve gerekse “Fellow” tezgahları planya



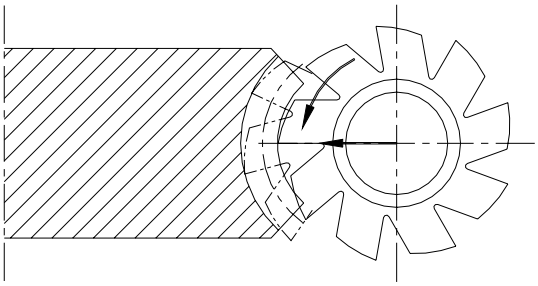
Şekil. 1.6, Azdırma sistemi çalışma prensipi (*Maag*)

hareketi yaparlar; yani aşağıya doğru kesiş hareketinden sonra yukarıya boş bir geri hareke- ti yaparlar. Bu kesik ileri geri hareketi sürekli bir kesme hareketine çevirmek için kesici bıçak sonsuz vida şekline sokularak azdırma frezeleri oluşturulmuştur (Şekil. 1.6).

Şekil. 1.6 de görüldüğü gibi sonsuz vida şeklindeki helisel freze dönmekte ve aynı anda ya-vaş yavaş aşağıya kayarak dişleri kesmektedir. Kesilen çarkta helisel frezenin dönüşüne ayarlanmış olarak beraber döner.
Genel olarak diğer tezgahlarda da olduğu gibi önceden kaba talaş alınıp sonra da ikinci defa keskin bir freze ile ince talaş alınır. Böylece yüksek kaliteli dişliler elde edilir.



Şekil. 1.7, Eksenel frezeleme (*Maag*)

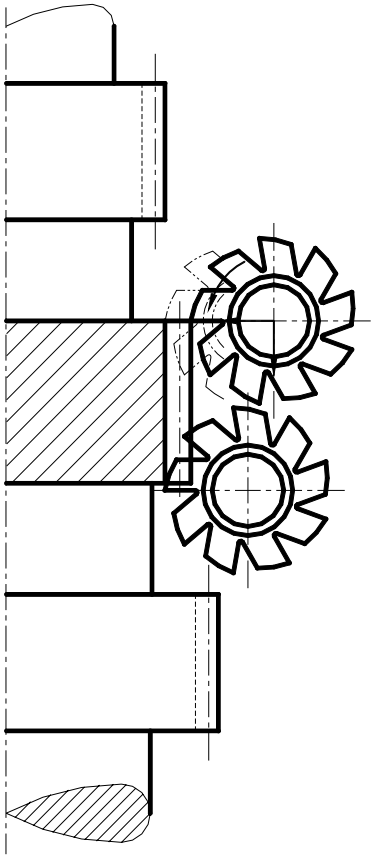


Şekil. 1.8, Radyal frezeleme (*Maag*)

Tek bir dişliyi kesmek için saatlerce, büyük çarklarda günlerce süren çalışmada frezeler fazla yıpranır. Çok yayılmış olan bu sistemin frezeleri pahalıdır. Fellow sisteminde olduğu gibi her modül büyüklüğü için ancak tek bir kesici freze gereklidir.
Bir usta bu tezgahlardan sekiz on tanesini kolaylıkla yalnız başına idare eder. Bu da ekonomik kazançtır.

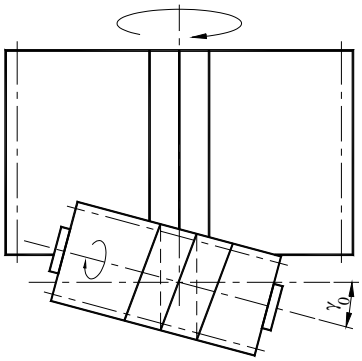
Yuvarlanma metoduyla çalışan diğer sistemlerde de olduğu gibi bir defada üst üste yerleştirilmiş bir kaç dişliçark birden kesilebilir (Şekil. 1.9).

Düz dişli imal etmek için bu sonsuz vida şeklindeki helisel frezelerin dişli tezgahına kendi helis açısı kadar eğik olarak bağlanmaları gerekir. Böylece düz dişli çark elde edilir.

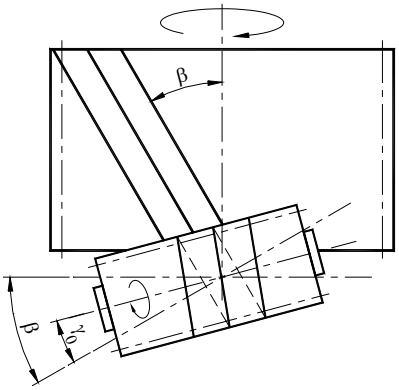


Şekil. 1.9, Radyal-Eksenel frezeleme (*Maag*)

Helisel dişli açmak için, ya frezenin bağlı olduğu malafa tablasındaki taksimat ayarlanır, veya değiştirme dişlileri ile helis açısı ayarlanır. Eğer helis açısı malafa tablasındaki taksimata göre ayarlanacaksa, dişlinin helis yönüne göre frezenin helis açısına frezenin adım açısını eklemek veya çıkarmak gerekir. Frezenin helis açısının değeri frezelerin üzerinde yazılı olup frezeler sol ağızlı ise frezenin helis açısı çıkarılacak yerde eklenir veya eklenecek yerde çıkarılır.



Şekil. 1.10, Düz dişli



Şekil. 1.11, Helis dişli

Düz dişli için işlemek için (Şekil. 1.10) takımın eksenini γ_0 kadar sağa eğmek gereklidir. Şekil. 1.11 de bir helisel dişlinin açılışmı görüyoruz. Sol helis elde etmek için takım eksenini $\beta - \gamma_0$ kadar sola eğmek gereklidir.

Piyasada "azdırma" adı altında tanınan sonsuz vida şeklindeki frezeler tek ağızlı veya bir kaç ağızlı olurlar. Genel olarak kaba talaş kesmek için tek ağızlı, ince talaş kesmek için iki ağızlı sonsuz vida frezeleri kullanılır. Tek ağızlı frezelerle iyi kaliteli dişliler elde edilirler. Bununla beraber daha yüksek verimlerinden dolayı son yıllarda gerek kaba ve gerekse ince talaş için bir kaç ağızlı sonsuz vida frezeleri kullanılmaya başlanmıştır. Genel olarak DIN normlarının tesbit ettiği, kalitesi 8 veya 8 den ufak olan dişli çarkları tek ağızlı sonsuz vida frezesi ile, 8 den daha büyük kalitedekiler ise iki ağızlı sonsuz vida frezeleri ile açılırlar. Çok fazla diş sayısı olan dişli çarkların imalinde 5, hatta 7 ağızlı sonsuz vida frezeleri kullanılabilir. Burada sonsuz vida şeklindeki frezesinin ağız sayısının, diş açılan çarkın diş sayısına tam bölünmemesi sağlanmalıdır. Eğer tam bölünürse sonsuz vida frezesinin aynı dişleri her zaman dişli çarkın aynı dişlerini keser ve bıçaktaki aşınmadan ötürü imalattaki hata artabilir.
Ağızları (adımları) birden fazla olan sonsuz vida frezelerinde şu özelliğe dikkat etmelidir: Tezgahta imal edilebilecek en küçük diş sayısı 8 ise iki ağızlı (adımlı) bir sonsuz vida frezesiyle ancak 16 veya üç ağızlı bir sonsuz vida frezesiyle ancak 24 dişi olan bir çark imal edilebilir. Dişli çarklar frezelendikten sonra raspalanacaklar veya lepleneceklerse, frezeleme sırasında elde edilmiş olan diş biçimi düzgünlüğü önemlidir. Diş yüzeylerindeki kalite raspalanarak yükseltileceğinden önemsizdir. Şekil. 1.6 de sonsuz vida şeklindeki frezenin ilerlemesinin, diş açılacak çarkın eksenine paralel olduğunu görmüştük. Ancak sonsuz vida şeklindeki (azdırma) freze kesmeye başladığı ilk andan dişleri tamamıyla kesinceye kadar bir yol alır. Görüldüğü gibi ilk kesme anından tam kesişe geçinceye kadar frezenin gittiği ilk kesiş yolu hayli uzundur. Bu uzunluk helis dişlilerde daha da artar. Frezenin gittiği yolun büyük kısmı gerçekten boşuna gidilen bir yol olup diş açan tezgahın randımanını düşürür. Bu maksatla frezeyi radyal yönde daldıran tezgahlar yapılmıştır (Şekil. 1.8). Freze ilk olarak diş boyunu meydana getirecek kadar radyal olarak dişli çark taslağına daldırılır, sonra normal şekilde eksene paralel olarak kesmeye devam eder. Görüldüğü gibi frezenin gittiği yol kısadır. Bu metoda göre çalışan tezgahların iş verimi çok daha yüksektir. Ancak daldırmadan ötürü bu tezgahlarda çalışan frezeler daha çabuk körlenirler. Daldırma metodu ile diş açımında frezelerin ortadaki dişleri çarkta daha derine dalmakta, yandaki dişler ise hiç denecek kadar az kesme işi görmektedirler. Böylelikle frezelerin orta dişleri çabuk aşınmaktadırlar. Bu sakıncayı önlemek için çalışma sırasında frezeleri eksen yönünde ilerleyen modern tezgahlar yapılmıştır. Böylelikle sonsuz vida şeklindeki frezelerin ömürleri %50 ile %70 kadar uzatılmıştır.

1.1.2 Doğrudan doğruya dökülerek üretilen dişliler

Yavaş dönen ($v \leq 2$ m/s) dişli çarklarda ve kaba işlerde dökme dişliler hiç işlenmeden kullanılırlar. Örneğin: el vinçleri, tuğla makinaları v.s.
Pasa karşı dayanıklı oluşları açık havada ve bilhassa denizde veya deniz kenarında kullanılmalarında üstünlükleri vardır. Küçük ve orta boylardaki dişli çarklar için tam ölçüde tahta modeller, daha büyükleri için ise ya tahta çark parçaları veya forma makinaları kullanılır. Bunlarda döküm hatasının 0,1 mm geçmemesine dikkat edilmelidir.
Daha hassas kullanılmada veya büyük çarklarda bazen dişler kaba olarak dökülür ve sonra modül frezeleri ile işlenirler.

1.1.3 Modül frezeleri ile üretilen dişliler

Karşılıklı çalışan iki dişli çarkın diş profillerinin resimlerini çizip bunlara göre disk şeklinde form frezeleri yaparak diş açmak mümkündür. Bu şekildeki diş açılışı normal freze tezgahlarında yapılır ve bir diş açıldıktan sonra divizör yardımıyla çark bir diş adımı ileri çevrilir ve ikinci diş açılır.
Bir kademedeki dişli çiftinin küçük dişli çarkının temel dairesi ufak, büyük çarklarınkiler ise büyüktür. Bu sebepten evolvent profilleri de değişik çıkar; küçük çarklarınki çok eğri, büyüklerinki ise az eğridir, bu da ayrı ayrı profilli form frezelerini gerektirir. Ayrı ayrı diş sayılardaki dişliler için

ayrı ayrı modül frezeleri yapmak imkansız olduğundan ancak belirli diş sayısındaki dişli çarklar için modül frezeleri yapılmıştır. Burada üretilen dişlilerin çoğu hatalı olacakdır. Bu nedenle hızlı dönen dişliler için kullanılamazlar. Bu nedenle bir ara çok yayılmış olan bu diş açma sistemi artık kullanılmamaktadır.
Silindirik form frezeleri de vardır. Bunlar parmak frezelerini andırırlar. Bunlarla açılan düz veya helis dişliler çok düzgün ve hatasızdır. Bu frezelerde sıra numaralı ve takım halinde hazırlanırlar. Ancak çok küçük olan ve kesici ağız sayısı az olan bu dişliler çabuk ısınırlar, aşınıp formlarını kaybederler. Bu sebeplerle bunlar ancak özel üretimde kullanılırlar.

1.1.4 Diğer metotlar

Büyük güçleri ileten dişli çarklar az önce anlattığımız metodlarla imal edilirler. Ancak ufak ve hiç denecek kadar küçük güçleri ileten dişli çarkların imal edildikleri bir çok başka metodlar vardır.

1.1.4.1 Şablona göre diş açma

Şablona göre diş açan tezgahlar genelde özellik taşıyan konik dişli imalinde kullanırlardı. Yuvarlanma metoduna göre diş açan tezgahlar ve metodlar geliştikten sonra (Kilingelnberg) bunlar önemlerini kaybettiler. Bu sistemle imalat basit olduğundan ve yerel olarak üniversal tezgahlarla yapılabileceklerinden, konik dişli imali problemleri ile karşılaşan ufak ve orta çaptaki imalatçıları tarafından kullanılırlar. Çalışma sistemleri kopya freze sistemidir.

1.1.4.2 Haddeleme veya ovalama ile diş açma

Dolu malzemeden ovalama metoduyla çeşitli vida ve cıvataların imalinde alınmış olan iyi sonuç, aynı metotla dişli çarkların imal edilmesine yol açmıştır. Büyük serilerle imal edilen otomobil dişlerinde haddeleme ile imalata ilk olarak başlanmıştır. Sistem cıvata imalinin aynıdır.

1.1.4.3 Zımbalama metodu ile diş açma

Zımbalanarak dişli çark imalı, saat, sayaç, aparat oyancak v. b. gibi çok küçük güçler ileten dişliler için uygulanır. Oldukça ince saçlardan kesilerek elde edilen bu dişliler kesici kalıbın hassaslığına göre hayli düzgün yapılabilirler. Kesici kalıbın imalinin çok pahalı olması yüzünden ancak büyük seriler şeklinde yapılırlar.

1.1.5 Püskürtme döküm metodu

Püskürtmeli dökümle dişli çark imali ufak güçler ileten ve büyük serilerle imal edilen sayaç, aparat ve benzeri yerlerde uygulanırlar. Bunlar ısıtılarak madeni kalıplara basınçla püskürtülürler ve kalıpta çok kısa bir sürede soğurlar. Soğurken büzülme paylarını da hesaplamak ve kalıpları ona göre boyutlandırmak gereklidir. Püskürtmeli dökümle imal edilen çarkların, döküm sırasında milin kalıba yerleştirilmesiyle, mil ile dişli çarkın birbirine bağlı olarak dökülmesi sağlanır.

Plastik dişliler de genel olarak püskürtmeli dökümle imal edilirler. 1000 den ufak serilerde hazır kalıp elde yoksa, dişli taslakları dolu plastik çubuklardan kesilirler ve yuvarlanma metoduyla imal edilirler. Alüminyum gibi hafif metaller için hazırlanmış frezelerle kesilirler. Büyük serilerle imal edilen plastik dişliler kalıba püskürtülerek yapılırlar. Plastik malzemesinin fazla elastikliğinden ötürü büyükce yüklerde plastik dişler eğilir ve sanki diş bölümü hatalı yapılmış gibi hatalı görünürler. Bunu önlemek için diş başları uygun gekilde yuvarlatılmalıdır. Hesaplamak için dişli çark imaline uygun malzeme yapan fabrikalar özel formüller verirler. Kalıbın hazırlanması sırasında bunlara baş vurmakta fayda vardır.
Almanyadaki “Badische Analin- und Soda-Fabrik” in verdiği bilgiye göre modülü 10 mm olan

dişlilere elverişli plastikler vardır.
Püskürtmeli dökümde et kalmlığı ince olan parçalar dökülebilir (s = 0,4...1 mm gibi). Böylelikle m = 0,2 modüllü dişliler püskürtme ile imal edilebilir.
Et kalınlığının üst sınırı s =15 mm dir. Püskürtme ile daha kalın parçalar da dökülebilir, ancak bunların soğuması için uzun zaman kalıpta bekletmek gereklidir.

1.1.6 Sinterleme metodu

Sinterleme ile diş imali için toz şeklindeki çelik, özel preslerde dişli kalıbına preslenerek sinterlenir ve dişli elde edilir. Elde edilen dişliler bir az gözenekli, fakat sağlamdırlar. Bu dişliler ince mekanikte kullanılırlar.

1.1.6.1 Broşlama metodu

Broşlama ile dişli imalinde genel olarak uzun bir çubuk (broş) kullanılır. Bu çubuğun üzerinde arka arkaya yerleştirilmiş bıçaklar vardır. Bıçaklar kademeli bir şekilde işlenmişlerdir ve çubuğun bir çekilişinde dişli imal edilmiş olur. Birleşik Amerikada büyük serilerde dişli imalinde kullanılan bu metodun "boşaltma" çubukları çok pahalıdır. İç dişliye giren boşaltma çubuğunun kesici orta kısmı üç kısma ayrılır: Kaba talaş, ince talaş ve kalibreleme kısmı. Kesici orta kısımdan evvelki kısım silindiriktir ve bu kısım boşaltma çubuğunu kılavuzlayarak merkezler. Kesici orta kısmın sonunda da tam profilli bir kılavuz bulunur; bunun görevi son kesişte merkezlemeyi sağlamakdır.

5...8 µm yüzey kaliteli dişli imal edilebilen boşaltma metodu ile normal olarak 6 ... 80 mm çapındaki dişliler gayet kolay imal edilir. Bu tezgahların 200 mm çapına kadar dişli imal edenleri vardır. Boşaltma ile dişli imal eden tezgahlar az yapıldığından ve kesici boşaltma takımının çok pahalı oluşundan, imalattaki büyük randımanlarına rağmen bunlar fazla yayılmamışlardır.

1.2 Diş yanaklarının istenilen hassaslıkta işlenmesi

Dişliler imal edilirken diş profilleri önce kaba olarak frezelenir ve arkasından ikinci bir defa imalat ölçülerine uyan bir takımla ince olarak frezelenip tam ölçüsüne getirilmek istenir. Ancak bu şekilde imal edilmiş dişliler istenilen ölçülere tam getirilemez. Bu şekilde üretilen dişlilerde istenilen ölçülere göre sapmalar vardır. Bu sapmaları azaltmak ve dişlilerin daha düzgün olarak çalışmasını sağlamak için bir çok önlemler alınır. Bu önlemleri şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Diş yanaklarının taşlanması
2. Diş yanaklarının raspalanması
3. Diş yanaklarının leplenmesi
4. Diş yanaklarının ovalanması
5. Diş yanaklarının alıştırılması

Dişlilerin alıştırılması, leplenmesi ve ovalanması hemen hemen hiç kullanılmadığından burada detaylı ele alınmayacaklardır.

1.2.1 Diş yanaklarının taşlanması

Dişlilerin taşlanması ile dişlerdeki sapmalar küçük değerlere indirilip, kabul edilen tolerans sınırlarında parça imal edilmiş olur. Böylelikle parçanın diş yanak yüzeyi dahil kalitesi de yükseltilmiş olur.

Taşlama genel olarak sapmaları minimuma indirmek, sertleştirilme sonucu ortaya çıkan çekmeleri düzeltmek ve yüzey kalitesini yükseltmek için uygulanır. Bunun için taşlanacak dişli çarklarda taşlama payı bırakılır. Bu genel olarak 0,05 ... 0,2 mm arasındadır.
Taşlama payı seçilirken, dişlinin sertleştirme derinliği göz önüne alınarak, taşlamadan ötürü sertleştirilmiş tabakanın zarar görmemesi sağlanır.

En çok kullanılan iki taşlama sistemi vardır.

1. Yuvarlanma metoduyla taşlama
2. Form taşıyla taşlama

1.2.1.1 Yuvarlanma metoduyla taşlama

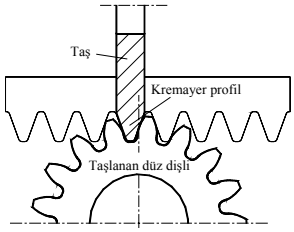
Yuvarlanma metoduna göre taşlama iki usulle yapılır:

a) Dairesel taşla taşlama,
b) Sonsuz vida biçimindeki taşla taşlama.

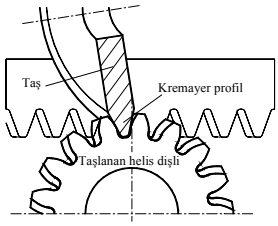
1.2.1.1.1 Dairesel taşla taşlama

Yuvarlanma metoduna göre taşlama azdırma usulu diş açma prensibine benzer. Taşın profili kremayer dişli gibidir ve taşlanacak dişli çark üzerinde yuvarlanır. Taşlama işlemi sırasında taş taşlanan dişliye göre şu üç hareketi yapar:

1) kendi ekseni etrafında döner,
2) dişlinin dönüş hareketine teğet hareket yapar,
3) dişli eksenine paralel hareket eder.



Şekil. 1.12, Düz dişli



Şekil. 1.13, Helis dişli

Bu üç hareket Şekil. 1.12 ve Şekil. 1.13 de taşlanan dişli çark, çarkın yuvarlandığı kremayer ve kremayer profilli taş, taşın ve dişlinin hareketleri görülebilir.

Dairesel taşlarla taşlanma sırasında nisbeten ufak olan taşlar aşınırlar; bunlar çalışma sırasında düzeltilmedikleri takdirde taşlanan dişliler hatalı olurlar. Bunu önlemek için yeterli bir zaman aralığında taşların profilleri kontrol edilmelidir. Taş aşınmışsa ayar düzenleri otomatik olarak herekete geçerek taşın aşındığı kadar ilerlemesini sağlarlar. Taşdaki 0,001 mm lik bir aşınma ayar düzenini harekete geçirmeye yeterlidir.

Foto 1.8, Maag taşlama tezgahında taşlanan dişli

1.2.1.1.2 Sonsuz vida biçimindeki taşla taşlama

Taşları sonsuz vida şeklinde olan tezgahlar da vardır. Bu tezgahlarla yapılan taşlama işlemine "Azdırma usulü taşlama" da diyebiliriz. Bu tezgahları ireten firmaların en meşhurlarından biri İsviçrede Wallisselen (ZH) şehrindeki "Reishauer" firmasıdır. Bu sistem aynen sonsuz vida (azdırma) frezesinin çalışma prensibine göre çalışır.

Azdırma usulü taşlama tezgahından görünüş, RZ 400, Reishauer ZH

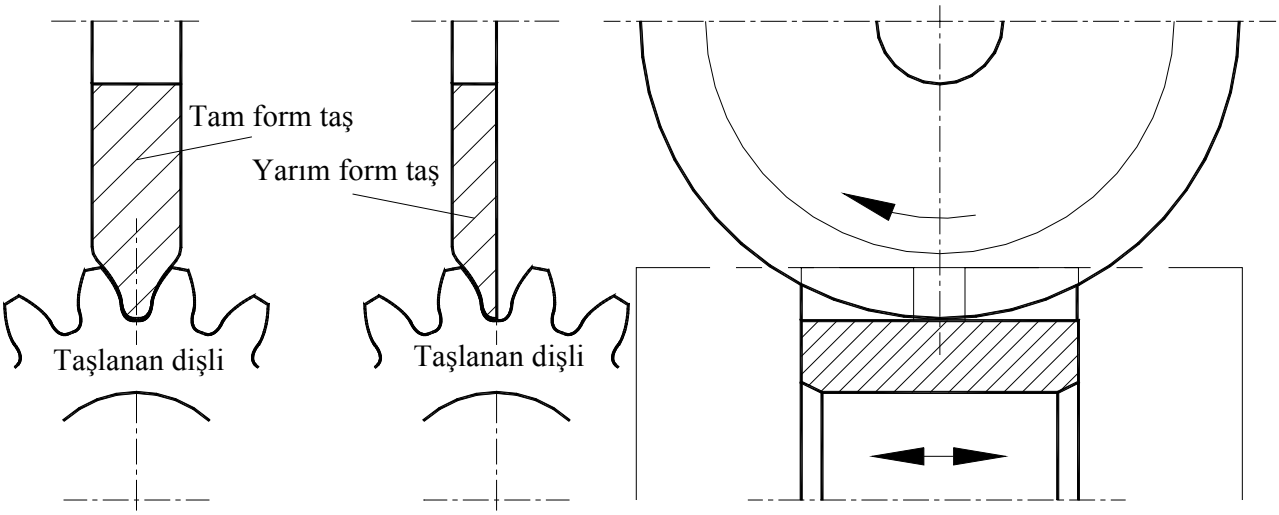
Foto 1.9, Taşlanan dişli

Foto 1.10, Taşlanan dişli

Taşlanan dişli Foto 1.9 ve Foto 1.10 da görülmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi sonsuz vida şeklindeki taşların çapları büyük tutulmuştur, böylelikle taşın temas yüzeyi arttırılmış ve dayanma süresi uzatılmıştır.
Bu tezgahlarla diş açılmamış dişli taslaklarına (kasnaklara) modülü m < 0,8 mm olan dişlileri açmak mümkündür.
Taşın temas eden yüzeyinin fazlalığından bu tezgahlarla çok iş çıkarmak mümkündür. Taşları tezgah kendi kontrol edip tam profillerine göre kendi içinde bilemektedir. Bu tezgahlar büyük seri dişli imalatı için faydalıdır. Az adetli dişli imalatı tezgahın saat ücreti yüzünden pahalıya mal olur.

1.2.1.2 Form taşıyla taşlama

Bu usulle yapılan taşlamada kullanılan taşın biçimi aynen diş profiline eşittir ve taş Şekil. 1.14 de görüldüğü gibi dişin yanaklarını taşlar. Bu şekilde taşlama çok çabuk yapılahilir. Taşlama işleminin çabuk yapılabilmesine karşın her modül ve çeşitli diş sayılarına göre ayrı ayrı taşlar gerekir. Bunun yanında taşları bilemek için, taşlara evolvent formunu verecek, özel bileme tezgahına gerek vardır. Bu taşlama metodu form frezesi (modül frezesi) ile diş açma prensibine göre çalışır.

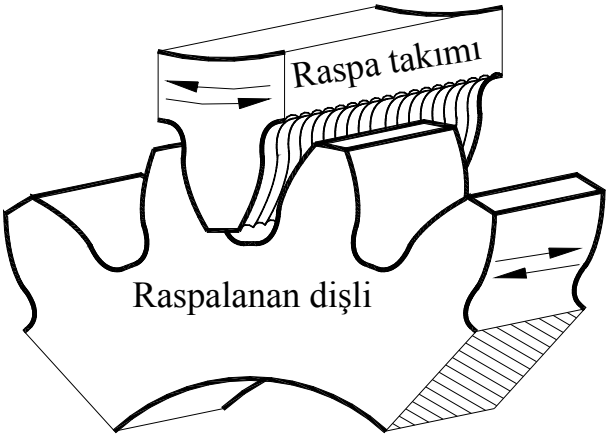


Şekil. 1.14, Form taşıyla taşlama

Şekil. 1.14 de görüldüğü gibi tek ve çift taraflı form taşları vardır. Bir diş taşlandıktan sonra dişli bir diş kadar döndürülür ve bir sonraki diş taşlanır. Bu taşlama tezgahları oldukça basit ve ucuzdurlar. Fakat form taşları pahalı ve bilenmeleri çok daha pahalıdır.

1.2.2 Diş yanaklarının raspalanması

Diş yanaklarının raspalanması ile frezelenerek veya bıçakla kesilerek imal edilmiş olan diş- lerin sapma değerleri küçültülür ve yüzey kaliteleri yükseltilir. Raspalanacak dişliler dikkatle imal edilmiş kaliteli dişliler olmalıdır, yoksa raspalama ile istenen sonuç elde edilemez. Raspalanacak dişliler sertleştirilmemelidir.



Şekil. 1.15, Raspalama işlemi

Şekil. 1.15 de raspalama işlemi şematik olarak gösterilmiştir. Raspa takımı diş yüzeyleri keskin ağızlı olan bir karşı dişlidir. Raspa takımı raspalanacak dişliyi ufak bir basınç altında çevirir ve eksenel yöndeki ileri geri hareketle dişliden ince pul şeklinde talaşlar kaldırır.
Bu işlem raspalanan dişlinin istenilen kaliteye ulaşıncaya kadar devam eder. Dişlinin her iki diş yüzeyinin raspalanması için raspalama dişlisi sırasıyla her iki yönde döndürülür.
Ayni milde işlenecek çok az aralıklı yan yana bulunan iki dişliden küçüğünü taşlamak imkanı olmalığından dişlinin kalitesini düzeltmek için raspalamak gereklidir.

1.3 Dişli redüktörlerin yağlanması

Bir redüktörün tip top çalışması, redüktörün yağlanma sistemi ve yağın dişlilere ulaşma şekline bağlıdır. Yağlama ile birbirine sürten dişli yanaklarında ince bir yağ tabakası oluşur. Bu yağ tabakası sürtünmeyi azalttığı gibi, sürtünmeden oluşan ısıyıda kısmen alır ve redüktör fazla ısınmayıp ömrü uzar.

Dişlilerin yağlanması ile dişli yüzeylerindeki basınç, hız ve ısı farkından oluşan sürtünmelerin yarattığı aşınmalar, hissedilir derecede azaltılarak minimuma indirirlir. Böylelikle redüktörün ısınması ve gürültülü çalışmasıda önlenmiş olur. Dişli yanaklarındaki sürtünmelerin azaltılması redüktörün veriminide yükseltir.

Taşıma gücünü karşılayabilecek yeterli yağ tabakasının oluşması, yağın viskozitesinin doğru seçilmesinin yanında, yağın hareket veya akış yönü kesitinin kama biçiminde olması ve değen yanaklarda relatif bir hareketin olmasına bağlıdır. Bu şartları dişli çalışmasında elde etmek oldukça zordur. Çünkü dişlilerde yüzey kayma ve yuvarlanma hareketleri vardır. Yuvarlanma noktası "C"de hareket hızı sıfırdır. Hız diş üstü ve tabanına doğru artar.

Bunun içinde dişli yanaklarının taşıyacağı normal kuvvetler yarı yarıya yağ tabakası ve yanak yüzeyi tarafından karışık olarak taşınır. Yanakların kayarak yük taşımalarının sebep olduğu aşınmayı önlemek için, dişli malzemelerini kendi yağlama ve kayma özelliği olan malzemeden seçmek, çoğu zaman mukavemet yönünden imkansızdır.

Böylece redüktörlerde yağlama, kayma hareketini kolaylaştırmak, aşınmayı önlemek ve aynı zamanda ısınmayı azaltmak için vazgeçilmez bir konstruksiyon çözümüdür. Yağın istenilen fonksiyonunu tam yerine getirebilmesi için viskozitesinin doğru seçilmesi gereklidir.

Genel olarak viskozite seçim şartını şu şekilde düşünebiliriz:

- Çevre hızı küçüldükçe, yanak basıncı büyüdükçe ve yanak yüzey kalitesi kabalaştıkça yağın viskozitesi yüksek seçilmelidir. Viskozitenin yüksekliği yanaklarda oluşan yağ tabakasının daha fazla hidrodinamik taşıma kapasitesinde olmasını sağlar ve aşınmaları önler.

Yağlama ve diğer konstruktif önlemlerle redüktörün vede yağın 80° C den fazla ısınmamasına dikkat edilmelidir. Çünkü yağların çoğu 100° C den sonra, yağlama özelliklerine çok çabuk kaybederler.

Redüktörlerin yağlanmasının şeklinin ve viskozitesinin seçiminde, dişlilerin çevre hızları, taşıdıkları moment, konstruksiyon şekli ve istenilen dayanma süresi, seçme şartlarını oluştururlar.

Bir redüktörde çalışan kademelerin çevre hızları kademesine göre değişiktir. Redüktördeki dişlilerin ortak çevre hızını bulmak için şu varsayımlar kabul edilir;

- İki kademeli redüktörlerde ikinci kademenin çevre hızı,
- Üç kademeli redüktörlerde ikinci ve üçüncü kademenin ortalama çevre hızı alınır.

Eğer konstruksiyon şartnamesinde istenilen bir yağlama şekli verilmemişse ve tecrübelere göre bir yağlama şekli seçimi yapma olanağı yoksa, çevre hızına göre yağlama şeklinin Tablo 1.1 ve Tablo 1.2 ye göre seçilmesinde fayda vardır.

Tablo 1.1, Çevre hızına göre silindirik ve konik dişliler için yağlama önerileri

Çevre hızı $v_Ç$ m/s	Yağlama şekli	Açıklama
$v_Ç \leq 4$	Sürmeli yağlama	Korumalı veya tam açık tahrik. Konstruksiyona göre alçak hızlarda yapışkan kara gres yağı veya koyu sıvı yağ dişli yanaklarına sürülür. Yüksek hızlarda koyu sıvı yağlarla daldırmalı yağlama yapılır.
$4 < v_Ç \leq 12$	Daldırmalı yağlama	Sentetik yağla dolu yağ banyosuna dişli daldırılır. Özel haller hariç pinyon yağ banyosuna dalmaz. Dişli çark yağ banyosuna dalar ve dönerek sistemi yağlar.
$12 < v_Ç$	Püskürtmeli yağlama	Sentetik yağla dolu yağ banyosuna dişli daldırılmasının yanı sıra ek pompalar veya özel konstruksiyon ile dişlilerin birbirini kavradıkları yere yağ püskürtülür.

Tablo 1.2, Çevre hızına göre salyangoz dişliler için yağlama önerileri

Çevre hızı $v_Ç$ m/s	Yağlama	Yağlama şekli
$v_Ç \leq 4$	Sürmeli yağlama	Korumalı veya tam açık tahrik. Konstruksiyona göre alçak hızlarda yapışkan kara gres yağı veya koyu sıvı yağ dişli yanaklarına sürülür. Yüksek hızlarda koyu sıvı yağlarla daldırmalı yağlama yapılır.
$4 < v_Ç \leq 10$	Daldırmalı yağlama	Sentetik yağla dolu yağ banyosuna dişli daldırılır. Ya pinyon (sonsuz dişli) veya dişli çark yağ banyosuna dalar ve dönerek sistemi yağlar.
$10 < v_Ç$	Püskürtmeli yağlama	Sentetik yağla dolu yağ banyosuna dişli daldırılmasının yanı sıra ek pompalar veya özel konstruksiyon ile dişlilerin birbirini kavradıkları yere, gerekirse soğutma için çarka, yağ püskürtülür.

Konstruksiyon şekli ve fonksiyon şartlarına göre dişli çiftlerin yağlanması değişik olarak yapılır. Şöyle ki;

Sürmeli yağlama: Yapışkan kara gres veya bulamaç kıvamındaki yağlar dişli yanaklarına sürülür (koyu sıvı $\nu_{100} > 225\ mm^2/s$). Konstruksiyon ya açık tahrik veya sızdırmazlığı kötü olan kapalı kutudur.

Daldırmalı yağlama: Bu sistemin kullanılması için yağ sızdırmayan bir redüktör kutusu yeterlidir. Buda hemen hemen her redüktörde vardır. Yağ banyosuna daldırarak yağla-ma en basit yağlama sistemi olduğundan en fazla kullanılan yağlama konstruksiyonu-dur. Bu sistemin tam fonksiyonunu göstermesi için şu şartların kontrolu gereklidir:

- Yağ banyosuna dalan dişlinin yarı çapı "r" ise; $v_Ç/r \leq 550\ m/s^2$ şartı gereklidir. Burada değer birimleri hız "m/s" ve yarı çap "m" olarak alınır. Bu değer yüksek olursa, banyodaki yağın büyük kısmı dönen dişli tarafından savrulacağından, yağ istenilen seviyenin altına düşer. Yağlama tam olamıyacağından redüktörde istenmiyen ısı artışı görülür. Bunun yanında yağ köpüklenmeye başlar. Bunlar yağlama fonksiyonunu bozan hallerdir.

- Yağ banyosunda dalan dişlinin dalma derinliği kendi geometrik ölçülerine bağlıdır. En düşük yağ seviyesini şu şekilde ayarlamakta fayda vardır:

  Silindirik dişlilerde dalan dişlinin en küçük dalma derinliği:

  Çevre hızı $v_Ç \leq 5\ m/s$, $t_{Dmin} \approx (3...6)\ .\ m$

  Çevre hızı $v_Ç = 5...12\ m/s$, $t_{Dmin} \approx (1...3)\ .\ m$

  Konik dişlilerde dalan dişlinin bütün genişliği yağ banyosuna dalmalıdır.

Püskürtmeli yağlama, daha çok büyük çevre hızı olan redüktörlerde kullanılır. Genelde bir pompa veya yardımcı konstruksiyon ile, ya birbirini kavrayan dişlere veya hemen bir önüne yetri kadar yağ, aşağı yukarı $p \approx 1...3\ N/mm^2$ arası basınçla, püskürtülür. Eğer yağlama aynı zamanda soğutma görevinide yapacaksa, kavrayan dişlerden sonrasınada yağ püskürtülür.

Dişlilerin yağlanmasında kullanılacak yağların viskozitesi DIN 51 509 da etraflıca anlatılmıştır. Burada kısa bir özetle yağ viskozite seçimi için öneriler verelim:

Silindirik ve konik dişli redüktöründe yağlamada kullanılacak yağın viskozitesini bulmak için "Kuvvet-Hız-Faktörü = $k_s/v_Ç$" hesaplanır ve Tablo 1.3 ile viskozite bulunur. Burada k_s değeri "Stribeck" yüzey basıncına göre şu formülle bulunur:

$$k_s = Z_H^2 \cdot Z_\varepsilon^2 \cdot \frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \qquad \text{F. 1.1}$$

Veya kabaca

$$k_s \approx 3 \cdot \frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \qquad \text{F. 1.2}$$

Burada “F_t“ nin birimi “N”, “b ve d_1“ in birimleride “mm” olarak yerleştirilip “k_s“ değeri “N/mm^2“ olarak bulunur.

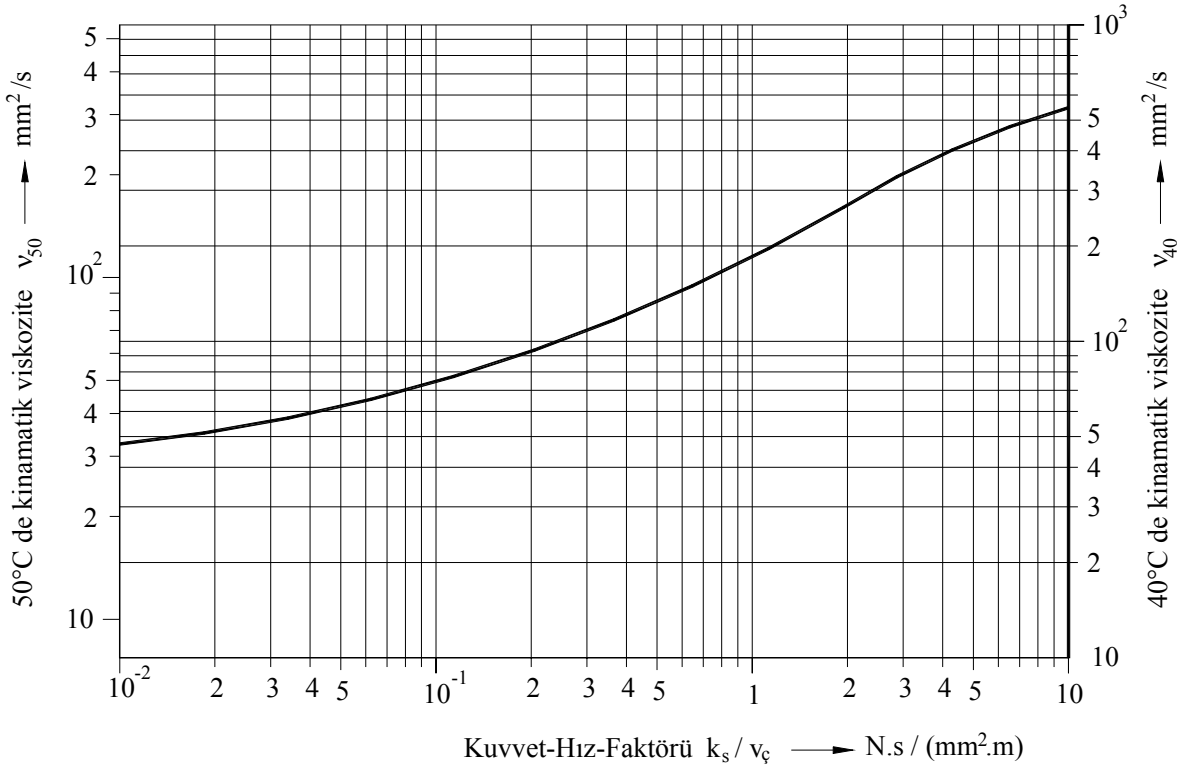
Çevre hızı $v_Ç$ nin değeri şu şekilde hesaplanır;

$$v_ç = d_1 \cdot \pi \cdot n_1 \qquad \text{F. 1.3}$$

Burada “d_1“ in birimi “m” ve “n_1“ in birimi “1/s” olarak yerleştirilip “$v_Ç$“ nin değeri “m/s” olarak bulunur.

Aşağıda verilen Tablo 1.3 ve Tablo 1.4 DIN 51 509 dan alınmış olup, çevre ısısı 20° C derecede yağ viskozitesinin seçimi için geçerlidir. Tablolardan sonra diğer çevre ısıları için yapılacak düzeltmeler verilmiştir.

Tablo 1.3, Silindirik ve konik dişli redüktörler için

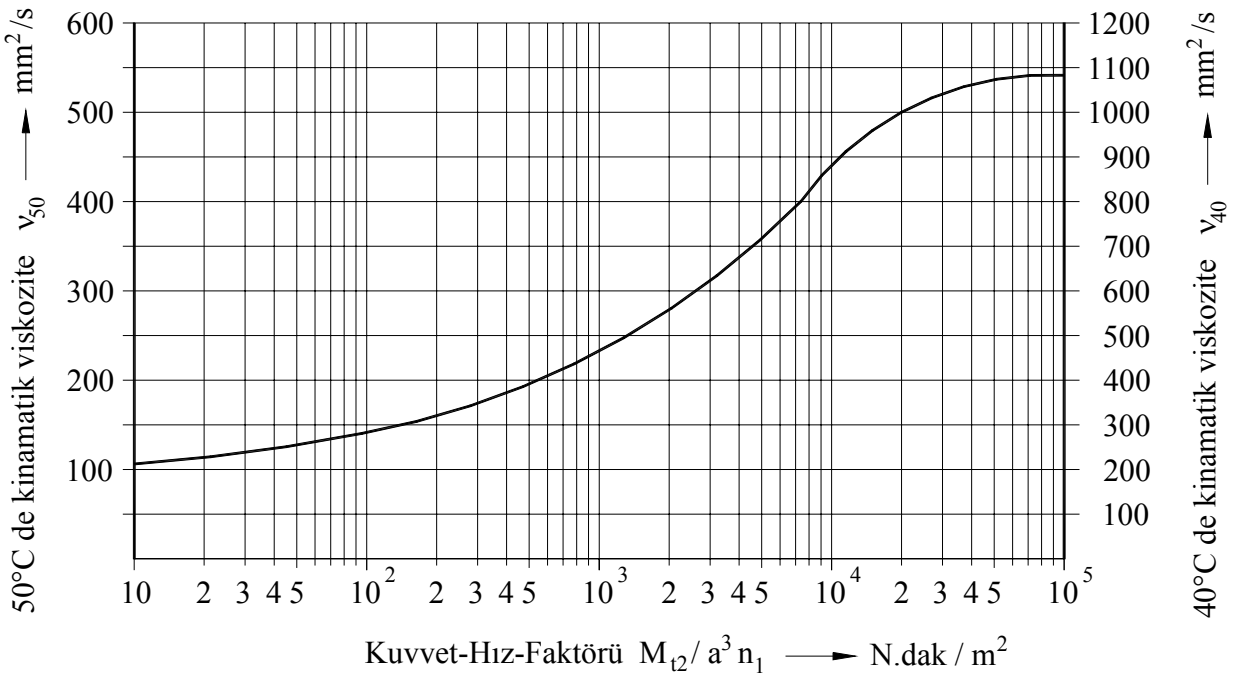


Salyangoz veya sonsuz vida dişli redüktöründe yağlamada kullanılacak yağın viskozitesini bulmak için “Kuvvet-Hız-Faktörü $k_s/v_ç = M_{t2}/(a^3.n_1)$” hesaplanır ve çevre ısısı 20° C derece için Tablo 1.4 ile bulunur.

$$k_s / v_ç = \frac{M_{t2}}{a^3 \cdot n_1} \qquad \text{F. 1.4}$$

Burada “M_{t2}“ nin birimi “Nm”, “a” nın birimi “m” ve “n_1“ in birimleride “1/dak” olarak yerleştirilip “$k_s/v_ç$“ değeri “$N.dak/m^2$“ olarak bulunur.

Tablo 1.4, Salyangoz dişli redüktörler için



Yukarıda bildirildiği gibi bu tablolardan okunan değerler 20° C derece çevre ısısı için geçerlidir. Eğer çevre ısısı 20° C dereceden farklı ise:

A) Kinematik viskozitenin yükseltilmesi:

- Çevre ısısı devamlı 25° C derecenin üstündeyse, her 10° C için %10 arttırma yapılır,
- Nitrat çelikleri ve yanak yüzeyleri sertleştirilmiş dişli çiftleri hariç. Dişli çiftinin malzemesi aynı veya Cr-Ni-Çeliği ise %35 arttırma yapılır.
- Orta darbeli işletmelerde Kuvvet-Hız-Faktörü' nün 1,5 misli, ağır darbeli işletmelerdede Kuvvet-Hız-Faktörü' nün 2 misli alınır.

B) Kinematik viskozitenin azaltılması:

- Çevre ısısı devamlı 10° C derecenin altındaysa, her 3° C için %10 eksiltme yapılır,
- Diş yanakları fosforlanmış, sülfürlenmiş ve bakır kaplanmış ise % 25 e kadar eksilt-me yapılır.

Buradan kinematik viskozitenin bulunmasından sonra, piyasadan en yakın viskozitedeki yağ alınıp kullanılır.

Genel olarak $k_s < 7{,}5$ N/mm^2 için aşınmayı önleyecek ek maddesiz yağlar, $k_s > 7{,}5$ N/mm^2 içinse aşınmayı önleyecek ek maddeli yağların kullanılmasında fayda vardır.

1.4 Silindirik dişli çark gövdeleri

Metal dişli çark gövdeleri haddelenmiş çubuklardan kesme kasnaklardan, millerden, döküm parçalardan, dövme parçalardan, kaynak ve karışık konstruksiyon parçalarından oluşur.

1.4.1 Dolu malzemeden dişli çark gövdesi

Genel olarak pinyon yani küçük dişli doğrudan mil üzerine çekilir. Yani dolu malzemeden oluşur. Bir dişlinin taksimat dairesi "d_1" F. 1.5 deki şartı gerçekleştiriyorsa, mukavemet bakımından dolu malzemeden yapılmalıdır.

$$d_1 < 1{,}8 \cdot d_M + 2{,}5 \cdot m \qquad \text{F. 1.5}$$

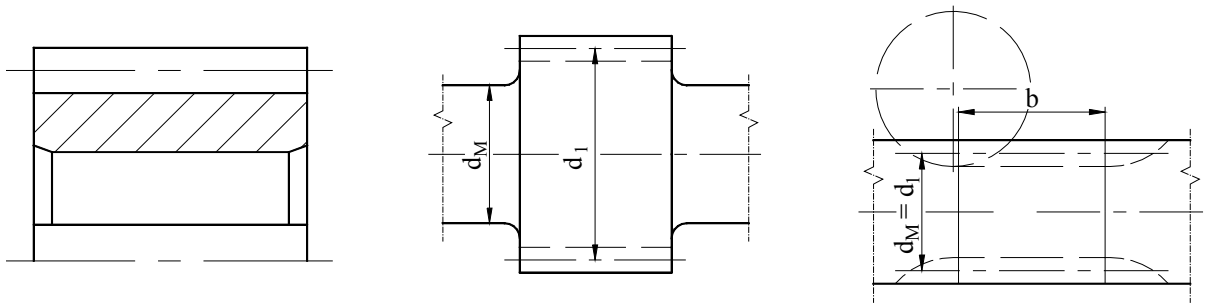
d_M	mm	Mukavemet hesabına göre milin çapı
m	mm	Modül

Bu formül pratikte kullanılan normal göbek/mil (F. 1.6) bağıntısından üretilmiştir.

$$d_{GD} \geq 1{,}5 \cdot d_M \qquad \text{F. 1.6}$$

d_M	mm	Milin çapı
d_{GD}	mm	Göbeğin dış çapı

Yukarıdaki F. 1.5 deki katsayı 1,8 değeri diş dibi çentik faktörünün etkisini karşılamak için F. 1.6 deki %20 büyütülmüş olan 1,5 faktörüdür.



a) Dolu malzemeli çark b) Mil üzeri c) Mil üzeri

Şekil. 1.16, Dolu malzeme

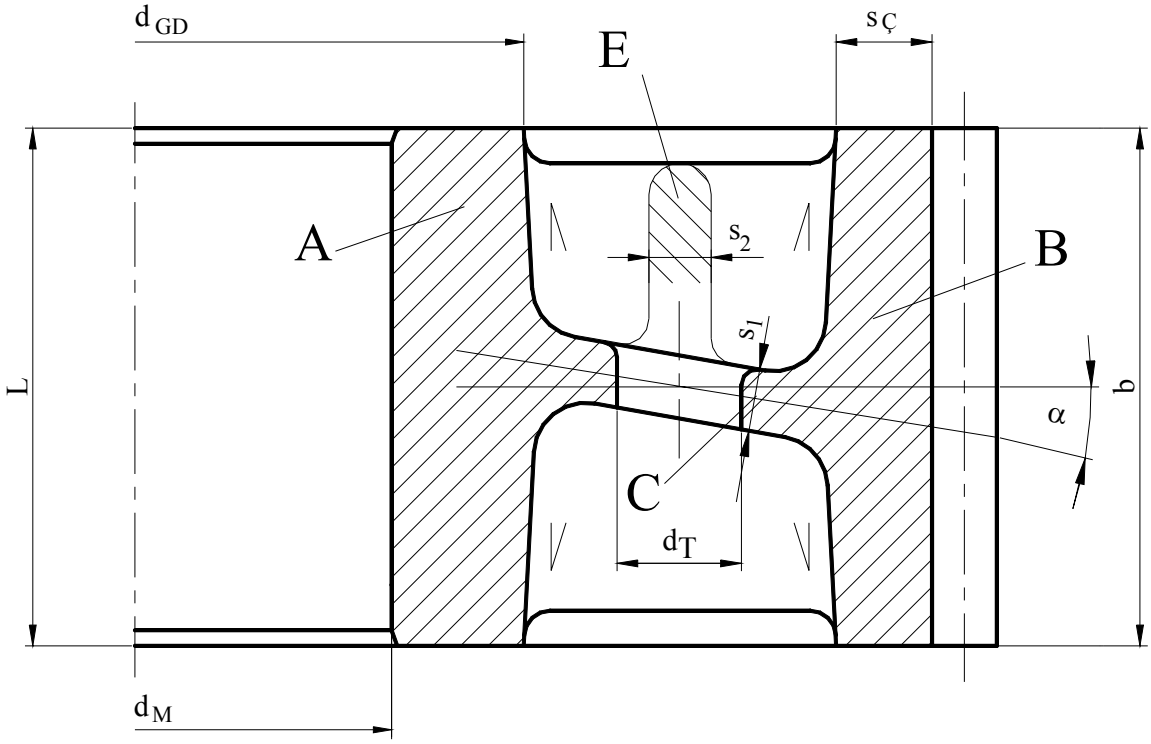
Konstruksiyon şartları, ambarda bulunan malzeme v.b. sebeplerden büyük dişli, yani dişli çark dolu malzemeden yapılabilir. Burada dikkat edilecek husus ağırlıktır. Eğer dişli çarkın ağırlığı 15 kg dan fazla ise parçayı teygaha bağlamak için vinç halatlarının geçebileceği transport delikleri yapılmalıdır (bak Şekil. 1.17).

1.4.2 Dövme malzemeden dişli çark gövdesi

Dövme malzemeden dişli çark gövdesi konstruksiyonu, döküm malzemeli gövdenin hemen hemen aynıdır. Aradaki fark iki üretim usulünün gerektiği konstruktif şekildir. Burada en garantili yol dövmeci ile karşılıklı konuşup anlaşmalıdır.

1.4.3 Döküm malzemeden dişli çark gövdesi

Genelde büyük dişli çarklar döküm malzemeden üretilirler. Konstruksiyon ölçüleri pratikten üretilen formüllerle bulunur. Kontruksiyon tamamlandıktan sonra mukavemet kontrolu yapılır. Döküm ve döküm parçaları hakkında daha geniş gerekli bilgiyi ***www.guven-kutay.ch*** sitesinde ***"03 Döküm ve Konstrüksiyonu"*** bölümünde bulabilirsiniz.



Şekil. 1.17, Döküm malzemeden dişli çark

Şekil. 1.17 da döküm malzemeden dişli çarkın resmi görülmektedir. Burada parçaları:

A Göbek

B Çember

C Disk

E Kaburga

diye adlandıralım. Normal olarak düz dişlilerde kaburga kullanılmaz. Kullanılırsada maliyet ve parçanın ağırlığından başka zararı yoktur. Helis dişlilerde kaburga kullanmada yarar vardır. Diskin "α" açısı (8°...12° arası seçilir) kadar eğik yapılmasının, döküm tekniğinden başka bir sebebi yoktur. Hava kabarcıkları ve yabancı maddeler demirden hafif olduklarından yukarı doğru hareket edip malzemeden çıkmaları ve yüzeyinin temiz olması için bu eğiklik ön görülür. Diskteki "d_T" deliği (konstruksiyona göre büyüklüğü seçilir) malın ağırlığına göre transport deliği olarak düşünülür. Aynı zamanda parçanın hafif olmasınıda sağlar. Döküm malzemeden dişli çarkta kullanılan ölçüler pratikte şöyledir:

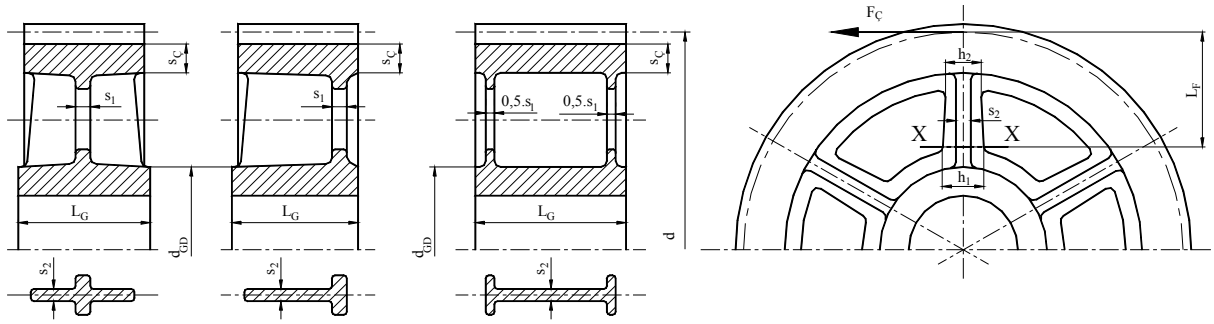
$$d_{GD} \geq 1{,}5 \cdot d_M \qquad \text{F. 1.7}$$

Disk kalınlığı $s_1 \approx (1...2) \cdot m$ F. 1.8

Kaburga kalınlığı $s_2 \approx 0{,}7 \cdot m$ F. 1.9

Çemberin dolu kalınlığı $s_Ç \geq 3 \cdot m$ F. 1.10

Burada verilen değerler genel olup, dökümhanedeki tecrübeli kişilerle ölçülerin konuşul-masında fayda vardır.



Şekil. 1.18, Döküm malzemeden kollu dişli çarklar

Döküm malzemeden kollu dişli çarklar Şekil. 1.18 da görülmektedir. Bu çizimlerde döküm tekniği pek dikkate alınmamıştır. Amaç kollardaki mukavemet hesabı için yol göstermektir, fakat pratikte tecrübeli konstrüktörün boyutlamasından sonra kollar için mukavemet tahkiki yapmak pek gerekli değildir. Bu günün şartlarında bu hesaplara gerek olursa elektronik alet ve programlarla hesaplar yapılmaktadır. Fakat bu imkanları olmayan veya işi kabaca halletmeye kararlı konstrüktörler için, pratikte kullannılan şu formülleri öneririm. Bu hesaplarda ayrıca gerekli emniyet payı hep bulunmaktadır.

Konstruksiyon yapılırken tecrübelere göre alınan değerler:

Kol sayısı: $z_K \approx 0{,}125 \cdot \sqrt{d}$
Kol sayısı genelde 4,6 veya 8 adet seçilir

Kol kesit ölçüleri: $s_1 \approx (1{,}8 \ldots 2{,}2) \,.\, m$ $s_2 \approx 1{,}8 \,.\, m$
$h_1 \approx (4 \ldots 6) \,.\, s_1$ $h_2 \approx (3 \ldots 5) \,.\, s_1$

Çember kalınlığı: $s_Ç \approx (3{,}8 \ldots 4{,}2) \,.\, m$

Göbek boyu: $L_G \approx d_M$

Göbek dış çapı: $d_{GD} \geq 1{,}5 \cdot d_M$

Hesaplarda şu varsayımlar yapılır:

- Moment kolların dörtte biri tarafından taşınır,
- Moment taşıyan parçalar yalnız X-X kesitindeki parçalardır.

Momentin etkilediği X-X kesitindeki moment (Şekil. 1.18):

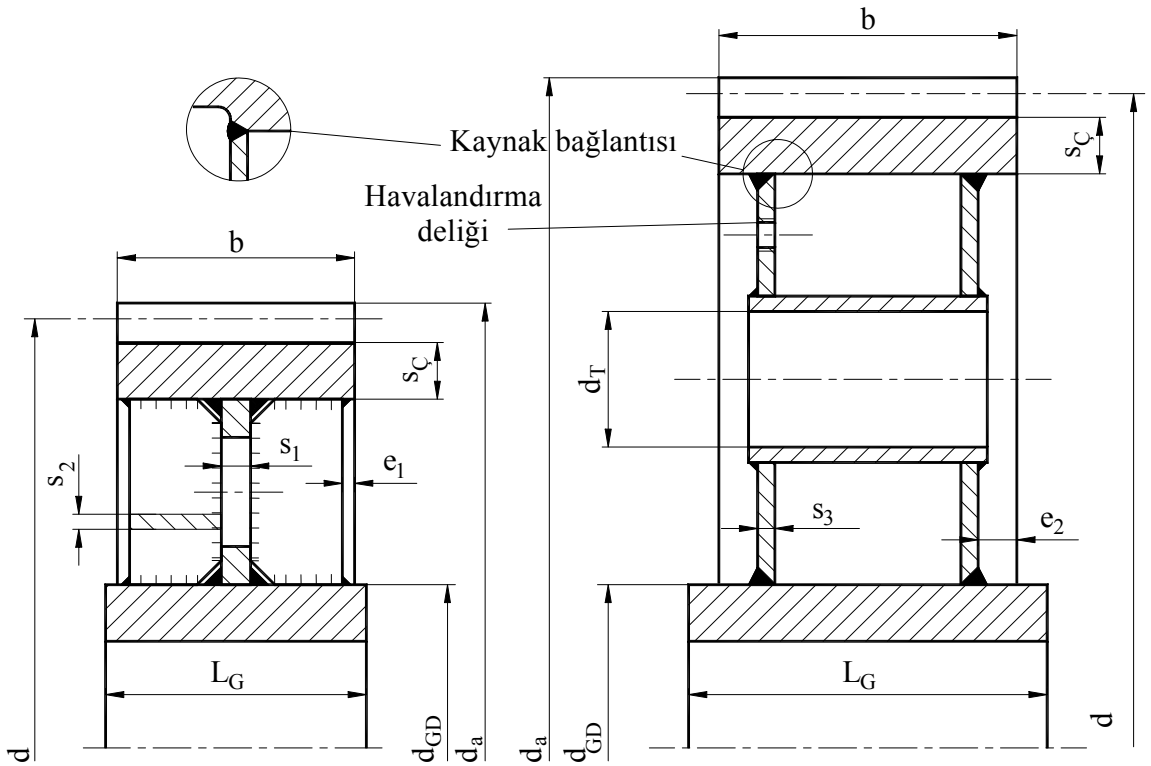
$$M_t = \frac{F_Ç \cdot L_F}{0{,}25 \cdot z_K} \qquad \text{F. 1.11}$$

M_t	N	X-X kesitindeki torsiyon momenti
$F_Ç$	N	Taksimat dairesinde çevre kuvveti
L_F	mm	Kuvvet kolu, taksimat dairesi ile X-X kesiti arası
z_K	[-]	Çarktaki kol sayısı

Böylece döküm malzemeden dişli çarklar hakkında oldukça yararlı bilgi edindik. Şimdi diğer konulara geçelim.

1.4.4 Kaynak konstruksiyon dişli çark gövdesi

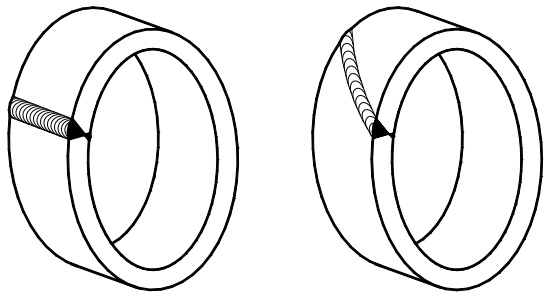
Ölçüleri oldukça büyük olan dişliler, özel imalat veya çok az sayıda gerekliyse, kaynak konstruksiyon gövdelerle imal edilirler. Büyüklük göreceli olmasına karşın genel olarak $d_a > 700$ mm kabul edilebilir. Çok sayıda üretilecek dişliler, ekonomik yönden döküm malzemeyle üretilmelerinde fayda vardır. Konstruksiyon şekli ve düşünüşü döküm malzemeye paralel olarak yapılır. Şekil. 1.19 de kaynak konstruksiyonlu dişli çarklar gösterilmiştir.



Şekil. 1.19, Kaynak konstruksiyonlu dişli çarklar

Soldaki tek diskli konstruksiyon $b/d_a \leq 0{,}2$ şartı olursa yapılır. Bu tipte eğer helis açısı $\beta < 10°$ ise kaburgaya gerek yoktur, fakat s_1 daha kalınca seçilir.. Eğer helis açısı $\beta > 10°$ ise kaburga kullanılır. Yan kaburga sayısı konstruksiyona göre 4 ile 8 adet arası seçilir.

Sağdaki çift diskli konstruksiyon eğer $b/d_a > 0{,}2$ ise yapılır.



a) Düz kaynak dikişi

b) Eğik kaynak dikişi
Düz kaynak dikişinden daha iyi

Şekil. 1.20, Çemberin kaynak konstruksiyonu

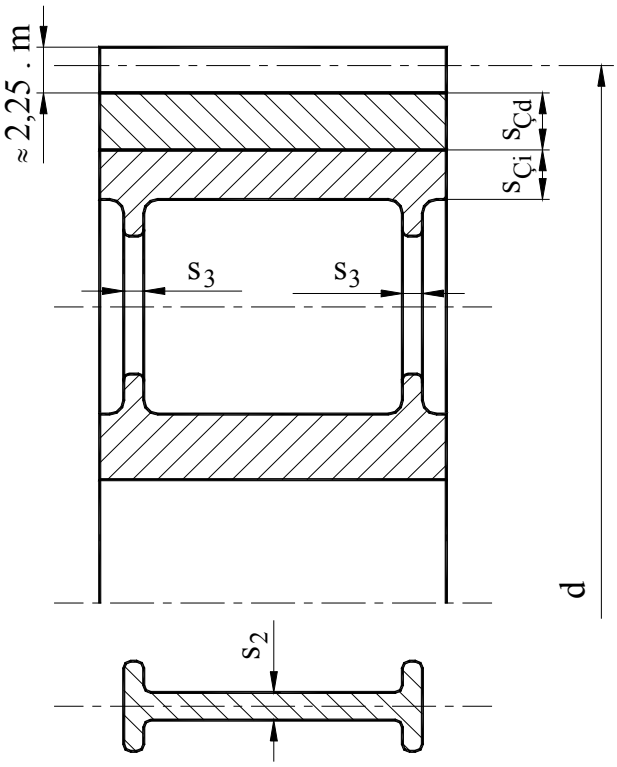
Konstruksiyon ve çark büyüklüğüne göre takviye ve transport deliği vazifesini görecek olan borular 4 ile 8 adet arasında seçilir. Kaynak işlemi sonucu iç gerilimleri gidermek için yapılacak tav-lamada form bozulması veya çatlamaları önlemek için havalandırma deliği açılır. Tavlamadan sonra parça soğuyunca bu delik cıvatayla kapanır. Resimde çizilmiş olan kaynaklar rastgele alınmış kons-truksiyon şeklidir. Şartlara göre kaynak konstruksiyonu yapılmalıdır.

Çemberin kaynak konstruksiyonu Şekil. 1.20 de gösterilmiştir. Kaynak dikişi çember eksenine paralel olması çevre yükünün tam olarak kaynak dikişine yüklenmesi demek olur. Bu da istenilen bir durum değildir. Kaynak dikişi eğik olursa diş genişliği "b" nin kü-çük bir kısmı kaynaklı olur. Bu da mukavemet tahkikinde kaynak dikişinin etkisini azaltır.

Şekil. 1.19, Kaynak konstruksiyonlu dişli çarklarda verilen sembollerin büyüklüklerinin çoğu yukarıda döküm malzemeden dişli çarklarda verilmiştir. Verilmiyen büyüklükler :

$$e_1 \approx 1{,}5 \,.\, s_1 \,; \qquad e_2 \approx 0{,}15 \,.\, b \qquad ; \qquad s_3 \approx (0{,}8 \ldots 1{,}5) \,.\, m$$

1.4.5 Karışık konstruksiyonlu dişli çark gövdesi



Şekil. 1.21, Karışık konstruksiyon

Büyük dişlinin diş kalitesinin çok iyi olması gereken yerlerde karışık konstruksiyonlu dişli çark gövdesi kullanılır. Bu çeşit dişlilerde genelde çemberin diş kısmı yüksek kaliteli malzemeden oluşur ve çemberin iç kısmı dahil bütün gövde GG20, yani kır dökümden imal edilir. Bu St 37 ile kaynak konstruksiyonda olabilir. Bu iki parça sıkı geçme ile bir biri ile birleştirilir.

Çemberin dış kalınlığı;

$$s_{Çd} \approx (0{,}04 \ldots 0{,}08) \,.\, d$$

Çemberin iç kalınlığı;

$$s_{Çi} \approx s_{Çd}$$

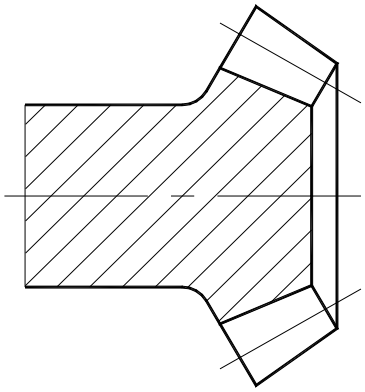
Kol kalınlıkları;

$$s_3 \approx 1{,}8 \,.\, m \qquad ; \qquad s_3 \approx (1 \ldots 1{,}2) \,.\, m$$

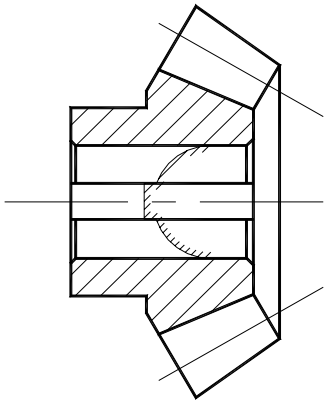
1.5 Konik dişli çark gövdeleri

Konik dişli çark gövdeleride metal silindirik dişli çark gövdeleri gibi haddelenmiş çubuklardan kesme kasnak veya millerden, döküm, dövme parçalardan, kaynak ve karışık konstruksiyonlardan oluşur.

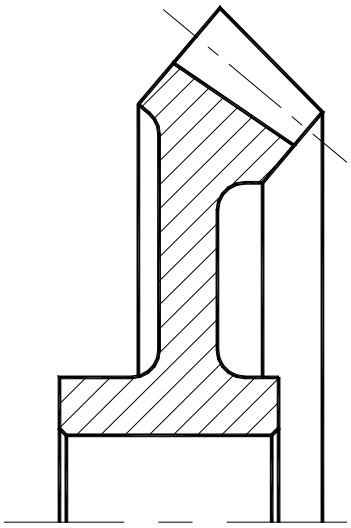
Genel olarak pinyon, yani küçük dişli doğrudan mil üzerine çekilir. Yani dolu malzemeden oluşur. Özel hallerde mile geçme şeklide olur. Aynanın konstruksiyonu imalat sayısına göre yapılır (bak Şekil. 1.24 - Şekil. 1.26).



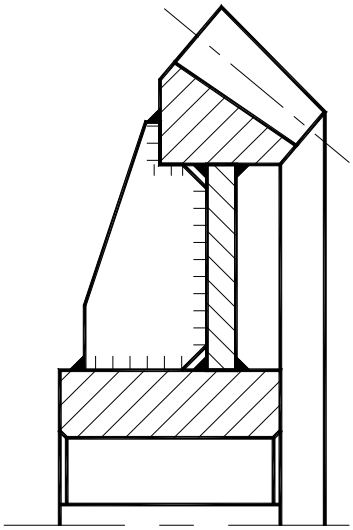
Şekil. 1.22, Mil üzeri, pinyonlu mil



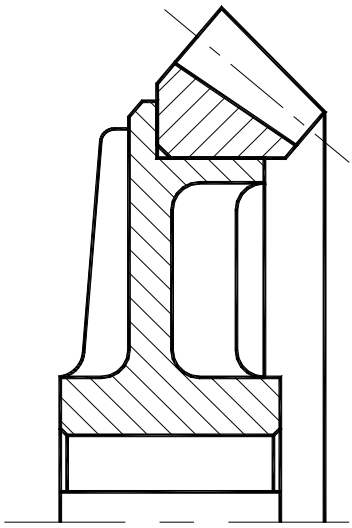
Şekil. 1.23, Dolu malzemeli



Şekil. 1.24, Dolu veya döküm malzeme



Şekil. 1.25, Kaynak konstruksiyon



Şekil. 1.26, Karışık malzeme, sıkı geçme

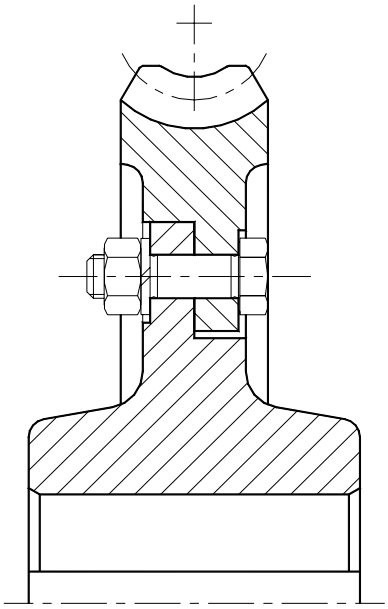
Konstruksiyonda dikkat edilecek husus, dişlilerin montajda bir birilerini tam kavraması için ayarlama olanağının olamasıdır. Buda mesafe bilezikleri veya mesafe varaklarıyla sağlanır.

Konstruksiyon için genel bir örnek Şekil. 1.37 ile verilmiştir.

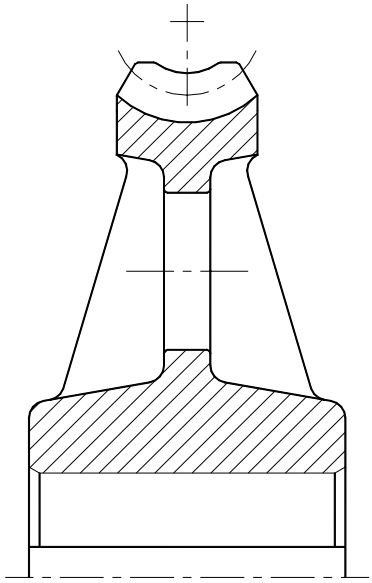
1.6 Salyangoz dişli ve salyangoz dişli çark gövdeleri

Salyangoz dişli ve salyangoz dişli çark gövdeleride silindirik dişli çark gövdeleri gibi haddelenmiş çubuklardan kesme kasnak veya millerden, döküm, dövme parçalardan, kaynak ve karışık konstruksiyonlardan oluşur. Burada sıkı geçme çok büyük eksenel kuvvet taşıyacaqğından, emniyet bakımından, ökçeli konstruksiyon yapılır.

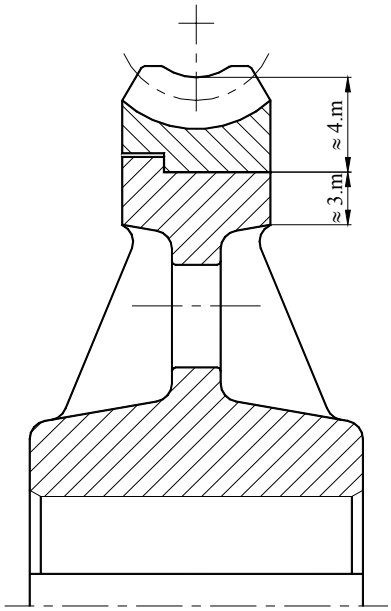
Salyangoz dişli daima doğrudan mil üzerine çekilir. Yani dolu malzemeden oluşur. Aşağıdaki resimlerde çeşitli salyangoz dişli çark gövdeleri konstruksiyonu gösterilmiştir.



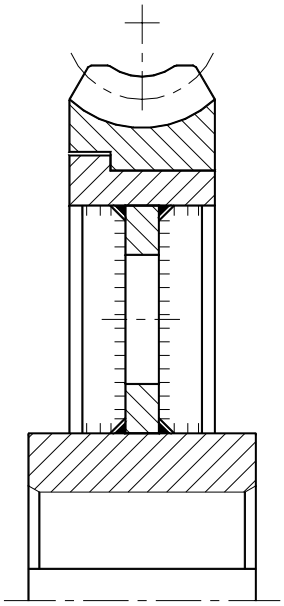
Şekil. 1.27, Karışık malzeme, cıvata bağlantısı



Şekil. 1.28, Dolu veya döküm malzeme



Şekil. 1.29, Karışık malzeme, sıkı geçme döküm konstruksiyon

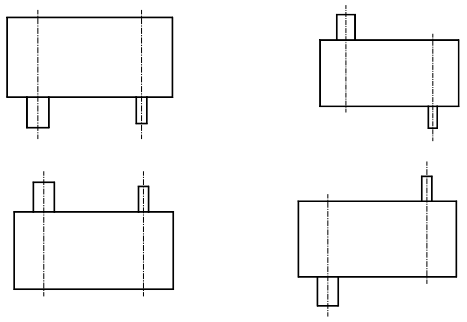


Şekil. 1.30, Karışık malzeme, sıkı geçme kaynak konstruksiyon

1.7 Redüktörler ve redüktör kutuları

1.7.1 Silindirik alın dişlileri

Aşağıda Şekil. 1.32 deki redüktörün konstruksiyonu *"Bern mühendislik okulunda (FH)"* silindirik alın dişliler sömester alıştırma örneği olarak şu şartlarla yapılmıştır.

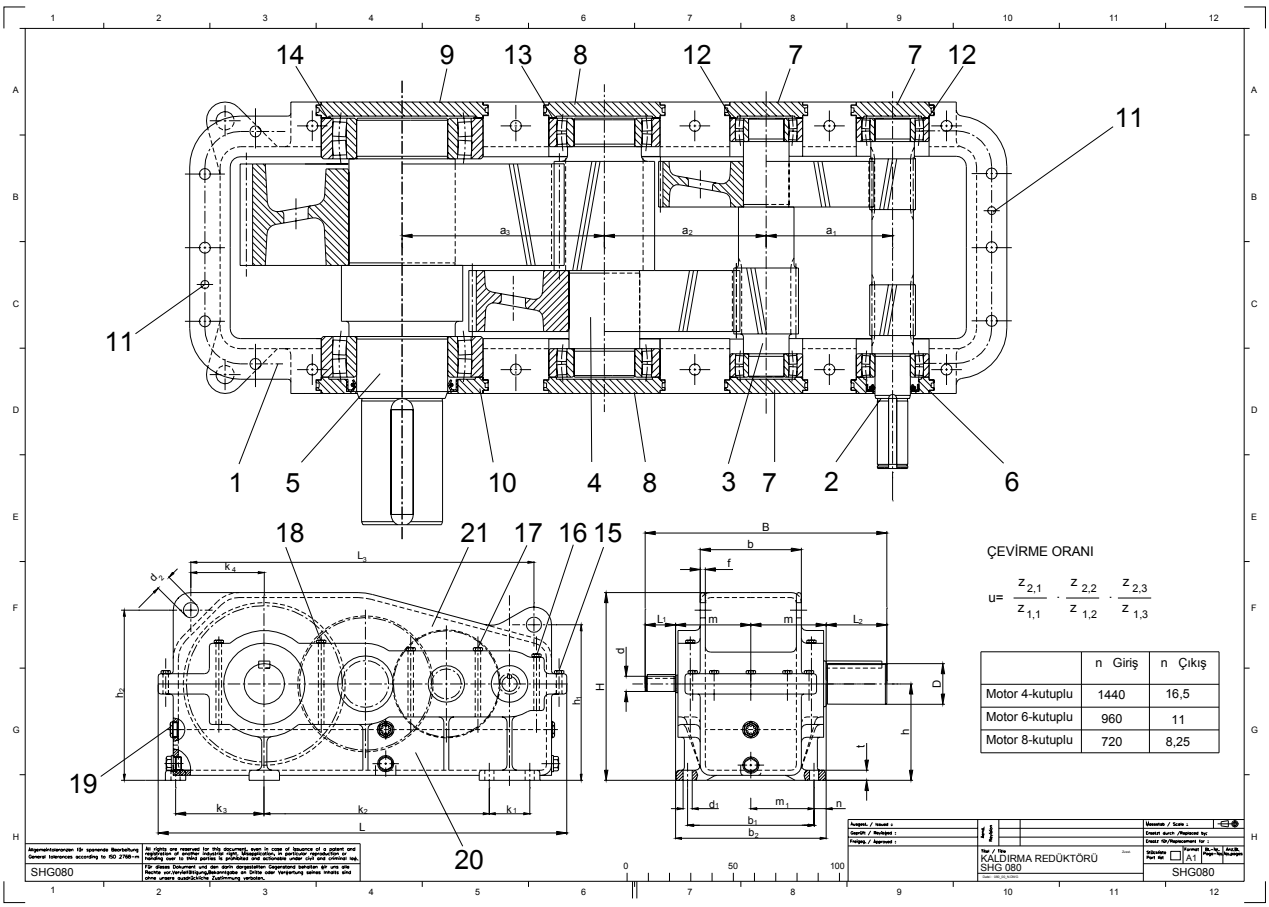


Şekil. 1.31, Yerleşme şekli

63 kN (6,3 t) ile 320 kN (32t) Kaldırma kapasitelerini karşılayacak,
Yerleşme şekilleri Şekil. 1.31 verilen konumlarda monte edilebilecek,

Üretim hedefi: Ucuz, Standart dizi, Kaldırma mekanizması 4/1 donam, Her boy senede en az 200 adet üretilecek.

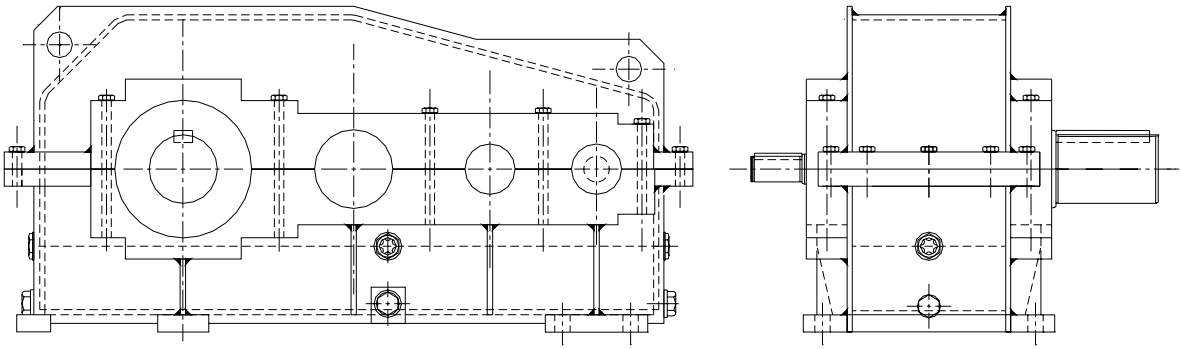
Konstruksiyonu yapılmış olan redüktör Şekil. 1.32 de görülmektedir.



Şekil. 1.32, Kaldırma redüktörü SHG 080

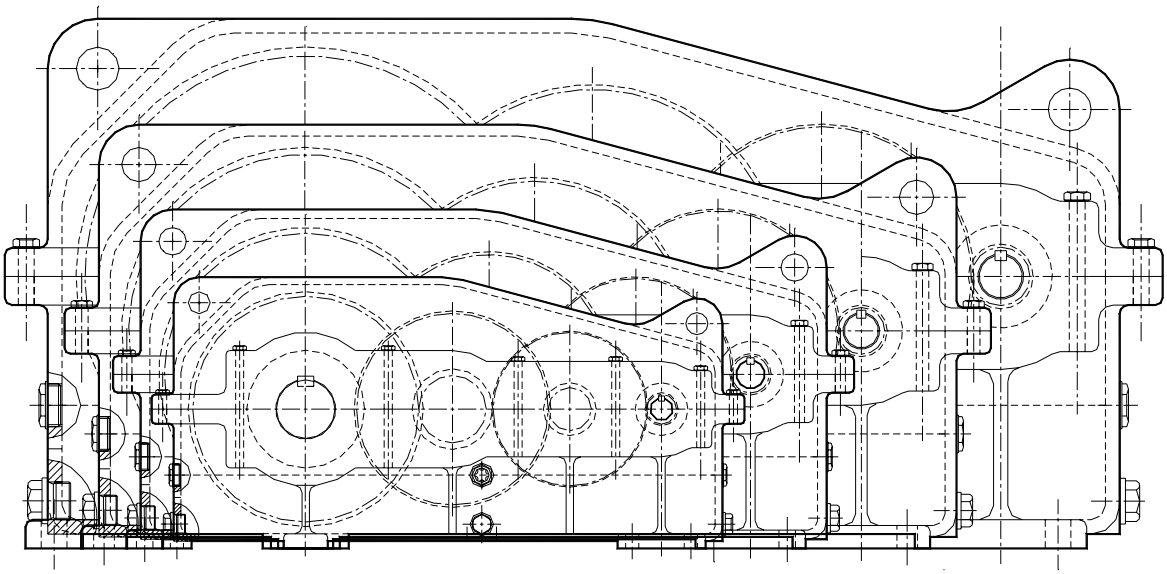
Burada döküm redüktör kutusu konstruksiyonu görülmektedir. Döküm ve döküm parçaları hakkında daha geniş gerekli bilgiyi ***www.guven-kutay.ch*** sitesinde ***"03 Döküm ve Konstrüksiyonu"*** bölümünde bulabilirsiniz. Konstruksiyon ve konstruksiyonun ölçülendirilmesi için gerekli bilgiyi ***www.guven-kutay.ch*** sitesinde ***"30 Konstrüksiyon Sistematiği"*** bölümünde bulabilirsiniz.

Bir redüktör az adet üretilecekse döküm model masrafı büyük olacağından, kutuyu çelik konstruksiyon, yani kaynak konstruksiyon yapmak daha ekonomik olacaktır. Burada dikkat edilecek husus çelik konstruksiyonun titreşimi azaltması döküm konstruksiyona göre oldukça kötüdür. SHG 080 redüktörünün kasası çelik konstruksiyon olarak Şekil. 1.33 da görülmektedir. Konstruksiyon için daha geniş bilgiyi ***www.guven-kutay.ch*** sitesinde ***"30 Konstrüksiyon Sistematiği"*** ve ***"07 Kaynak bağlantıları"*** bölümünde bulabilirsiniz.



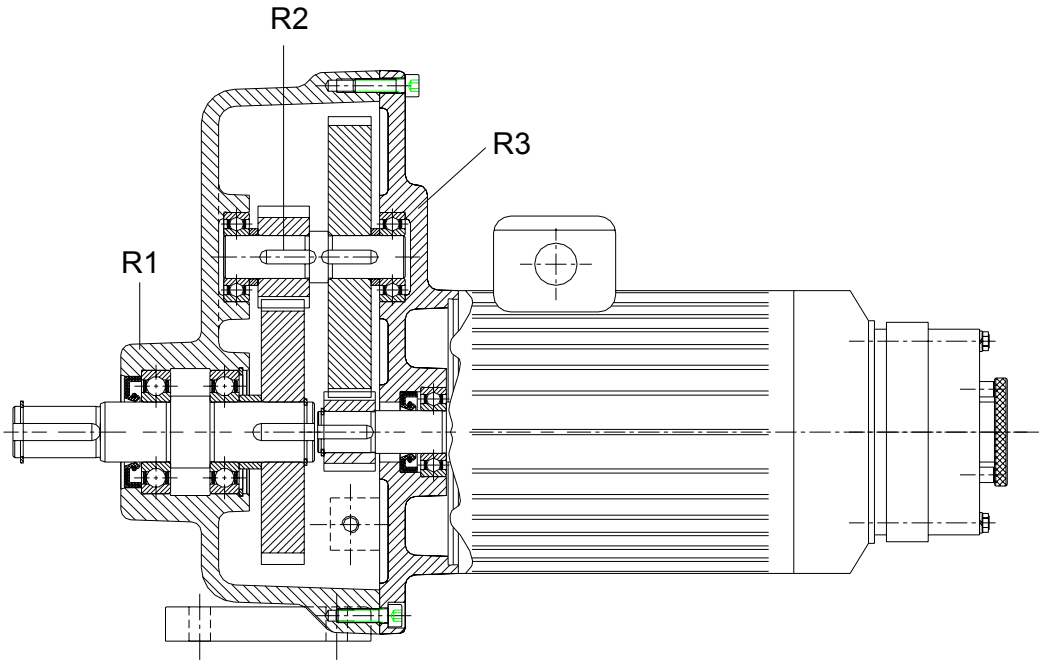
Şekil. 1.33, Kaynak konstruksiyon kaldırma redüktörü SHG 080

Bu redüktörlerde aynı dişliler moment sınırlarına göre çeşitli redüktör tiplerinde kullanıl-mıştır. Redüktörler 80 kN a kadar SHG 080, 125 kN a kadar SHG 125, 200 kN a kadar SHG 200, 320 kN a kadar SHG 320 olarak adlandırılmıştır.

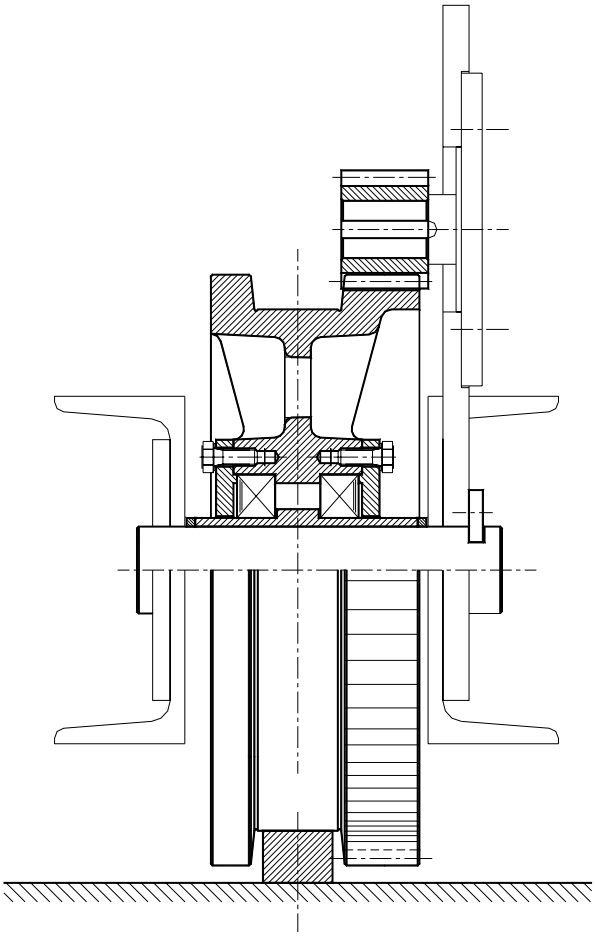


Şekil. 1.34, Seri kaldırma redüktörleri SHG 080 / SHG 125 / SHG 200 ve SHG 320

Seri kaldırma redüktörleri kutuları Şekil. 1.34 da görüldüğü gibi bir birilerinin benzeridir ve genelde faktörlerle büyültülüp küçülterek konsrtruksiyonları yapılır. Konstruksiyon için daha geniş bilgiyi ***www.guven-kutay.ch*** sitesinde ***"30 Konstrüksiyon Sistematiği"*** bölümünde bulabilirsiniz.



Şekil. 1.35, Seri yürütme redüktörü kesiti



Şekil. 1.36, Açık tekerlek tahriki

Genel makina endüstrisinin dışında özel redüktörlere gereken gemi ve çimento endüstrileri için ayrı tip çeşitli redüktörler imal edilir. Foto 1.11 ve Foto 1.12 de MAAG AG / Zürich-İsviçre firmasının ürettiği gemi redüktörleri görülmektedir.

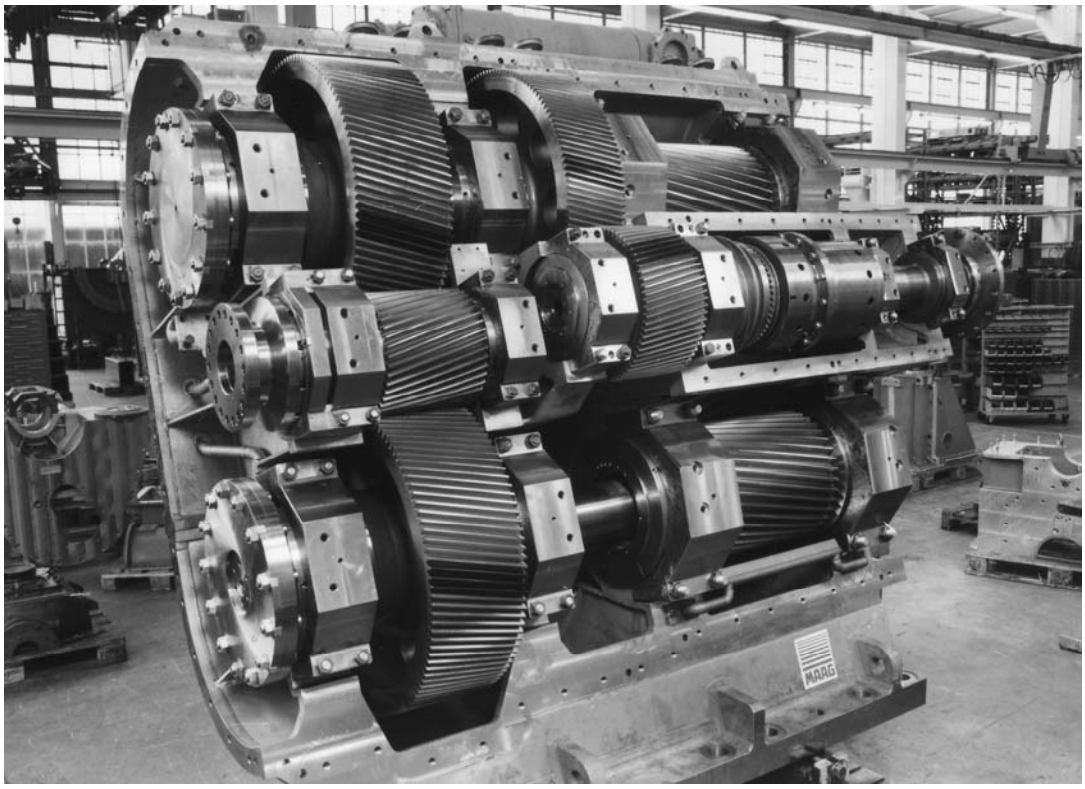


Foto 1.11, Gemi redüktörü, MAAG / ZH

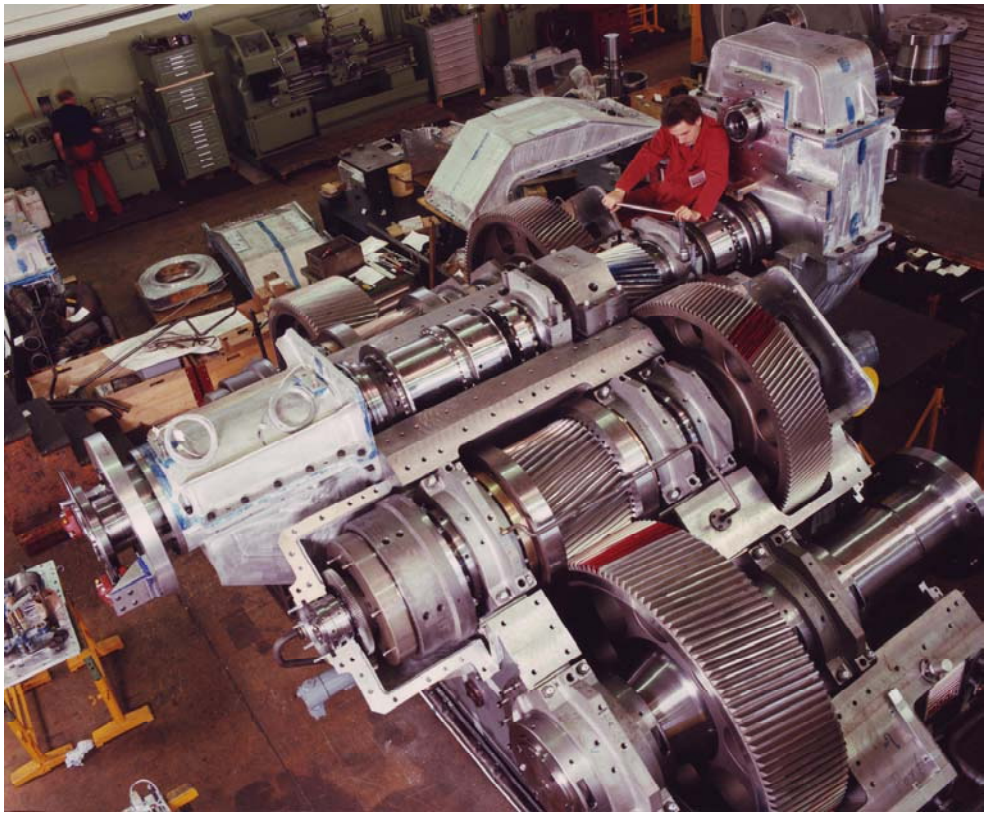
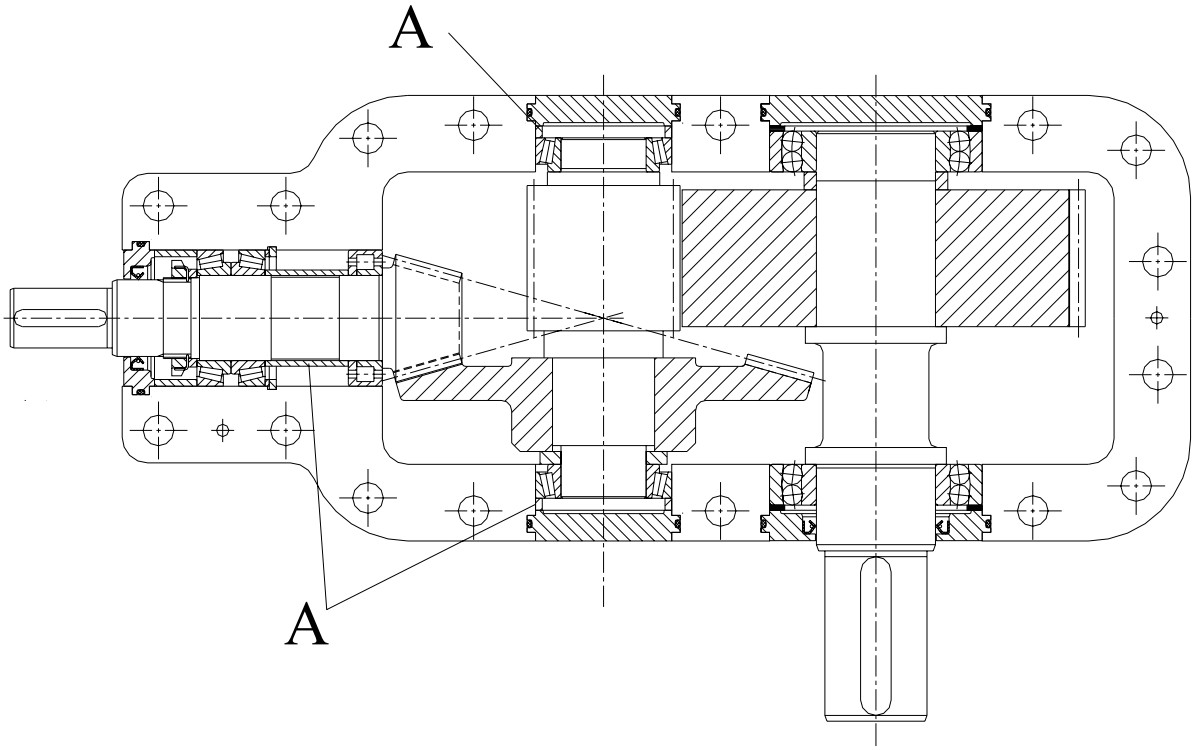


Foto 1.12, Gemi redüktörü, MAAG / ZH

1.7.2 Konik dişli redüktör

Konik dişli redüktörler rotasyon ekseni 90 ve daha çeşitli açılarda değiştirilmesi gereken yerlerde kullanılır. Şekil. 1.37 de birinci kademesi konik ikinci kademesi silindirik redüktör görülmektedir. Bu redüktörde "Bern mühendislik okulunda (FH)" sömester alıştırması olarak yapılmıştır.



Şekil. 1.37, Konik dişli redüktör

Resimde A ile gösterilen mesafe bilezikleri montajda dişlileri tam pozisyonlarına getirebilmek için gereken ölçüde taşlanacak parçalardır.

1.7.3 Özet

Redüktör kutusu ve dişliler üretim sayılarına göre, ya döküm veya kaynak konstruksiyon olarak imal edilirler. Kaynak konstruksiyon genelde daha hafif ve darbelere daha daya-nıklıdır. Fakat kaburgalarla donatılması ve iç gerilimlerden arınması için tavlaması gereklidir. Döküm konstruksiyon bir çok sayıda üretilecekse kaynak konstruksiyona göre daha ucuzdur. Döküm konstruksiyonun sesi kısması ve rijit olması avantajlarından biridir. Kutular mil merkezlerinde genelde yatay olarak ayrılırlar. Alt ve üst kutuyu pozisyonlamak için pimler kullanılır. Pim çapı ≈ 0,6 . d_{Ci} kadar alınır. Pimler iki uzak uca konulur. Bundan başka redüktörü taşıyabilmek için transport deliklerini unutmamak gerektir. Redüktörün her türlü montajı halinde yağ doldurma ve boşaltma delikleri bulunmalıdır. Çalışan redüktörde ısı ve bunun sonucu olarak yağ buharı oluşur. Buda redüktörde iç basıncın yükselmesine sebep olur. Basıncı normale çevirmek için havalandırma deliği ön görülmelidir.

2 Kaynaklar

2.1 Literatür

[1]	Akkurt Mustafa / Kent Malik	Makina Elemanları, Birinci Cilt, 2.Baskı Birsen Yayınevi, 1986
[2]	Bachmann / Lohkamp / Strobl	Maschinenelemente, Band 1, Grundlagen und Verbindungselemente, Vogel- Buchverlag, Würzburg
[3]	Bargel/Schulze	Werkstoffkunde, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf
[4]	Böge, A.	Das Techniker Handbuch, 16. überarbeitete Auflage, Friedr. Vieweg&Sohn, 2000
[5]	Decker, K-H.	Maschinenelemente, Gestaltung und Berechnung Carl Hanser Verlag, München Wien, 8.Auflage
[6]	DIN-Taschenbuch 106	Antriebstechnik 1, Normen über die Verzahnungsterminologie Beuth Verlag GmbH, Berlin/Köln, 2.Auflage 1981
[7]	DIN-Taschenbuch 123	Antriebstechnik 2, Normen für die Zahnradfertigung Beuth Verlag GmbH, Berlin/Köln, 1.Auflage 1978
[8]	DIN-Taschenbuch 173	Antriebstechnik 3, Normen für die Zahnradkonstruktion Beuth Verlag GmbH, Berlin/Köln
[9]	Dubbel, H.	Taschenbuch für den Maschinenbau, 17. Auflage, Springer Verlag, 1990
[10]	Ernst	Die Hebezeuge Bemessungsgrundlagen, Bauteile, Antriebe Friedr. Vieweg+Sohn Branschweig, 1973
[11]	Gieck, K.	Technische Formelsammlung, 27. erweiterte Auflage, Gieck Verlag, 1981
[12]	Hütte	Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften 29. völlig neubearbeitete Auflage, Springer Verlag, 1991
[13]	Köhler / Rögnitz	Maschinenteile, Teil 1 und Teil 2 B.G.Teubner, Stuttgart
[14]	Konstruteur	BBC (Yeni ABB) Firması Firma içi yayını
[15]	Kutay, M. Güven	Makinacının Rehberi, Birsen Yayınevi, Istanbul, 2003
[16]	Kutay, M. Güven	Mukavemet Değerleri, Makina Mühendisleri Odası, MMO/2004/353
[17]	Langer, E.	Maschinenelemente, Berechnung und Gestaltung Dümmler

[18]	MAAG.Taschenbuch	MAAG.Zahnräder Aktiengeselschaft CH-8023 Zürich/Schweiz
[19]	Matek, W. / Muhs, D. / Wittel, H. / Becker, M.	Roloff/Matek, Maschinenelemente Vieweg Verlag
[20]	Niemann, G.	MASCHINENELEMENTE, Band II, III Springer-Verlag, 2.Auflage 1981
[21]	Okday Şefik	Makina Elemanları, Üçüncü Cilt, 4.Baskı Birsen Yayınevi, 1982
[22]	Reishauer AG	Katalog ve CD Werkzeugmaschinen , Industriestr 36 CH-8304 Walliselen-ZH
[23]	Schuster, C.	Die praktische Berechnung der Dauerfestigkeit gekerbter Bauteile unter Berücksichtigung des DDR-Standarts TGL 19 340. IFL Mitt. 6 (1967), Heft 11
[24]	Ten Bosch	Berechnung der Maschinenelemente Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York
[25]	Wellinger, K. / Dietmann, H.	Festigkeitsberechnung, Grundlagen und technische Anwendung
[26]	Widmer, E.	Fräsen und Verzahnen I Blaue TR-Reihe, Verlag Technische Rundschau im Hallwag Verlag, Bern und Stuttgart
[27]	Pickard, J.	Berechnung einfacher und zusammengesetzter Planetengetriebe KEM, Mai 1987

2.2 Standartlar

DIN 780 T1	Mai1977	Modulreihe für Zahnräder, Moduln für Stirnräder
DIN 780 T2	Mai1977	Modulreihe für Zahnräder, Moduln für Zylinderschneckengetriebe
DIN 867	Feb1986	Bezugsprofile, für Evolventenverzahnungen an Stirnrädern (Zylinderräder) für den allgemeinen Maschinenbau und den Schwermaschinenbau
DIN 3960	Juli1980	Begriffe und Bestimmungsgrössen für Stirnräder (Zylinderräder) und Stirnradpaare (Zylinderradpaare) mit Evolventenverzahnung
DIN 3960 B1	Juli1980	Begriffe und Bestimmungsgrössen für Stirnräder (Zylinderräder) und Stirnradpaare (Zylinderradpaare) mit Evolventenverzahnung, Zusammenstellung der Gleichungen
DIN 3964	Nov1980	Achsabstandabmasse und Achslagetoleranzen von Gehäusen für Stirnradgetriebe
DIN 3966 T1	Aug1978	Angaben für Verzahnungen in Zeichnungen, Angaben für Stirnrad-(Zylinderrad) Evolventenverzahnungen
DIN 3967	Jul1978	Getriebe-Passsystem, Flankenspiel / Zahndickenabmasse / Zahndickentoleranzen Grundlagen
DIN 3978	Aug1976	Schrägungswinkel für Stirnradverzahnungen
DIN 3990 T1	Mär1980	Grundlagen für die Tragfähigkeitsberechnung von Gerad- und Schrägstirnrädern, Einführung und allgemeine Einflussfaktoren
DIN 3990 T2	Mär1980	Grundlagen für die Tragfähigkeitsberechnung von Gerad- und Schrägstirnrädern, Berechnung der Zahnflankentragfähigkeit (Grübchenbildung).
DIN 3990 T3	Mär1980	Grundlagen für die Tragfähigkeitsberechnung von Gerad- und Schrägstirnrädern, Berechnung der Zahnfusstragfähigkeit
DIN 3990 T4	Mär1980	Grundlagen für die Tragfähigkeitsberechnung von Gerad- und Schrägstirnrädern, Berechnung der Fresstragfähigkeit
DIN 3990 T 5	Mai1984	Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern, Dauerfestigkeitswerte und Werkstoffqualitäten
DIN 3990 T11	Jul1984	Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern mit Evolventenverzahnung, Anwendungsnorm für Industriegetriebe, Detail-Methode
DIN 3990 T21	Jul1984	Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern mit Evolventenverzahnung, Anwendungsnorm für Schnellaufgetriebe und Getriebe ähnlicher Anforderungen
VDI 2157	Sep 1978	Planetengetriebe Begriffe, Symbole, Berechnungsgrundlagen

3 Konu İndeksi

A

Azdırma sistemi 10

B

Broşlama metodu 15

D

Daldırmalı yağlama 21

F

Fellow sistemi 9

H

Haddeleme ile diş açma 14

K

Kuvvet-Hız-Faktörü 21

M

MAAG sistemi 6

O

Ortak çevre hızı 19
Ovalama ile diş açma 14

P

Püskürtme döküm metodu 14
Püskürtmeli yağlama 21

S

Şablona göre diş açma 14
Sinterleme metodu 15
Sürmeli yağlama 21

V

Viskozite seçimi 22, 23

Y

Yağlama 19
Yuvarlanma metodu 5

Z

Zımbalama metodu ile diş açma 14