

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

84951

T- MODEL ARAÇLARDAKİ 5 İLERİ + 1 GERİ ŞANZUMANIN
VE TRANSFERİN DİŞLİ VE MİLLERİNİN KÜMÜLATİF HASAR
DURUMUNA GÖRE ÖMÜR DEĞERLENDİRMELERİ

Mak. Müh. Osman Erhan BİLGİN

F.B.E. Mak. Müh. Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Necati TAHRALI

Prof. İrfan YAVASLIOL

Prof. Dr. Ahmet TOPUZ

Prof. Necati TAHRALI

İSTANBUL, 1999

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iii
RESİM LİSTESİ.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
GİRİŞ.....	viii
1. PÜLZATÖR DENEYLERİ VE WÖHLER DİYAGRAMLARININ BULUNUŞU....	1
2. ÖMÜR HESAPLARINDA BİRİKİMLİ HASAR DEĞERLENDİRMELERİ.....	2
2.1 Genel Bilgiler.....	2
2.2 Palmgren – Miner Denklemi.....	3
2.3 Süreli Mukavemet (Zaman Mukavemeti) Bölgesinde Ömür Değerinin Analitik Yoldan Hesaplanması.....	5
2.3.1 Eğilme hali.....	5
2.3.2 Çekme hali.....	8
3. EMNİYET KATSAYISI VE GÜVENİRLİK.....	11
3.1 Genel Bilgiler.....	11
4. GT MODEL 5 İLERİ ŞANZUMAN DIŞLİLERİNİN MUKAVEMET HESAPLARI.....	13
4.1 GT – Model 5 İleri Şanzumanın Dişli Verileri.....	13
4.2 GT – Model 5 İleri Şanzumanın Montaj Resmi.....	14
4.3 Prizdirek Dişlisi Hesabı (Prizdirek mili) (1 İndisli).....	15
4.4 Prizdirek Karşılığı Hesabı (Grup mili) (2 İndisli).....	16
4.5.a 1. Vites hesabı (Grup mili) (2 İndisli).....	17
4.5.b 1. Vites hesabı (Prizdirek mili) (1 İndisli).....	19
4.6.a 2. Vites hesabı (Grup mili) (2 İndisli).....	20
4.6.b 2. Vites hesabı (Prizdirek mili) (1 İndisli).....	21
4.7.a 3. Vites hesabı (Grup mili) (2 İndisli).....	22
4.7.b 3. Vites hesabı (Prizdirek mili) (1 İndisli).....	23
4.8.a 5. Vites hesabı (Grup mili) (2 İndisli).....	24
4.8.b 5. Vites hesabı (Prizdirek mili) (1 İndisli).....	25
4.9.a Geri vites hesabı (Grup mili) (2 İndisli).....	26

4.9.b	Geri vites hesabı (Prizdirek mili) (1 İndisli).....	27
5.	GT-MODEL 5 İLERİ ŞANZUMAN MİLLERİNİN MUKAVEMET HESAPLARI	30
5.1	Grup Mili.....	30
5.1.1	1. Vites hesabı.....	30
5.1.1.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	30
5.1.1.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	32
5.1.2	2. Vites hesabı.....	34
5.1.2.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	34
5.1.2.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	36
5.1.3	3. Vites hesabı.....	38
5.1.3.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	38
5.1.3.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	40
5.1.4	5. Vites hesabı.....	42
5.1.4.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	42
5.1.4.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	44
5.1.5	Geri vites hesabı.....	46
5.1.5.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	46
5.1.5.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	48
5.2	Prizdirek Mili.....	50
5.2.1	1. Vites hesabı (Prizdirek mili).....	50
5.2.1.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	50
5.2.1.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	52
5.2.2	2. Vites hesabı.....	54
5.2.2.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	54
5.2.2.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	56
5.2.3	3. Vites hesabı.....	58
5.2.3.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	58
5.2.3.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	60
5.2.4	5. Vites hesabı.....	62
5.2.4.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	62
5.2.4.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	64
5.2.5	Geri vites hesabı.....	66
5.2.5.1	Eğilme gerilmesinin hesabı (1. Kesit).....	66
5.2.5.2	Eğilme gerilmesinin hesabı (2. Kesit).....	68
6.	ÖMÜR HESAPLARI.....	70
6.1	Yalnız Eğilme Gerilmesine Göre Dişlilerin Ömür Hesabı.....	70
6.1.1	Prizdirek dişlisi ve karşılığı.....	72
6.1.2	1. Vites dişlileri.....	73
6.1.3	2. Vites dişlileri.....	73
6.1.4	3. Vites dişlileri.....	73
6.1.5	5. Vites dişlileri.....	74
6.1.6	Geri vites dişlileri.....	74
6.2	Eğilme Gerilmesine Göre Dişlilerin Ömür Hesabı (Km cinsinden).....	77
6.3	Eğilme Gerilmesine Göre Millerin Ömür Hesabı.....	79
6.3.1	Grup mili.....	81
6.3.1.1	1. Vites.....	82

6.3.1.2	2. Vites.....	82
6.3.1.3	3. Vites.....	82
6.3.1.4	5. Vites.....	83
6.3.1.5	Geri vites.....	83
6.3.2	Prizdirek mili.....	83
6.3.2.1	1. Vites.....	83
6.3.2.2	2. Vites.....	84
6.3.2.3	3. Vites.....	84
6.3.2.4	5. Vites.....	84
6.3.2.5	Geri vites.....	85
6.4	Eğilme Gerilmesine Göre Millerin Ömür Hesabı (Km cinsinden).....	87
6.4.1	Grup mili.....	87
6.4.2	Prizdirek mili.....	88
6.5	Burulma Gerilmesine Göre Millerin Ömür Hesabı.....	90
6.5.1	Grup mili.....	91
6.5.1.1	1. Vites.....	91
6.5.1.2	2. Vites.....	91
6.5.1.3	3. Vites.....	92
6.5.1.4	5. Vites.....	92
6.5.1.5	Geri vites.....	92
6.5.2	Prizdirek mili.....	93
6.5.2.1	1. Vites.....	93
6.5.2.2	2. Vites.....	93
6.5.2.3	3. Vites.....	93
6.5.2.4	5. Vites.....	96
6.5.2.5	Geri vites.....	96
6.6	Burulma Gerilmesine Göre Millerin Ömür Hesabı (Km cinsinden).....	97
6.6.1	Grup mili.....	97
6.6.2	Prizdirek mili.....	98
6.7	Bileşik Gerilmeye Göre Millerin Ömür Hesabı.....	100
6.7.1	Grup mili.....	102
6.7.1.1	1. Vites.....	102
6.7.1.2	2. Vites.....	103
6.7.1.3	3. Vites.....	103
6.7.1.4	5. Vites.....	103
6.7.1.5	Geri vites.....	104
6.7.2	Prizdirek mili.....	104
6.7.2.1	1. Vites.....	104
6.7.2.2	2. Vites.....	104
6.7.2.3	3. Vites.....	105
6.7.2.4	5. Vites.....	105
6.7.2.5	Geri vites.....	105
6.8	Bileşik Gerilmeye Göre Millerin Ömür Hesabı (Km cinsinden).....	108
6.8.1	Grup mili.....	108
6.8.2	Prizdirek mili.....	110
7.	4X4 ŞANZUMANIN MUKAVEMET HESAPLARI.....	112
7.1	4x4 Şanzumana Gelen Maksimum Momentin Hesabı.....	112

7.2	1. Hız Kademesi Dişlilerinin Kontrolü.....	112
7.2.1	Daimi iştirak dişlisinin milinin eğilmeye karşı kontrolü.....	112
7.2.2	Grup dişlisinin milinin eğilmeye karşı kontrolü.....	113
7.3	2. Hız Kademesi Dişlilerinin Kontrolü.....	114
7.3.1	Daimi iştirak dişlisinin milinin eğilmeye karşı kontrolü.....	114
7.3.2	Grup dişlisinin daimi iştirak dişlisiyle temasında eğilme gerilmesi.....	115
7.3.3	Grup dişlisiyle 2. kademe dişlisinin temasında eğilme gerilmesi.....	115
7.3.4	2. Kademe hız dişlisinin grup dişlisiyle temasında eğilme gerilmesi.....	116
7.4	1. Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmelerinin Hesabı.....	117
7.4.1	Daimi iştirak dişlisi mili.....	117
7.4.1.1	Bileşik gerilmenin hesabı.....	117
7.4.1.1.1	Eğilme gerilmesi.....	117
7.4.1.1.2	Burulma gerilmesi.....	117
7.4.2	Grup dişlisi mili.....	118
7.4.2.1	Bileşik gerilmenin hesabı.....	118
7.4.2.1.1	Eğilme gerilmesi.....	118
7.4.2.1.2	Burulma gerilmesi.....	118
7.4.3	Hız dişlisi mili.....	118
7.5	2. Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmelerinin Hesabı.....	119
7.5.1	Daimi iştirak dişlisi mili.....	119
7.5.1.1	Bileşik gerilmenin hesabı.....	119
7.5.1.1.1a	Eğilme gerilmesi (1. Kesit).....	119
7.5.1.1.2a	Burulma gerilmesi (1. Kesit).....	119
7.5.1.1.1b	Eğilme gerilmesi (2. Kesit).....	120
7.5.1.1.2b	Burulma gerilmesi (2. Kesit).....	120
7.5.2	Grup dişlisi mili.....	121
7.5.2.1	Bileşik gerilmenin hesabı.....	121
7.5.2.1.1	Eğilme gerilmesi.....	121
7.5.2.1.2	Burulma gerilmesi.....	121
7.5.3	Hız dişlisi mili.....	122
7.5.3.1	Bileşik gerilmenin hesabı.....	122
7.5.3.1.1	Eğilme gerilmesi.....	122
7.5.3.1.2	Burulma gerilmesi.....	122
8.	4X4 ŞANZUMANIN ÖMÜR HESABI.....	123
8.1	1. Hız Kademesi Dişlisi Millerinin Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesabı.....	123
8.1.1	Daimi iştirak dişlisi mili.....	124
8.1.2	Grup dişlisi mili.....	124
8.2	1. Hız Kademesi Dişlisi Maillerinin Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesabı.....	125
8.3	2. Hız Kademesi Dişlilerinin Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesabı.....	126
8.3.1	Daimi iştirak dişlisi mili.....	126
8.3.2	Grup dişlisiyle daimi iştirak dişlisinin teması.....	126
8.3.3	Grup dişlisiyle 2. kademe dişlisinin teması.....	126
8.3.4	2. Kademe hız dişlisinin grup dişlisiyle teması.....	126
8.4	2. Hız Kademesi Dişlilerinin Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesabı (Km cins.).....	127
8.5	1. Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmeye Göre Ömür Hesabı.....	128
8.5.1	Daimi iştirak dişlisi mili.....	128
8.5.2	Grup dişlisi mili.....	128

8.5.3	Hız dişlisi mili.....	128
8.6	1. Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmeye Göre Ömür Hesabı (Km cins.).....	129
8.7	2. Hız Kademesi Dişlilerinin Bileşik Gerilmeye Göre Ömür Hesabı.....	130
8.7.1	Daimi iştirak dişlisi mili.....	130
8.7.2	Grup dişlisi mili.....	130
8.7.3	Hız dişlisi mili.....	130
8.8	2. Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmeye Göre Ömür Hesabı (Km cins.).....	131
9.	SONUÇLAR.....	132
	KAYNAKLAR.....	133
	ÖZGEÇMİŞ.....	134



SİMGE LİSTESİ

$\sigma_{eğ}$	Eğilme gerilmesi
τ_b	Burulma gerilmesi
N	Ömür
M	Moment
d	Mil çapı
i	Çevrim oranı
T_c	Tekerlek çevresi
L	Km cinsinden ömür değeri
s	Emniyet katsayısı



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Wöhler diyagramı..... 1
Şekil 2.1	Wöhler diyagramı..... 2
Şekil 2.2	Eğilme hali için wöhler diyagramı..... 5
Şekil 2.3	Çekme hali için wöhler diyagramı..... 8
Şekil 6.1	Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramı..... 70
Şekil 6.2	Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramı..... 79
Şekil 6.3	Burulma gerilmesine göre wöhler diyagramı..... 90
Şekil 6.4	Bileşik gerilmeye göre wöhler diyagramı.....101
Şekil 8.1	Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramı..... 123



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Malzemelerin değişik zorlanmalardaki gerilme değeri katsayıları..... 10
Çizelge 4.1	GT-Model 5 ileri şanzumanın dişli verileri..... 13
Çizelge 4.2	16MnCr5 'in kimyasal analiz değerleri..... 13
Çizelge 6.1	GT-Model 5 ileri şanzumanın vites süreleri..... 75
Çizelge 6.2	Eğilme gerilmesine göre dişlilerin ömür değerleri (Vites süreleri göz önüne alınarak)..... 76
Çizelge 6.3	Eğilme gerilmesine göre dişlilerin ömür değerleri (Km cinsinden)..... 77
Çizelge 6.4	Eğilme gerilmesine göre dişlilerin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)..... 78
Çizelge 6.5	Eğilme gerilmesine göre millerin ömür değerleri (Vites süreleri göz önüne alınarak)..... 86
Çizelge 6.6	Eğilme gerilmesine göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden)..... 87
Çizelge 6.7	Eğilme gerilmesine göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)..... 88
Çizelge 6.8	Eğilme gerilmesine göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden)..... 89
Çizelge 6.9	Eğilme gerilmesine göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)..... 89
Çizelge 6.10	Burulma gerilmesine göre millerin ömür değerleri (Vites süreleri göz önüne alınarak)..... 96
Çizelge 6.11	Burulma gerilmesine göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden)..... 97
Çizelge 6.12	Burulma gerilmesine göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)..... 98
Çizelge 6.13	Burulma gerilmesine göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden)..... 99
Çizelge 6.14	Burulma gerilmesine göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)..... 99
Çizelge 6.15	Bileşik gerilmeye göre millerin ömür değerleri (Vites süreleri göz önüne alınarak)..... 107
Çizelge 6.16	Bileşik gerilmeye göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden)..... 108
Çizelge 6.17	Bileşik gerilmeye göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)..... 109
Çizelge 6.18	Bileşik gerilmeye göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden)..... 110
Çizelge 6.19	Bileşik gerilmeye göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)..... 111
Çizelge 8.1	1. Hız kademesi dişlilerinin eğilme gerilmesine göre ömür değerleri (Km cinsinden)..... 125
Çizelge 8.2	2. Hız kademesi dişlilerinin eğilme gerilmesine göre ömür değerleri (Km cinsinden)..... 127
Çizelge 8.3	1. Hız kademesi dişlilerinin bileşik gerilmeye göre ömür değerleri (Km cinsinden)..... 129
Çizelge 8.4	2. Hız kademesi dişlilerinin bileşik gerilmeye göre ömür değerleri (Km cinsinden)..... 131

RESİM LİSTESİ

	Sayfa
Resim 4.1	GT-Model 5 ileri şanzumanın montaj resmi..... 14
Resim 6.1	Prizdirek dişlisi ve karşılığı..... 72
Resim 6.2	Geri vites dişlisi..... 74
Resim 6.3	Grup mili..... 81



TEŐEKKÖR

“ T – Model araçlardaki 5 ileri + 1 geri Şanzumanın ve transferin dişli ve millerinin kümülatif hasar durumuna göre ömür değerlendirmeleri” konulu tezimin tesbiti ve incelenmesinde teŐvik eden sayın hocam Prof. Necati TAHRALI beye teŐekkürlerimi sunarım.



ÖZET

İşletme durumdaki makina parçaları değişik zorlanmalara maruz kalırlar. Bu durumdaki makina parçaları için ömür ve güvenilirlik büyük önem taşımaktadır. Ömrü belirleyen en önemli faktör işletme şartlarıdır. İşletme şartlarından kastedilen makina parçasının ne tür gerilme ile hangi zaman aralığında zorlandığıdır. Eğer işletme şartları belli ise makina parçasının ömür hesaplarından kolayca sonuca varılabilir.

Bu tezde bir şanzumanın, eğilme ve burulma zorlanmaları altında çalışan dişli ve millerinin ömür hesapları Birikimli (Kümülatif) ve Birikimsiz Hasar durumları göz önüne alınarak, Palmgren-Miner denklemlerinden yararlanılarak yapıldı.

Kilometre cinsinden hesaplanan ömür değerleri ile şanzumanın dişli ve millerinin stok belirlenmesinde önemli sonuçlar elde edilmiş bulunmaktadır.



ABSTRACT

While operating machine parts are under influence of different stresses. The lifetime reliability calculations of the machine parts are very important. The lifetime of machine parts depends on several factors. One of the most important factors is the working condition. It means to identify under what kind of stress and during which time a machine part is operated. If the working conditions are clear, it is easy calculate the machine parts lifetime.

In this thesis, the lifetime analysis of a gears cogwheels and axle, working under beeding and twisting stresses, are done cosidering the cumulative and none cumulative damage and using Palmgren-Miner formulas.

Apart of the lifetime meanings calculated in kilometers, important results were obtained in stocking of a gears cogwheels and axles.



GİRİŞ

Günlük yaşamda birbirlerine anlamca çok yakın olan güvenilirlik ve emniyet terimlerini birbirlerinin yerine kullanmak günlük yaşamımızı belki olumsuz yönde etkilemez. Yani biri bize bu köprü emniyetlidir geçebilirsiniz dediğinde biz o köprünün güvenilirliğinden şüphe etmeyiz fakat Makina Mühendisliği konstrüksiyon elemanlarının hesaplarında bu kavramların tam açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Kısacası güvenilirlik ve emniyet kavramları birbirinden farklıdır.

Hesaplardan bahsettiğimize göre bu iki terimi birbirinden ayırmak için matematiksel kriterlerden yararlanabiliriz. Şöyleki;

Makina parçalarının zorlayıcı yüklerin etkisi altında sınır mukavemet değerini aşmadığını gösteren parametre **emniyet katsayısı** olarak bilinir ve bunun 1 rakamına eşit veya daha büyük olması sözkonusudur. Emniyet katsayısı 1 den büyük olsa dahi bir konstrüksiyon elemanında belirli bir ömrü gerçekleştirme garantisini gösteren parametre **güvenirlik**'tir. Bunun değeri %100'den, yani 1 rakamından küçüktür.

Klasik Konstrüksiyon Metodu emniyet fikrine dayanır. Bu yöntemde herhangi bir teknik sistemin işe yarar durumu, sistem elemanlarının teorik olarak sonsuz ömrü gerçekleştirecek mukavemet değerleriyle hesaplanarak sağlanmaktadır.

İstatistik Konstrüksiyon Metodu'nun temel fikri ise, makina parçalarının işletme şartlarında hasar görmeksizin belirlenen sürelerde çalışmasını esas alarak güvenilirlik yüzdesinin hesaplanmasıdır. Güvenirlik, istatistik analiz ve ihtimaller teorisine dayanmaktadır.

Makina parçalarını zorlayan gerilmeler ile ömür arasındaki bağıntıları veren grafikler WÖHLER diyagramları olarak bilinmektedir. Makina parçalarını asal normal gerilmelerle zorlayan pülzator veya kayma (torsiyon) gerilmeleriyle zorlayan torsatör deneylerinde elde edilen gerilme ve ömür değerleriyle Wöhler diyagramları elde edilmektedir.

Güvenilir deney şartları, makina parçasının gerçek dinamik zorlanma durumuna eşdeğer olmalıdır.

Bu projede yukarıdaki hesap yöntemleri göz önüne alınarak, **K.K.K. 1013 Ord. Donat. Ana Tamir Fabrikası**'nda üretilen T model jeeplerin vites dişli ve millerinin ömür hesabı yapılacaktır.

1. PÜLZATÖR DENEYLERİ VE WÖHLER DİYAGRAMLARININ BULUNUŞU

Makina parçalarının dinamik zorlanmalarında mukavemet sınırlarının bilinmesi için, deneyler yapılması ve buna göre gerilme – ömür değerinin bulunması gerekmektedir.

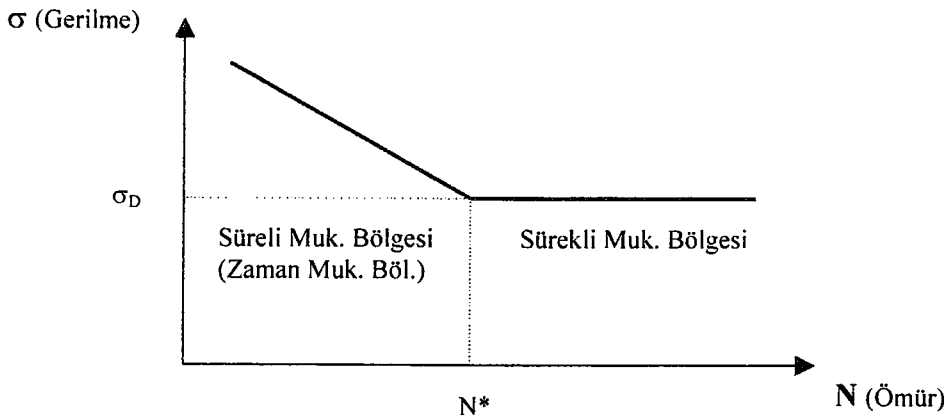
Gerilme Ömür bağıntısını gösteren diyagramlara Wöhler diyagramları denilmektedir.

Makina parçalarının dinamik gerilmelerle zorlanmaları Çekme – basma veya eğilme deneyleri pülzatör adı verilen düzenekler üzerinde gerçekleştirilmektedir. Zorlayıcı kuvvet hidrolik ise “hidropülzatör”, mekanik ise “rezonans pülzatör” denilmektedir.

Güvenilir deney şartları, makina parçasının gerçek dinamik zorlanma durumuna eşdeğer olmalıdır.

Wöhler diyagramlarında iki bölge mevcuttur.

- 1) **Sürelî (Zaman) Mukavemet Bölgesi:** Belirli bir gerilme değerinde makina parçasının zorlanması durumunda , ömür değeride belirlidir. Ne kadar yük tekrarı (veya işletme saati) ömrü olacağı, bundan sonra hasar meydana geleceğini belirten bölgedir.
- 2) **Sürekli Mukavemet Bölgesi:** Makina parçasının ömrünün (teorik olarak) sonsuz değerini gösterdiği bölgedir. Teorik olarak sonsuz ömür, gerçekte makina parçasından istenilen ömürden (N^*) daha fazlasını belirtmektedir. (Şekil 1.1)

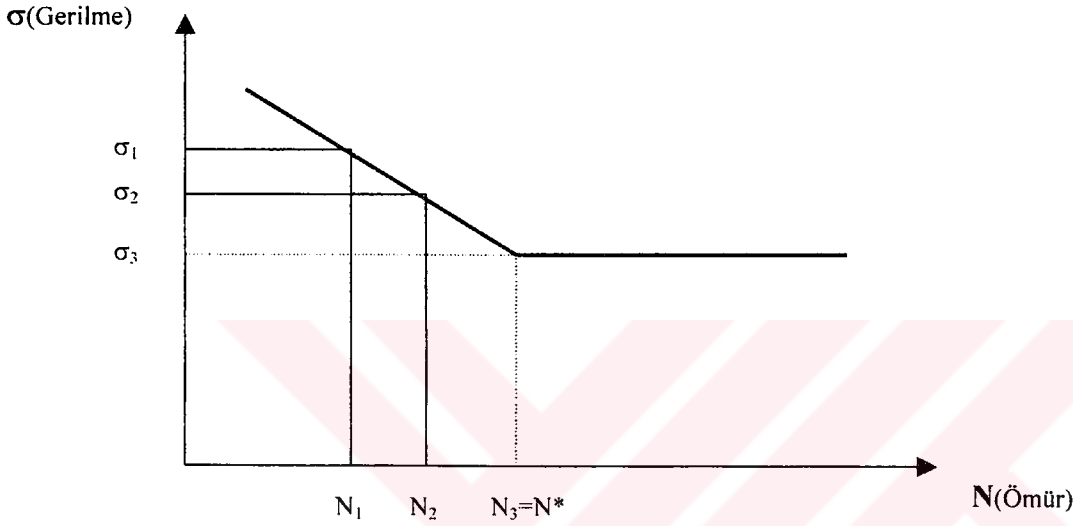


Şekil 1.1 Wöhler diyagramı

2. ÖMÜR HESAPLARINDA BİRİKİMLİ HASAR DEĞERLENDİRMELERİ

2.1 Genel Bilgiler

Bu bölümde, Wöhler Diyagramı'nın birikimli hasara göre çizimi incelenecektir. Bilindiği gibi Wöhler diyagramında birbirinden farklı iki bölge bulunmaktadır.



Şekil 2.1 Wöhler diyagramı

Şekil 2.1 'e göre;

σ_1, σ_2 : Zaman Mukavemeti (Sürekli muk.) bölgesindedir.

σ_3, σ_D : Sürekli mukavemet bölgesindedir.

Sürekli mukavemet bölgesinde N_3 değeri, çeşitli makina parçaları (mil, dişliçark vs.) için, minimum sürekli ömür değeri olarak, standartlarda belirtilmiştir.

Örneğin; Dişliçark için $5 \cdot 10^6$, genel imalat çeliklerinden yapılmış mil vb. parçalar için 10^6 dır.

Makine parçasının farklı yüklerle (gerilmelerle) yüklenmesi durumunda, Wöhler diyagramı üzerinde eşdeğer ömrü bulabilmek için çeşitli metodlar kullanılır. Bu yöntemler içinde en çok kullanılan yöntem Palmgren-Miner metodudur.

Eşdeğer gerilme farklı gerilmelerle ulaşılabilecek ömrü, sadece kendisi uygulandığında sağlayan gerilmedir. Eşdeğer gerilmenin sağladığı ömür değeri de ayrıca eşdeğer ömürdür.

2.2 Palmgren-Miner Denklemi

Makina parçasının farklı yüklerdeki (gerilmelerdeki) çalışma süreleri ve bunlara karşılık ömürler aşağıdaki gibi olsun.

Gerilmeler	σ_1	σ_2	σ_3	...	σ_i
İşletmede yük tekrarları	n_1	n_2	n_3	...	n_i
Ömürler	N_1	N_2	N_3	...	N_i

Bu tablodaki tanımlamalara göre makine parçası σ_1 gerilmesine maruz kalarak çalışırsa ömrü N_1 olacaktır. Ancak bu makine parçası işletme sırasında σ_1 gerilmesinde belirli bir yük tekrarı olan n_1 miktarı kadar çalışmıştır. Aynı makine parçası σ_2 gerilmesinde n_2 kadar çalışmıştır. Makine parçası eğer yalnız σ_2 gerilmesinde çalıştırılıysaydı ömrü N_2 olacaktı.

Buna göre, Palmgren-Miner denklemi şöyle ifade edilir :

$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots + \frac{n_i}{N_i} = K \quad (2.1)$$

Eşitliğin sağ tarafındaki K değeri, $0,7 < K < 2,2$ arasındadır. Makine parçalarının yorulma kırılmalarındaki hesaplarda tavsiye edilen değer ise $K=1$ 'dir.

Yukarıdaki denklem çalışma yüzdeleri gözönüne alınarak şöyle yazılır :

Makine parçasının toplam ömrü : N ,

belli bir yükteki çalışma miktarının toplam ömre oranı : C olsun

Buna göre;

$$C_i = \frac{n_i}{N} \Rightarrow n_i = C_i \cdot N \quad \text{yani :}$$

$$n_1 = C_1 \cdot N, \quad n_2 = C_2 \cdot N, \quad n_3 = C_3 \cdot N$$

Bu eşitlikler yukardaki denklemde yerlerine koyulursa, Palmgren-Miner denklemi şu hale gelir . ($k=1$)

$$\frac{C_1 \cdot N}{N_1} + \frac{C_2 \cdot N}{N_2} + \frac{C_3 \cdot N}{N_3} + \dots + \frac{C_i \cdot N}{N_i} = 1 \quad \text{veya,} \quad (2.2)$$

$$\Rightarrow \frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_3}{N_3} + \dots + \frac{C_i}{N_i} = \frac{1}{N} \quad (2.3)$$

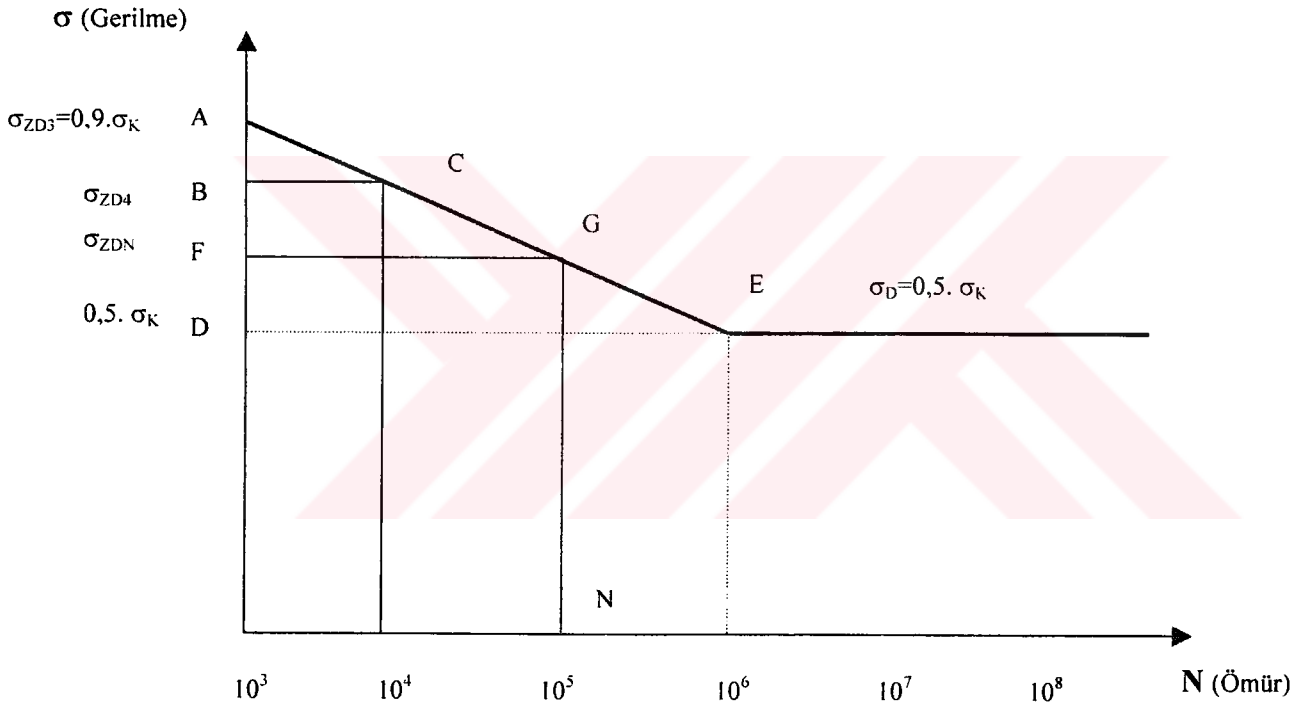
Herhangi bir gerilmenin malzemede meydana getirdiği hasar, gerilmenin işletmedeki yük tekrar sayısı ile doğru orantılıdır. Bundan dolayı pratikte, değişik gerilmeler altında çalışan makine parçalarının zaman mukavemeti veya sürekli mukavemet bölgelerinin elde edilmesi için, birikmiş hasar gözönünde bulundurulmalıdır.

2.3 Süreli Mukavemet (Zaman Mukavemeti) Bölgesinde Ömür Değerinin Analitik Yoldan Hesaplanması

2.3.1 Eğilme hali :

Genel imalat çelikleri için tam değişken eğilme haline ait Wöhler diyagramı aşağıdaki gibi çizilebilir.

Genel olarak eğilme zorlanmalarında $\sigma_D = 0,5 \cdot \sigma_K$ olarak alınır. Bu konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgiler Tablo 2.1 de verilmiştir.



Şekil 2.2 Eğilme hali için wöhler diyagramı

Makine konstrüksiyonlarında yük tekrar sayısına göre genellikle çalışma bölgelerinin sınırları şu şekilde belirlenmiştir :

- $N < 10^3$: Statik zorlanma bölgesi
- $10^3 < N < 10^6$: Zaman mukavemeti (süreli mukavemet) bölgesi
- $N > 10^6$: Sürekli mukavemet bölgesi

Not: Hesaplarımda Sürekli mukavemet bölgesi olarak $N > 3 \cdot 10^6$ değerini kullandım.

σ_{ZD3} : $N=10^3$ yük tekrarını gerçekleştiren gerilme değeridir. Yani statik yük, bütün ömür içinde, 10^3 defa tesir ettirilebilir. Genel imalat çelikleri için, çekme ve eğilmede bu değer $\sigma_{ZD3} = 0,9 \cdot \sigma_K$ olarak hesaplanmıştır.

$N=10^4$ yük tekrarını gerçekleştiren gerilme değeri σ_{ZD4} olarak yazılır.

Eğilmede σ_{ZD4} değerinin hesaplamak için ABC ve ADE üçgenlerinde, benzer üçgen bağıntısı yazılırsa.

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{AD}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{DE}} \quad (2.4)$$

$$\overline{AB} = 0,9 \cdot \sigma_K - \sigma_{ZD4}$$

$$\overline{AD} = 0,9 \cdot \sigma_K - 0,5 \cdot \sigma_K = 0,4 \cdot \sigma_K$$

$$\overline{BC} = \log 10^4 - \log 10^3 = 1$$

$$\overline{DE} = \log 10^6 - \log 10^3 = 3$$

Bu değerler üçgenlerin benzerliğinden elde ettiğimiz orantıda yerine koyulursa aşağıdaki gibi bir bağıntı elde edilir.

$$\frac{0,9 \cdot \sigma_K - \sigma_{ZD4}}{0,9 \cdot \sigma_K - 0,5 \cdot \sigma_K} = \frac{1}{3} \quad (2.5)$$

elde edilir. Buradan σ_{ZD4} çekilirse, eğilme hali için

$$\sigma_{ZD4} = 0,766 \cdot \sigma_K \quad (2.6)$$

sonucuna ulaşılır.

Bulunan sonucu genelleştirmek için, herhangi bir N yük tekrarındaki σ_{ZDN} gerilmesini ele alalım. Burada da AFG ve ADE üçgenlerine göre, benzer üçgen bağıntısı yazılırsa.

$$\frac{\overline{AF}}{\overline{AD}} = \frac{\overline{FG}}{\overline{DE}} \quad (2.7)$$

$$\overline{AF} = 0,9.\sigma_K - \sigma_{ZDN}$$

$$\overline{AD} = 0,9.\sigma_K - 0,5.\sigma_K = 0,4.\sigma_K$$

$$\overline{FG} = \log N - \log 10^3 = \log N - 3$$

$$\overline{DE} = \log 10^6 - \log 10^3 = 3$$

olduğundan, bu değerler yukarıdaki bağıntıda kullanılırsa

$$\frac{0,9.\sigma_K - \sigma_{ZDN}}{0,4.\sigma_K} = \frac{\log N - 3}{3} \quad (2.8)$$

elde edilir. Buradan σ_{ZDN} çekilirse

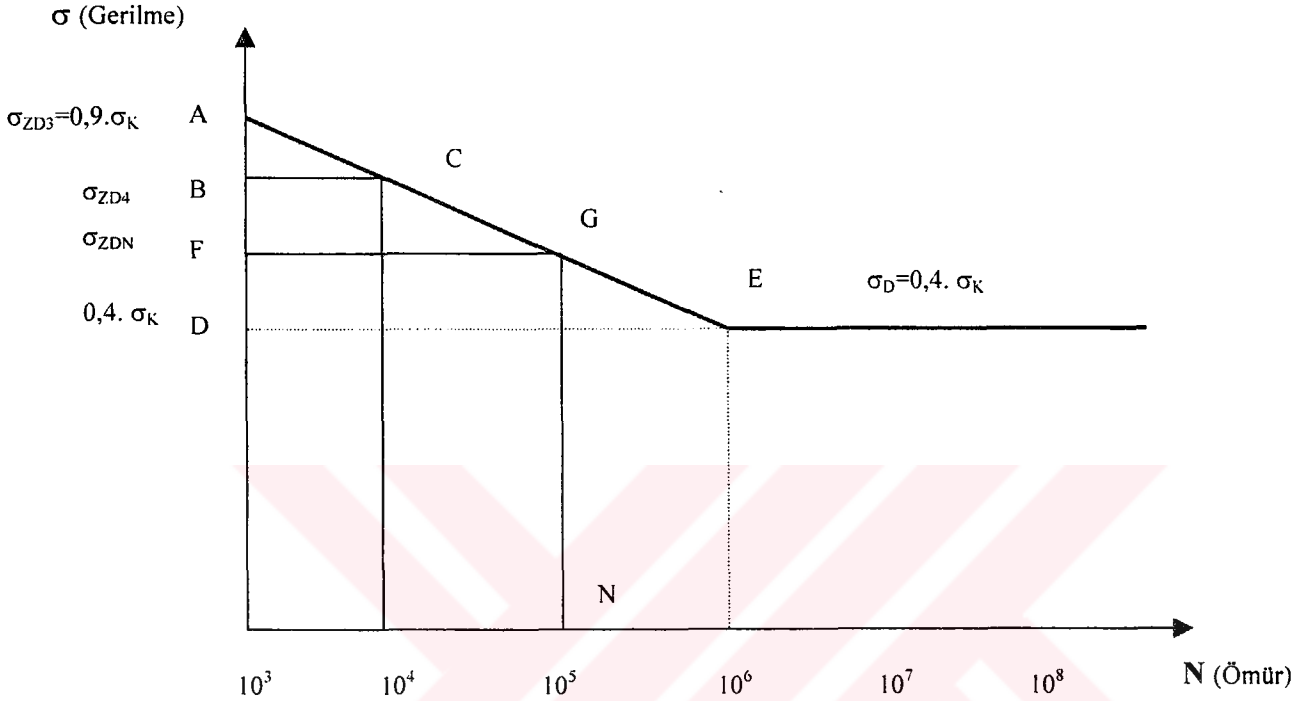
$$\sigma_{ZDN} = (1,3 - 0,1333.\log N).\sigma_K \quad (2.9)$$

sonucuna ulaşılır.

Genelleştirilmiş olarak yazılmış olan bu bağıntı eğilme zorlanmalarında zaman mukavemeti (sürelî mukavemet) bölgesinde istenen ömür değerine tekabül eden gerilme değerini verir.

2.3.2 Çekme hali

Genel imalat çelikleri için, tam değişken çekme haline ait Wöhler diyagramı aşağıdaki gibi çizilebilir.



Şekil 2.3 Çekme hali için wöhler diyagramı

Çekmede, $N=10^4$ yük tekrarını gerçekleştirecek gerilme değeri σ_{ZD4} ü hesaplamak için ABC ve ADE üçgenlerinde, benzer üçgen bağıntısı yazılırsa,

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{AD}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{DE}} \quad (2.10)$$

$$\overline{AB} = 0,9 \cdot \sigma_K - \sigma_{ZD4}$$

$$\overline{AD} = 0,9 \cdot \sigma_K - 0,4 \cdot \sigma_K = 0,5 \cdot \sigma_K$$

$$\overline{BC} = \log 10^4 - \log 10^3 = 1$$

$$\overline{DE} = \log 10^6 - \log 10^3 = 3$$

olduğundan, bu değerler yukarıdaki bağıntıda kullanılırsa

$$\frac{0,9.\sigma_K - \sigma_{ZDN}}{0,5.\sigma_K} = \frac{1}{3} \quad (2.11)$$

elde edilir. Buradan σ_{ZD4} çekilirse, eğilme hali için

$$\sigma_{ZD4} = 0,733.\sigma_K \quad (2.12)$$

sonucuna ulaşılır.

Bulunan sonucu genelleştirmek için, herhangi bir N yük tekrarındaki σ_{ZDN} gerilmesini ele alalım. Burada da AFG ve ADE üçgenlerine göre, benzer üçgen bağıntısı yazılırsa.

$$\frac{\overline{AF}}{\overline{AD}} = \frac{\overline{FG}}{\overline{DE}} \quad (2.13)$$

$$\overline{AF} = 0,9.\sigma_K - \sigma_{ZDN}$$

$$\overline{AD} = 0,9.\sigma_K - 0,4.\sigma_K = 0,5.\sigma_K$$

$$\overline{FG} = \log N - \log 10^3 = \log N - 3$$

$$\overline{DE} = \log 10^6 - \log 10^3 = 3$$

olduğundan, bu değerler yukarıdaki bağıntıda kullanılırsa

$$\frac{0,9.\sigma_K - \sigma_{ZDN}}{0,5.\sigma_K} = \frac{\log N - 3}{3} \quad (2.14)$$

elde edilir. Buradan σ_{ZDN} çekilirse

$$\sigma_{ZDN} = (1,4 - 0,1666.\log N).\sigma_K \quad (2.15)$$

sonucuna ulaşılır.

Genelleştirilmiş halde yazılan bu bağıntı, çekmede, zaman mukavemeti (sürekli muk.) bölgesinde ömür değerlerini verir.

Yukarıdaki pratik Wöhler diyagramları çizimleri, yalnız genel imalat çelikleri için yapılmıştır. Diğer çelik grupları için σ_D (sürekli mukavemet) ve σ_K (kopma mukavemeti) arasındaki bağıntılar, Tablo 2.1 den alınabilir ve Wöhler diyagramları çizilebilir.

Malzeme	Dinamik Zorlanmalar					
	Çekme		Eğilme		Burulma (Torsiyon)	
	σ_D	σ_{DT}	σ_D	σ_{DT}	τ_D	τ_{DT}
Genel İmalat Ç.	$0,45\sigma_K$	$1,3\sigma_D$	$0,49\sigma_K$	$1,5\sigma_D$	$0,35\sigma_K$	$1,1\tau_D$
İslah Ç.	$0,41\sigma_K$	$1,7\sigma_D$	$0,44\sigma_K$	$1,7\sigma_D$	$0,30\sigma_K$	$1,6\tau_D$
Sementasyon Ç.	$0,40\sigma_K$	$1,6\sigma_D$	$0,41\sigma_K$	$1,7\sigma_D$	$0,30\sigma_K$	$1,4\tau_D$
Dökme Demir	$0,25\sigma_K$	$1,6\sigma_D$	-	-	$0,36\sigma_K$	$1,6\tau_D$
Hafif Metal	$0,30\sigma_K$	-	-	-	$0,25\sigma_K$	-

Çizelge 2.1 Malzemelerin değişik zorlanmalardaki gerilme katsayıları

3. EMNİYETKATSAYISI VE GÜVENİRLİK

3.1 Genel Bilgiler

Makina elemanlarının boyutlandırma hesaplarında;

Kontrol edilebilen şartlarda etkili olan gerilmelerin, ani artış vb. durumlarında elemanın hasara uğramaması, kontrol edilemeyen (tamamen bilinmeyen) şartlarda çalışması söz konusu olan makina elemanlarının hasara uğramaması, dinamik yüklerin zamana göre değişme durumları (tam değişken titreşimli vs.) göz önüne alınarak elemanda hasar olmaması, bir başka deyişle, bilinen veya bilinmeyen her durumda, yükleme, malzeme ve tüm faktörler göz önünde tutularak, hesaplarda bir emniyet katsayısı (S_{em}) esas alınır. Böylece makina elemanının hasara uğramaksızın istenen ömrü gerçekleştirmesi sağlanır.

Bu bölümde, emniyet katsayısı ile güvenilirlik arasındaki matematik ilgi açıklanacaktır. Bunun için gerekli tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

σ : Dış kuvvetler veya momentlerden meydana gelen gerilme (N/mm^2)

σ^*_D : Makina parçasının sürekli mukavemet değeri (N/mm^2)

σ^* : Makina parçasının mukavemet sınırı değeri (N/mm^2) (Akma veya kopma sınırı olabilir)

σ_{em} : Emniyet gerilmesi

S_{em} : Emniyet katsayısı

$$S_{em} = \sigma^* / \sigma > 1 ; \sigma_{em} = \sigma^* / S_{em} \quad (3.1)$$

Açıklama

- 1- Dış kuvvetler ve momentlerin tam olarak belirli olmaması,
- 2- Matematik modelin tam olarak kurulamaması,
- 3- Malzemenin özellikleri,
- 4- İmalat yöntemleri,
- 5- İşletme ve çevre şartları,

Gibi sebeplerden dolayı, aynı malzeme için, elemanın kesitinde meydana gelen nominal gerilmeler (σ) ile deneyler yoluyla bulunan mukavemet sınırları (σ^*), ortalama bir değerin civarında şartlara göre küçük veya büyük sapmanın mevcut olduğu istatistik bir dağılım gösterir.

Denklem olarak yazılırsa;

$$f(\sigma) = \left[\frac{1}{(S_{\sigma} \cdot \sqrt{2\pi})} \right] \cdot \exp \left[\frac{-(\sigma - \bar{\sigma})^2}{2.S_{\sigma}^2} \right] \quad (3.2)$$

$$f(\sigma) = \left[\frac{1}{(S_{\sigma}^* \cdot \sqrt{2\pi})} \right] \cdot \exp \left[\frac{-(\sigma^* - \bar{\sigma}^*)^2}{2.S_{\sigma}^{*2}} \right] \quad (3.3)$$

Yukarıdaki bağıntılarda:

$\bar{\sigma}$: Nominal gerilmelerin ortalama değeri,

$\bar{\sigma}^*$: Mukavemet sınırlarının ortalama değeri,

S_{σ} : Nominal gerilmelerin standart sapması,

S_{σ}^* : Mukavemet sınırlarının standart sapması,

σ : Kümedeki parçalardan herhangi birinin nominal gerilmesi

σ^* : Kümedeki parçalardan herhangi birinin mukavemet sınırı,

Kümedeki eleman sayısı n ile gösterilirse, standart sapma değerleri şöyle ifade edilir.

$$S_{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (\sigma - \bar{\sigma})^2}{n-1}} \quad , \quad S_{\sigma}^* = \sqrt{\frac{\sum (\sigma^* - \bar{\sigma}^*)^2}{n-1}} \quad (3.4)$$

(Not : n çok büyük ise $n-1 \Rightarrow n$ alınabilir.)

Böylece $\sigma < \sigma^*$ mukayesesi, bütün dağılım göz önüne alınarak yapılmalıdır.

4. GT - MODEL 5 İLERİ ŞANZUMAN DİŞLİLERİNİN MUKAVEMET HESAPLARI

4.1 GT – Model 5 İleri Şanzumanın Dişli Verileri

	Diş Sayısı	Normal Modül	Alın Modülü	Helis Açısı	Diş Genişliği
(Prizdirek Mili)	Z	Mn	Ms	β_0	b
Prizdirek Dişlisi	26	2	2,3809	32,86	22
1. Vites	41	2,5	2,7272	23,556	24,3
2. Vites	41	2	2,2388	26,704	22,5
3. Vites	32	2	2,3809	32,093	22,6
5. Vites	26	1,75	2,1126	34,072	24
Geri Vites	37	2,5	2,7272	23,556	25
SOL HELİS					
	Diş Sayısı	Normal Modül	Alın Modülü	Helis Açısı	Diş Genişliği
(Grup Mili)	Z	Mn	Ms	β_0	b
Prizdirek Karşılığı	37	2	2,3809	32,09	20,4
1. Vites	14	2,5	2,7272	23,556	52
2. Vites	26	2	2,2388	26,704	23,5
3. Vites	31	2	2,3809	32,86	24,5
5. Vites	45	1,75	2,1126	34,072	26,2
Geri Vites	14	2,5	2,7272	23,556	52
SAĞ HELİS					
Avare Dişli	19	2,5	2,7272	23,556	21,8

Çizelge 4.1 GT – Model 5 ileri şanzumanın dişli verileri

Dişli Malzemeleri : Ç-8620 H

Sertlik : 58 - 62 HRC

Semente Derinliği : 0,4 - 0,5 mm

DIN normuna göre Ç-8620 H : 16MnCr5

(Normalize edilmiş) $\sigma_{kop} = 59 \text{ daN/mm}^2$ $\sigma_{Ak} = 40,5 \text{ daN/mm}^2$

(Sertleştirilmiş) $\sigma_{kop} = 76 \text{ daN/mm}^2$ $\sigma_{Ak} = 65 \text{ daN/mm}^2$

16 MnCr5 'in Kimyasal Analiz Değerleri					
C	Si	Mn	P	S	Cr
0,14-0,18	0,16-0,40	1,00-1,30	0,035	0,035	0,80-1,10

Çizelge 4.2 16 MnCr5 'in Kimyasal Analiz Değerleri

4.3 Prizdirek Dişlisi Hesabı (prizdirek mili) (1 indisli)

Verilenler : $z_1=26$ diş , $z_2=37$ diş , $b_1=22$ mm , $b_2=20,4$ mm , $m_n=2$, $\beta_o=32,86^\circ$

$$d_{o1} = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta_o} \quad (4.1)$$

$$d_{o1} = \frac{2 \cdot 26}{\cos 32,86} \quad d_{o1} = 61,90 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_b}{d_{o1}} \quad (4.2)$$

$$F_u = \frac{2 \cdot 168000}{61,90} \quad F_u = 5428,11 \text{ N}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{F_u}{b_1 \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_e \quad (4.3)$$

$$z_{e1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta_o} \quad (4.4)$$

$$z_{e1} = \frac{26}{\cos^3 32,86} \quad z_{e1} = 43,86 \quad z_{e1} \cong 44 \text{ adet}$$

Bu z_{e1} değerine göre tablodan $q_k = 2,4$ bulunur.

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\sum \varepsilon} \quad (4.5)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_1+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_2^2} - (z_1+z_2) \tan \alpha_{so} \right] \quad (4.6)$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos \beta_o} \quad (4.7)$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos 32,86} \quad \alpha_{so} = 23,42701^\circ$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{26+2}{\cos 23,42701} \right)^2 - 26^2} + \sqrt{\left(\frac{37+2}{\cos 23,42701} \right)^2 - 37^2} - (26+37) \tan 23,42701 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} [15,974795 + 20,91803 - 27,2978] \quad \varepsilon_1 = 1,5271$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_o}{\pi \cdot m_n} \quad (4.8)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{20,4 \cdot \sin 32,86}{\pi \cdot 2} \quad \varepsilon_2 = 1,76165$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1,5271 + 1,76165 \quad \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 3,288 \quad q_e = \frac{1}{3,288} \quad q_e = 0,304075$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{5428,11}{20,4 \cdot 2} \cdot 2,4 \cdot 0,304075 \quad \sigma_{e\delta} = 97,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}} \quad s = \frac{405}{97,09} \quad s = 4,17 \quad (4.9)$$

4.4 Prizdirek Karşılığı Hesabı (grup mili) (2 indisli)

$$d_{o2} = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta_o}$$

$$d_{o2} = \frac{2 \cdot 37}{\cos 32,86} \quad d_{o2} = 88,1 \text{ mm}$$

$$z_{e2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta_o}$$

$$z_{e2} = \frac{37}{\cos^3 32,86} \quad z_{e2} = 62,4 \quad z_{e2} \cong 63 \text{ adet}$$

Bu z_{e2} değerine göre tablodan $q_k = 2,3$ bulunur.

$$\sigma_{e\delta} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_e$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{5428,11}{20,4 \cdot 2} \cdot 2,3 \cdot 0,304075 \quad \sigma_{e\delta} = 93,05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}}$$

$$s = \frac{405}{93,05} \quad s = 4,35$$

4.5.a I.Vites hesabı (grup mili) (2 indisli)

Verilenler : $z_1=41$ diş , $z_2=14$ diş , $b_1=22$ mm , $b_2=20.4$ mm , $m_n=2$, $\beta_0=37.86^\circ$

$$d_{o2} = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta_0}$$

$$d_{o2} = \frac{2,5 \cdot 14}{\cos 23,556} \quad d_{o2} = 38,18 \text{ mm}$$

Prizdirek dişlisinden dolayı grup miline gelen moment :

$$M_{b2} = i_{21} \cdot M_{b1} \quad M_{b2} = \frac{z_2}{z_1} \cdot M_{b1}$$

$$M_{b2} = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_{b2} = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_{b2}}{d_{o2}}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot 239076,92}{38,18} \quad F_u = 12523,67 \text{ N}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{e2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta_0}$$

$$z_{e2} = \frac{14}{\cos^3 23,556} \quad z_{e2} = 18,17 \quad z_{e2} \cong 19 \text{ adet}$$

Bu z_{e2} değerine göre tablodan $q_k = 2,98$ bulunur.

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\sum \varepsilon}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_1+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_2^2} - (z_1+z_2) \tan \alpha_{so} \right]$$

$$\tan \alpha_{\infty} = \frac{\tan 20}{\cos \beta_0}$$

$$\tan \alpha_{\infty} = \frac{\tan 20}{\cos 23,556} \quad \alpha_{\infty} = 21,6559^{\circ}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{14+2}{\cos 21,6559} \right)^2 + 14^2} + \sqrt{\left(\frac{41+2}{\cos 21,6559} \right)^2 + 41^2} + (14+41) \tan 21,6559 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} [10,017958 + 21,4360156 - 21,83813] \quad \varepsilon_1 = 1,5304$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_{so}}{\pi \cdot m_n}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{24,3 \cdot \sin 23,556}{\pi \cdot 2,5} \quad \varepsilon_2 = 1,23649$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1,5304 + 1,23649 \quad q_{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \quad q_{\varepsilon} = 0,361416$$

$$\sigma_{c\delta} = \frac{12523,67}{24,3 \cdot 2,5} \cdot 2,98 \cdot 0,3614165 \quad \sigma_{c\delta} = 222,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{c\delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{c\delta}}$$

$$s = \frac{405}{222,03} \quad s = 1,82$$

4.5.b I .Vites hesabı (prizdirek mili) (1 indisli)

$$d_{ol} = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta_o}$$

$$d_{ol} = \frac{2,5 \cdot 41}{\cos 23,556} \quad d_{ol} = 111,82 \text{ mm}$$

$$\sigma_{e\delta l} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{el} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta_o}$$

$$z_{el} = \frac{41}{\cos^3 23,556} \quad z_{el} = 53,22 \quad z_{el} \cong 54 \text{ adet}$$

Bu z_{el} değerine göre tablodan $q_k = 2,35$ bulunur.

$$\sigma_{e\delta l} = \frac{12523,67}{24,3 \cdot 2,5} \cdot 2,35 \cdot 0,3614165 \quad \sigma_{e\delta} = 175,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}}$$

$$s = \frac{405}{175,09} \quad s = 2,31$$

4.6.a II . Vites hesabı (grup mili) (2 indisli)

Verilenler : $z_1=41$ diş , $z_2=26$ diş , $b_1=22$, mm , $b_2=23,5$ mm , $m_n=2$, $\beta_0=26,704^\circ$

$$d_{o2} = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta_0}$$

$$d_{o2} = \frac{2 \cdot 26}{\cos 26,704} \quad d_{o2} = 58,21 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_{b2}}{d_{o2}}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot 239076,92}{58,21} \quad F_u = 8214,29 \text{ N}$$

$$\sigma_{ed2} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{e2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta_0}$$

$$z_{e2} = \frac{26}{\cos^3 26,704} \quad z_{e2} = 36,4 \quad z_{e2} \cong 37 \text{ adet}$$

Bu z_{e2} değerine göre tablodan $q_k = 2,5$ bulunur.

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\sum \varepsilon}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_1+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_2^2} - (z_1+z_2) \tan \alpha_{so} \right]$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos \beta_0}$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos 26,704} \quad \alpha_{so} = 22,167^\circ$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{41+2}{\cos 22,167} \right)^2 - 41^2} + \sqrt{\left(\frac{26+2}{\cos 22,167} \right)^2 - 26^2} - (41+26) \tan 22,167 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} [21,79281594 + 15,4318643 - 27,29755639] \quad \varepsilon_1 = 1,579943$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_o}{\pi \cdot m_n} \quad \varepsilon_2 = \frac{22,5 \cdot \sin 26,704}{\pi \cdot 2} \quad \varepsilon_2 = 1,60922$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1,579943 + 1,60922 \quad q_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \quad q_\varepsilon = \frac{1}{3,18917} \quad q_\varepsilon = 0,31356$$

$$\sigma_{\varepsilon \delta 2} = \frac{8214,29}{22,5 \cdot 2} \cdot 2,5 \cdot 0,31356 \quad \sigma_{\varepsilon \delta 2} = 143,09 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\varepsilon \delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{\varepsilon \delta}}$$

$$s = \frac{405}{143,09} \quad s = 2,83$$

4.6.b II . Vites hesabı (prizdirek mili) (1 indisli)

$$d_{oi} = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta_o}$$

$$d_{oi} = \frac{2 \cdot 41}{\cos 26,704} \quad d_{oi} = 91,79 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\varepsilon \delta 1} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{e1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta_o}$$

$$z_{e1} = \frac{41}{\cos^3 26,704} \quad z_{e1} = 57,8 \quad z_{e1} \cong 58 \text{ adet}$$

Bu z_{e1} değerine göre tablodan $q_k = 2,35$ bulunur.

$$\sigma_{\varepsilon \delta 1} = \frac{8214,29}{22,5 \cdot 2} \cdot 2,35 \cdot 0,31356 \quad \sigma_{\varepsilon \delta 1} = 134,51 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\varepsilon \delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{\varepsilon \delta}} \quad s = \frac{405}{134,51} \quad s = 3,01$$

4.7.a III . Vites hesabı (grup mili) (2 indisli)

Verilenler : $z_1=32$ diş , $z_2=31$ diş , $b_1=22,6$ mm , $b_2=24,5$ mm , $m_n=2$, $\beta_0=32,86^\circ$

$$d_{o2} = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta_0}$$

$$d_{o2} = \frac{2 \cdot 31}{\cos 32,86} \quad d_{o2} = 73,81 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_{b2}}{d_{o2}}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot 239076,92}{73,81} \quad F_u = 6478,17 \text{ N}$$

$$\sigma_{ed2} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{e2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta_0}$$

$$z_{e2} = \frac{31}{\cos^3 32,86} \quad z_{e2} = 52,3 \quad z_{e2} \cong 53 \text{ adet}$$

Bu z_{e2} değerine göre tablodan $q_k = 2,2$ bulunur.

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\sum \varepsilon}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_1+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_2^2} - (z_1 + z_2) \tan \alpha_{so} \right]$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos \beta_0}$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos 32,86} \quad \alpha_{so} = 23,42701$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{31+2}{\cos 23,42701} \right)^2 - 31^2} + \sqrt{\left(\frac{32+2}{\cos 23,42701} \right)^2 - 32^2} - (31+32) \tan 23,42701 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} [18,2334 + 18,68251 - 27,2978] \quad \varepsilon_1 = 1,53077$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_o}{\pi \cdot m_n} \quad \varepsilon_2 = \frac{22,6 \cdot \sin 32,86}{\pi \cdot 2} \quad \varepsilon_2 = 1,95163$$

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} \quad q_\varepsilon = \frac{1}{3,452406} \quad q_\varepsilon = 0,2871577$$

$$\sigma_{\varepsilon\delta 2} = \frac{6478,17}{22,5 \cdot 2} \cdot 2,2 \cdot 0,2871577 \quad \sigma_{\varepsilon\delta 2} = 90,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\varepsilon\delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{\varepsilon\delta}} \quad s = \frac{405}{90,95} \quad s = 4,45$$

4.7.b III . Vites hesabı (prizdirek mili) (1 indislil)

$$d_{o1} = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta_o}$$

$$d_{o1} = \frac{2 \cdot 32}{\cos 32,86} \quad d_{o1} = 76,19 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\varepsilon\delta 1} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{e1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta_o}$$

$$z_{e1} = \frac{32}{\cos^3 32,86} \quad z_{e1} = 53,9 \quad z_{e1} \cong 54 \text{ adet}$$

Bu z_{e1} değerine gre tablodan $q_k = 2,32$ bulunur.

$$\sigma_{\varepsilon\delta 1} = \frac{6478,17}{22,5 \cdot 2} \cdot 2,32 \cdot 0,2871577 \quad \sigma_{\varepsilon\delta 1} = 95,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\varepsilon\delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{\varepsilon\delta}} \quad s = \frac{405}{95,91} \quad s = 4,22$$

4.8.a V . Vites hesabı (grup mili) (2 indisli)

Verilenler : $z_1=45$ diş , $z_2=26$ diş , $b_1=26,2$ mm , $b_2=24$ mm , $m_n=1,75$, $\beta_0=34,072^\circ$

$$d_{o2} = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta_0}$$

$$d_{o2} = \frac{1,75 \cdot 45}{\cos 34,072} \quad d_{o2} = 95,07 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_{b2}}{d_{o2}}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot 239076,92}{95,07} \quad F_u = 5029,49 \text{ N}$$

$$\sigma_{e02} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\epsilon$$

$$z_{e2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta_0}$$

$$z_{e2} = \frac{45}{\cos^3 34,072} \quad z_{e2} = 79,17 \quad z_{e2} \cong 80 \text{ adet}$$

Bu z_{e2} değerine göre tablodan $q_k = 2,25$ bulunur.

$$q_\epsilon = \frac{1}{\sum \epsilon}$$

$$\epsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_1+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_2^2} - (z_1+z_2) \tan \alpha_{so} \right]$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos \beta_0}$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos 34,072} \quad \alpha_{so} = 23,7207$$

$$\epsilon_1 = \frac{1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{45+2}{\cos 23,7207} \right)^2 - 45^2} + \sqrt{\left(\frac{26+2}{\cos 23,7207} \right)^2 - 26^2} - (45+26) \tan 23,7207 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} [24,708245 + 16,104934 - 31,197419] \quad \varepsilon_1 = 1,53039$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_o}{\pi \cdot m_n}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{24 \cdot \sin 34,072}{\pi \cdot 1,75} \quad \varepsilon_2 = 2,44564$$

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$$

$$q_\varepsilon = \frac{1}{3,976032} \quad q_\varepsilon = 0,251506$$

$$\sigma_{e\delta 2} = \frac{5029,49}{24 \cdot 1,75} \cdot 2,25 \cdot 0,251506 \quad \sigma_{e\delta 2} = 67,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}}$$

$$s = \frac{405}{67,77} \quad s = 5,98$$

4.8.b V . Vites hesabı (prizdirek mili) (1 indisli)

$$d_{o1} = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta_o} \quad d_{o1} = \frac{1,75 \cdot 26}{\cos 34,072} \quad d_{o1} = 54,93 \text{ mm}$$

$$\sigma_{e\delta 1} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{e1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta_o}$$

$$z_{e1} = \frac{26}{\cos^3 34,072} \quad z_{e1} = 45,7 \quad z_{e1} \cong 46 \text{ adet}$$

Bu z_{e1} değerine göre tablodan $q_k = 2,41$ bulunur.

$$\sigma_{e\delta 1} = \frac{5029,49}{24 \cdot 1,75} \cdot 2,41 \cdot 0,251506 \quad \sigma_{e\delta 1} = 72,58 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}}$$

$$s = \frac{405}{72,58} \quad s = 5,58$$

4.9.a Geri vites hesabı (grup mili) (2 indisli)

Verilenler : $z_2=14$ diş , $z_a=19$ diş , $b_2=52$ mm , $b_a=21,8$ mm , $m_n=2,5$, $\beta_0=23,556^\circ$

$$d_{o2} = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta_0}$$

$$d_{o2} = \frac{2,5 \cdot 14}{\cos 23,55} \quad d_{o2} = 38,18 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_{b2}}{d_{o2}}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot 239076,92}{38,18} \quad F_u = 12523,67 \text{ N}$$

$$\sigma_{e\delta 2} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{e2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta_0}$$

$$z_{e2} = \frac{14}{\cos^3 23,556} \quad z_{e2} = 18,17 \quad z_{e2} \cong 19 \text{ adet}$$

Bu z_{e2} değerine göre tablodan $q_k = 2,98$ bulunur.

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\sum \varepsilon}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_1+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2+2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_2^2} - (z_1+z_2) \tan \alpha_{so} \right]$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos \beta_0}$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos 23,556} \quad \alpha_{so} = 21,655^\circ$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{14+2}{\cos 21,655} \right)^2 - 14^2} + \sqrt{\left(\frac{19+2}{\cos 21,655} \right)^2 - 19^2} - (14+19) \tan 21,655 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} [10,0177 + 12,227803 - 13,10228] \quad \varepsilon_1 = 1,4552$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_0}{\pi \cdot m_n}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{21,8 \cdot \sin 23,55}{\pi \cdot 2,5} \quad \varepsilon_2 = 1,10901$$

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$$

$$q_\varepsilon = \frac{1}{2,56421} \quad q_\varepsilon = 0,38998$$

$$\sigma_{\text{e}02} = \frac{12523,67}{21,8 \cdot 2,5} \cdot 2,98 \cdot 0,38998 \quad \sigma_{\text{e}02} = 267,05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{\text{Ak}} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{co}} = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{co}}}$$

$$s = \frac{405}{267,05} \quad s = 1,52$$

4.9.b Geri vites hesabı (prizdirek mili) (1 indisli)

$$z_1 = 37 \text{ diş}$$

Avare dişliden dolayı prizdirek mili üzerinde bulunan geri vites dişlisine gelen moment:

$$M_{b1} = i_{12} \cdot M_{b2} \quad M_{b1} = \frac{z_1}{z_2} \cdot M_{b2}$$

$$M_{b1} = \frac{37}{14} \cdot 239076,92 \quad M_{b1} = 631846,15 \text{ Nmm}$$

$$d_{o1} = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta_o}$$

$$d_{o1} = \frac{2,5 \cdot 37}{\cos 23,55} \quad d_{o1} = 100,91 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_{b1}}{d_{o1}}$$

$$F_u = \frac{2 \cdot 631846,15}{100,91} \quad F_u = 12522,96 \text{ N}$$

$$\sigma_{e\delta l} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{e1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta_o}$$

$$z_{e1} = \frac{37}{\cos^3 23,556} \quad z_{e1} = 48,04 \quad z_{e1} \cong 49 \text{ adet}$$

Bu z_{e1} değerine göre tablodan $q_k = 2,38$ bulunur.

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\sum \varepsilon}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_1 + 2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2 + 2}{\cos \alpha_{so}} \right)^2 - z_2^2} - (z_1 + z_2) \tan \alpha_{so} \right]$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos \beta_o}$$

$$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan 20}{\cos 23,556} \quad \alpha_{so} = 21,655^\circ$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{37+2}{\cos 21,655} \right)^2 - 37^2} + \sqrt{\left(\frac{19+2}{\cos 21,655} \right)^2 - 19^2} - (37+19) \tan 21,655 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2\pi} [19,7932 + 12,2278 - 22,2342] \quad \varepsilon_1 = 1,5576$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_o}{\pi \cdot m_n}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{21,8 \cdot \sin 23,556}{\pi \cdot 2,5} \quad \varepsilon_2 = 1,10928$$

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$$

$$q_\varepsilon = \frac{1}{2,667} \quad q_\varepsilon = 0,3749$$

$$\sigma_{edl} = \frac{12522,96}{21,8 \cdot 2,5} \cdot 2,38 \cdot 0,3749 \quad \sigma_{edl} = 205,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{so} = \frac{\sigma_{Ak}}{s} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{so}}$$

$$s = \frac{405}{205,02} \quad s = 1,98$$

5. GT MODEL 5 İLERİ ŞANZUMAN MİLLERİNİN MUKAVEMET HESAPLARI

5.1 Grup Mili

5.1.1 I. Vites hesabı

Grup Mili

1. Kesit
(prizdirek karşılığı dişlisi)

2. Kesit
(I. vites)

$$\sigma_{bi} = \sqrt{\sigma_{c0}^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \quad (5.1)$$

$$\sigma_{e0} = \frac{M_{e_{bil}}}{W_c} \quad (5.2)$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p} \quad (5.3)$$

5.1.1.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{M_i^2 + M_{I_R}^2} \quad (5.4)$$

M_i = 1. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{I_R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_i = 4371,79 \text{ Nmm} \quad M_{I_R} = 242802,15 \text{ Nmm}$$

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{4371,79^2 + 242802,15^2} \quad M_{el_{bil}} = 242841,52 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{M_{el_{bil}}}{W_c} \quad (5.5)$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (5.6)$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{ed}_1} = \frac{242841,52}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{\text{ed}_1} = 60,76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{\text{bl}} = \frac{M_b}{W_p} \quad (5.7)$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (5.8)$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{\text{bl}} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{\text{bl}} = 29,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bil}_1} = \sqrt{\sigma_{\text{ed}_1}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{bl}}^2} \quad (5.9)$$

$$\sigma_{\text{bil}_1} = \sqrt{60,76^2 + 3 \cdot 29,91^2} \quad \sigma_{\text{bil}_1} = 79,85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{\text{Ak}}}{s} = \sigma_{\text{bil}} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{bil}}} \quad (5.10)$$

$$\sigma_{\text{Ak}} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{79,85} \quad s = 5,07$$

5.1.1.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{eğilme}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = -791165,12 \text{ Nmm} \quad M_{\text{II}_R} = 476836,79 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{eğilme}} = \sqrt{(-791165,12)^2 + 476836,79^2} \quad M_{\text{eğilme}} = 923750,82 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eğilme}} = \frac{M_{\text{eğilme}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 31,59 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 31,59^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{eğilme}} = \frac{923750,82}{\frac{\pi \cdot 31,59^3}{32}} \quad \sigma_{\text{eğilme}} = 298,47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 31,59 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 31,59^3}{16}$$

$$\tau_{bII} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 31,59^3}{16}} \quad \tau_{bII} = 38,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bil II}} = \sqrt{\sigma_{\text{c0II}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{bII}}^2}$$

$$\sigma_{\text{bil II}} = \sqrt{298,47^2 + 3 \cdot 38,62^2} \quad \sigma_{\text{bil II}} = 305,88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{\text{Ak}}}{s} = \sigma_{\text{bil}} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{bil}}}$$

$$\sigma_{\text{Ak}} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{305,88} \quad s = 1,32$$



5.1.2 II. Vites hesabı

Grup Mili

1. Kesit
(prizdirek karşılığı dışı)

2. Kesit
(II. vites)

$$\sigma_{bi} = \sqrt{\sigma_{c0}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e0} = \frac{M}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

5.1.2.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{el_{bi}} = \sqrt{M_I^2 + M_{y_R}^2}$$

M_I = 1. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{y_R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_I = -859,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{y_R} = 247348,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{el_{bi}} = \sqrt{(-859,2)^2 + 247348,5^2} \quad M_{el_{bi}} = 247349,99 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{M_{el_{bi}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{247349,99}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{e0_1} = 61,89 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{bl} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bl} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bl} = 29,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{\sigma_{cbl_1}^2 + 3 \cdot \tau_{bl}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{61,89^2 + 3 \cdot 29,91^2} \quad \sigma_{bil_1} = 80,60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{80,60} \quad s = 5,02$$

5.1.2.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{eII}_{bil}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = -476697,84 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{II}_R} = 398866,14 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{eII}_{bil}} = \sqrt{(-476697,84)^2 + 398866,14^2} \quad M_{\text{eII}_{bil}} = 621558,55 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eöII}} = \frac{M_{\text{eII}_{bil}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 60,98 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 60,98^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{eöII}} = \frac{621558,55}{\frac{\pi \cdot 60,98^3}{32}} \quad \sigma_{\text{eöII}} = 27,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_{\text{bII}} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 60,98 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 60,98^3}{16}$$

$$\tau_{\text{bII}} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 60,98^3}{16}} \quad \tau_{\text{bII}} = 5,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bill}} = \sqrt{\sigma_{\text{coll}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{bil}}^2}$$

$$\sigma_{\text{bill}} = \sqrt{27,92^2 + 3 \cdot 5,37^2} \quad \sigma_{\text{bill}} = 29,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{\text{Ak}}}{s} = \sigma_{\text{bil}} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{bil}}}$$

$$\sigma_{\text{Ak}} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{29,43} \quad s = 13,76$$



5.1.3 III. Vites hesabı

Grup Mili

1. Kesit (prizdirek karşılığı dişlisi) 2. Kesit (III. vites)

$$\sigma_{bit} = \sqrt{\sigma_{e\delta}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{M_{e_{bit}}}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

5.1.3.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{e_{bit}} = \sqrt{M_1^2 + M_{1R}^2}$$

M_1 = 1. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{1R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_1 = 10506,70 \text{ Nmm} \quad M_{1R} = 248116,89 \text{ Nmm}$$

$$M_{e_{bit}} = \sqrt{10506,7^2 + 248116,89^2} \quad M_{e_{bit}} = 248339,25 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e\delta_1} = \frac{M_{e_{bit}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e\delta_1} = \frac{248339,25}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{e\delta_1} = 62,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{bl} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bl} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bl} = 29,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{\sigma_{col}^2 + 3 \cdot \tau_{bl}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{62,14^2 + 3 \cdot 29,91^2} \quad \sigma_{bil_1} = 80,90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{80,90} \quad s = 5,01$$

5.1.3.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{ell}_{bil}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = -299624,26 \text{ Nmm} \quad M_{\text{II}_R} = 358940,78 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{ell}_{bil}} = \sqrt{(-299624,26)^2 + 358940,78^2} \quad M_{\text{ell}_{bil}} = 467560,88 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e\delta_{II}} = \frac{M_{\text{ell}_{bil}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e\delta_{II}} = \frac{467560,88}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{e\delta_{II}} = 116,99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_{b_{II}} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{b_{II}} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{b_{II}} = 29,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{b_{III}} = \sqrt{\sigma_{e\delta_{II}}^2 + 3 \cdot \tau_{b_{II}}^2}$$

$$\sigma_{\text{bil II}} = \sqrt{116,99^2 + 3 \cdot 29,91^2} \quad \sigma_{\text{bil}} = 127,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{\text{Ak}}}{s} = \sigma_{\text{bil}} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{bil}}}$$

$$\sigma_{\text{Ak}} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{127,95} \quad s = 3,17$$



5.1.4 V. Vites hesabı

Grup Mili

1. Kesit
(prizdirek karşılığı dişlisi)

2. Kesit
(V. vites)

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{e0}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e0} = \frac{M_{el_{bil}}}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

5.1.4.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{M_{I_1}^2 + M_{I_R}^2}$$

M_{I_1} = 1. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{I_R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{I_1} = 106016,72 \text{ Nmm} \quad M_{I_R} = 207359,72 \text{ Nmm}$$

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{106016,72^2 + 207359,72^2} \quad M_{el_{bil}} = 232889,67 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{M_{el_{bil}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{232889,67}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{e0_1} = 58,27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{bl} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bl} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bl} = 29,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{\sigma_{\sigma_0_1}^2 + 3 \cdot \tau_{bl}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{58,27^2 + 3 \cdot 29,91^2} \quad \sigma_{bil_1} = 77,97 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{77,97} \quad s = 5,19$$

5.1.4.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{eII_{bil}} = \sqrt{M_{II}^2 + M_{II_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{II} = -77617,15 \text{ Nmm} \quad M_{II_R} = 202236,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{eII_{bil}} = \sqrt{(-77617,15)^2 + 202236,5^2} \quad M_{eII_{bil}} = 216619,54 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{eII} = \frac{M_{eII_{bil}}}{W_e}$$

$$W_e = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_e = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{eII} = \frac{216619,54}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{eII} = 54,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_{bII} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bII} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bII} = 29,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bill}} = \sqrt{\sigma_{\text{coll}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{bill}}^2}$$

$$\sigma_{\text{bill}} = \sqrt{54,2^2 + 3 \cdot 29,91^2} \quad \sigma_{\text{bill}} = 74,98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{\text{Ak}}}{s} = \sigma_{\text{bill}} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{bill}}}$$

$$\sigma_{\text{Ak}} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{78,98} \quad s = 5,4$$



5.1.5 Geri vites hesabı

Grup Mili

1. Kesit
(prizdirek karşılığı dişlisi)

2. Kesit
(Geri Vites)

$$\sigma_{bi} = \sqrt{\sigma_{co}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{M_{e_{bi}}}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

5.1.5.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{e_{bi}} = \sqrt{M_i^2 + M_{iR}^2}$$

M_i = 1. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{iR} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_i = 49556,82 \text{ Nmm} \quad M_{iR} = 135634,95 \text{ Nmm}$$

$$M_{e_{bi}} = \sqrt{49556,82^2 + 135632,95^2} \quad M_{e_{bi}} = 144402,82 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e\delta_i} = \frac{M_{e_{bi}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e\delta_i} = \frac{144402,82}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{e\delta_i} = 36,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{bl} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bl} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bl} = 29,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{cot}^2 + 3 \cdot \tau_{bl}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{36,13^2 + 3 \cdot 29,91^2} \quad \sigma_{bil} = 63,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{63,16} \quad s = 6,41$$

5.1.5.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = -528538,74 \text{ Nmm} \quad M_{\text{II}_R} = -510924,74 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{(-528538,74)^2 + (-510924,74)^2} \quad M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = 735117,19 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eII}} = \frac{M_{\text{eII}_{\text{bil}}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 31,59 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 31,59^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{eII}} = \frac{735117,19}{\frac{\pi \cdot 31,59^3}{32}} \quad \sigma_{\text{eII}} = 237,52 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_{\text{bil}} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 239076,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 31,59 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 31,59^3}{16}$$

$$\tau_{\text{bil}} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 31,59^3}{16}} \quad \tau_{\text{bil}} = 38,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bil}} = \sqrt{\sigma_{\text{eII}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{bil}}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{27,92^2 + 3 \cdot 5,37^2} \quad \sigma_{bil_{II}} = 246,76 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{N}{mm^2} \quad s = \frac{405}{246,76} \quad s = 1,64$$



5.2 Prizdirek Mili

5.2.1 I. Vites hesabı (prizdirek mili)

Prizdirek Mili

1. Kesit
(prizdirek dişlisi)

2. Kesit
(I. vites)

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{e0}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e0} = \frac{M_{e_{bil}}}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

5.2.1.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{M_t^2 + M_{l_R}^2}$$

M_t = 1. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{l_R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_t = 2029,19 \text{ Nmm} \quad M_{l_R} = -77871,23 \text{ Nmm}$$

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{2029,19^2 + (-77871,23)^2} \quad M_{el_{bil}} = 77993,85 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{M_{el_{bil}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{77993,85}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{e0_1} = 19,52 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{bl} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{14} \cdot 168000 \quad M_b = 700153,85 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bl} = \frac{700153,85}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bl} = 87,60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{\sigma_{\text{eol}}^2 + 3 \cdot \tau_{bl}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{19,52^2 + 3 \cdot 87,6^2} \quad \sigma_{bil_1} = 152,98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{152,98} \quad s = 2,65$$

5.2.1.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = 809972,94 \text{ Nmm} \quad M_{\text{II}_R} = -438476,45 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{(809972,94)^2 + (-438476,45)^2} \quad M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = 921041,67 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eöII}} = \frac{M_{\text{eII}_{\text{bil}}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 44,56 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 44,56^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{eöII}} = \frac{921041,67}{\frac{\pi \cdot 44,56^3}{32}} \quad \sigma_{\text{eöII}} = 106,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{14} \cdot 168000 \quad M_b = 700153,85 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 44,56 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 44,56^3}{16}$$

$$\tau_{\text{bil}} = \frac{700153,85}{\frac{\pi \cdot 44,56^3}{16}} \quad \tau_{\text{bil}} = 40,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil_{II}} = \sqrt{\sigma_{c_{bil}}^2 + 3 \cdot \tau_{bil}^2}$$

$$\sigma_{bil_{II}} = \sqrt{106,03^2 + 3 \cdot 40,3^2} \quad \sigma_{bil_{II}} = 126,95 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{N}{mm^2} \quad s = \frac{405}{126,95} \quad s = 3,19$$



5.2.2 II. Vites hesabı

Prizdirek Mili

1. Kesit
(prizdirek dişlisi)

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{e\delta}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{M_{e_{bil}}}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

2. Kesit
(II. vites)

5.2.2.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{M_{I_1}^2 + M_{I_R}^2}$$

M_{I_1} = 1. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{I_R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{I_1} = 1092,69 \text{ Nmm} \quad M_{I_R} = -89346,33 \text{ Nmm}$$

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{1092,69^2 + (-89346,33)^2} \quad M_{el_{bil}} = 89353,01 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e\delta_1} = \frac{M_{el_{bil}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e\delta_1} = \frac{89353,01}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{e\delta_1} = 22,36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma herilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{bl} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{14} \cdot 168000 \quad M_b = 700153,85 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bl} = \frac{700153,85}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bl} = 87,60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{\sigma_{\sigma_0_1}^2 + 3 \cdot \tau_{bl}^2}$$

$$\sigma_{bil_1} = \sqrt{22,36^2 + 3 \cdot 87,6^2} \quad \sigma_{bil_1} = 151,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{151,8} \quad s = 2,67$$

5.2.2.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = 483773,69 \text{ Nmm} \quad M_{\text{II}_R} = -310539,86 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{483773,69^2 + (-310539,86)^2} \quad M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = 574866,93 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eII}} = \frac{M_{\text{eII}_{\text{bil}}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 39,1 \text{ mm}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot 39,1^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{eII}} = \frac{574866,93}{\frac{\pi \cdot 39,1^3}{32}}$$

$$\sigma_{\text{eII}} = 97,96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{26} \cdot 168000 \quad M_b = 377005,92 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 39,1 \text{ mm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot 39,1^3}{16}$$

$$\tau_{\text{bil}} = \frac{377005,92}{\frac{\pi \cdot 39,1^3}{16}}$$

$$\tau_{\text{bil}} = 32,12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil_{II}} = \sqrt{\sigma_{\sigma_{II}}^2 + 3 \cdot \tau_{\tau_{II}}^2}$$

$$\sigma_{bil_{II}} = \sqrt{97,96^2 + 3 \cdot 32,12^2} \quad \sigma_{bil_{II}} = 112,65 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{N}{mm^2} \quad s = \frac{405}{112,65} \quad s = 3,6$$



5.2.3 III. Vites hesabı

Prizdirek Mili

1. Kesit
(prizdirek dişlisi)

2. Kesit
(III. vites)

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{e\delta}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{M_{e\delta}}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

5.2.3.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{M_{l_1}^2 + M_{l_R}^2}$$

M_{l_1} = 1. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{l_R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{l_1} = -7955,13 \text{ Nmm}$$

$$M_{l_R} = -90770,68 \text{ Nmm}$$

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{(-7955,13)^2 + (-90770,68)^2} \quad M_{el_{bil}} = 91118,61 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e\delta_1} = \frac{M_{el_{bil}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e\delta_1} = \frac{91118,61}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}}$$

$$\sigma_{e\delta_1} = 22,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{bl} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{14} \cdot 168000 \quad M_b = 700153,85 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bl} = \frac{700153,85}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bl} = 87,60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{cdl}^2 + 3 \cdot \tau_{bl}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{22,8^2 + 3 \cdot 87,6^2} \quad \sigma_{bil} = 153,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{153,43} \quad s = 2,64$$

5.2.3.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{ell}_{\text{bil}}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = 289062,14 \text{ Nmm} \quad M_{\text{II}_R} = -238344,42 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{ell}_{\text{bil}}} = \sqrt{289062,14^2 + (-238344,42)^2} \quad M_{\text{ell}_{\text{bil}}} = 374653,15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eđil}} = \frac{M_{\text{ell}_{\text{bil}}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 37,53 \text{ mm}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot 37,53^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{eđil}} = \frac{374653,15}{\frac{\pi \cdot 37,53^3}{32}}$$

$$\sigma_{\text{eđil}} = 72,19 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{32}{31} \cdot 168000$$

$$M_b = 246789,08 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 37,53 \text{ mm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot 37,53^3}{16}$$

$$\tau_{\text{bil}} = \frac{246789,08}{\frac{\pi \cdot 37,53^3}{16}}$$

$$\tau_{\text{bil}} = 23,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil_{II}} = \sqrt{\sigma_{\sigma_{bil_{II}}}^2 + 3 \cdot \tau_{bil_{II}}^2}$$

$$\sigma_{bil_{II}} = \sqrt{72,19^2 + 3 \cdot 23,78^2}$$

$$\sigma_{bil_{II}} = 83,11 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{N}{mm^2} \quad s = \frac{405}{83,11}$$

$$s = 4,87$$



5.2.4 V. Vites hesabı

Prizdirek Mili

1. Kesit
(prizdirek dişlisi)

2. Kesit
(V. vites)

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{c0}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e0} = \frac{M_{e_{bil}}}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

5.2.4.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{M_1^2 + M_{1R}^2}$$

M_1 = 1. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{1R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_1 = -104052,13 \text{ Nmm}$$

$$M_{1R} = -54391,68 \text{ Nmm}$$

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{(-104052,13)^2 + (-54391,68)^2} \quad M_{el_{bil}} = 117410,82 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e0} = \frac{M_{el_{bil}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{ed}_1} = \frac{117410,82}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}} \quad \sigma_{\text{ed}_1} = 29,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$\tau_{\text{bl}} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{14} \cdot 168000 \quad M_b = 700153,85 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{\text{bl}} = \frac{700153,85}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{\text{bl}} = 87,60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bil}_1} = \sqrt{\sigma_{\text{ed}_1}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{bl}}^2}$$

$$\sigma_{\text{bil}_1} = \sqrt{29,38^2 + 3 \cdot 87,6^2} \quad \sigma_{\text{bil}_1} = 154,55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{\text{Ak}}}{s} = \sigma_{\text{bil}} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{bil}}}$$

$$\sigma_{\text{Ak}} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{154,55} \quad s = 2,62$$

5.2.4.2. Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = -791165,12 \text{ Nmm} \quad M_{\text{II}_R} = 476836,79 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{(-791165,12)^2 + 476836,79^2} \quad M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = 923750,82 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{e}\delta_{\text{II}}} = \frac{M_{\text{eII}_{\text{bil}}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 31,59 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 31,59^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{e}\delta_{\text{II}}} = \frac{923750,82}{\frac{\pi \cdot 31,59^3}{32}} \quad \sigma_{\text{e}\delta_{\text{II}}} = 298,47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{14} \cdot 168000 \quad M_b = 700153,85 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 31,59 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 31,59^3}{16}$$

$$\tau_{b_{\text{II}}} = \frac{239076,92}{\frac{\pi \cdot 31,59^3}{16}} \quad \tau_{b_{\text{II}}} = 38,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bilII} = \sqrt{\sigma_{\sigma_{bilII}}^2 + 3 \cdot \tau_{bilII}^2}$$

$$\sigma_{bilII} = \sqrt{298,47^2 + 3 \cdot 38,62^2} \quad \sigma_{bilII} = 305,88 \frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{N}{mm^2} \quad s = \frac{405}{305,88} \quad s = 1,32$$



5.2.5 Geri vites hesabı

Prizdirek Mili

1. Kesit
(prizdirek dişlisi)

2. Kesit
(Geri Vites)

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{c0}^2 + 3 \cdot \tau_b^2}$$

$$\sigma_{e0} = \frac{M_{e_{bil}}}{W_c}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

5.2.5.1 Eğilme gerilmesinin hesabı (1.kesit)

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{M_{l_1}^2 + M_{l_R}^2}$$

M_{l_1} = 1. Kesitteki maximum eksenel moment

M_{l_R} = 1. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{l_1} = -193202,58 \text{ Nmm}$$

$$M_{l_R} = 120435,65 \text{ Nmm}$$

$$M_{el_{bil}} = \sqrt{(-193202,58)^2 + 120435,65^2} \quad M_{el_{bil}} = 227666,38 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{M_{el_{bil}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}$$

$$\sigma_{e0_1} = \frac{227666,38}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{32}}$$

$$\sigma_{e0_1} = 56,97 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma Gerilmesinin Hesabı (1.kesit)

$$\tau_{bl} = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = 168000 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 34,4 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}$$

$$\tau_{bl} = \frac{168000}{\frac{\pi \cdot 34,4^3}{16}} \quad \tau_{bl} = 21,02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{\text{cbl}}^2 + 3 \cdot \tau_{bl}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{56,97^2 + 3 \cdot 21,02^2} \quad \sigma_{bil} = 67,61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{Ak}}{s} = \sigma_{bil} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{bil}}$$

$$\sigma_{Ak} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{67,61} \quad s = 5,99$$

5.2.5.2 Eğilme gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{M_{\text{II}}^2 + M_{\text{II}_R}^2}$$

M_{II} = 2. Kesitteki maximum aksenal moment

M_{II_R} = 2. Kesitteki maximum toplam radyal moment

$$M_{\text{II}} = -741726,01 \text{ Nmm} \quad M_{\text{II}_R} = 630331,62 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = \sqrt{(-741726,01)^2 + 630331,62^2} \quad M_{\text{eII}_{\text{bil}}} = 973383,49 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eöII}} = \frac{M_{\text{eII}_{\text{bil}}}}{W_c}$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$d = 43,78 \text{ mm} \quad W_c = \frac{\pi \cdot 43,78^3}{32}$$

$$\sigma_{\text{eöII}} = \frac{973383,49}{\frac{\pi \cdot 43,78^3}{32}} \quad \sigma_{\text{eöII}} = 118,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Burulma gerilmesinin hesabı (2.kesit)

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p}$$

$$M_b = \frac{37}{26} \cdot \frac{37}{14} \cdot 168000 \quad M_b = 631846,15 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

$$d = 43,78 \text{ mm} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 43,78^3}{16}$$

$$\tau_{bII} = \frac{631846,15}{\frac{\pi \cdot 43,78^3}{16}} \quad \tau_{bII} = 38,35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bilII}} = \sqrt{\sigma_{\text{edII}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{bilII}}^2}$$

$$\sigma_{\text{bilII}} = \sqrt{118,16^2 + 3 \cdot 38,35^2} \quad \sigma_{\text{bilII}} = 135,55 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{\text{Ak}}}{s} = \sigma_{\text{bil}} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{bil}}}$$

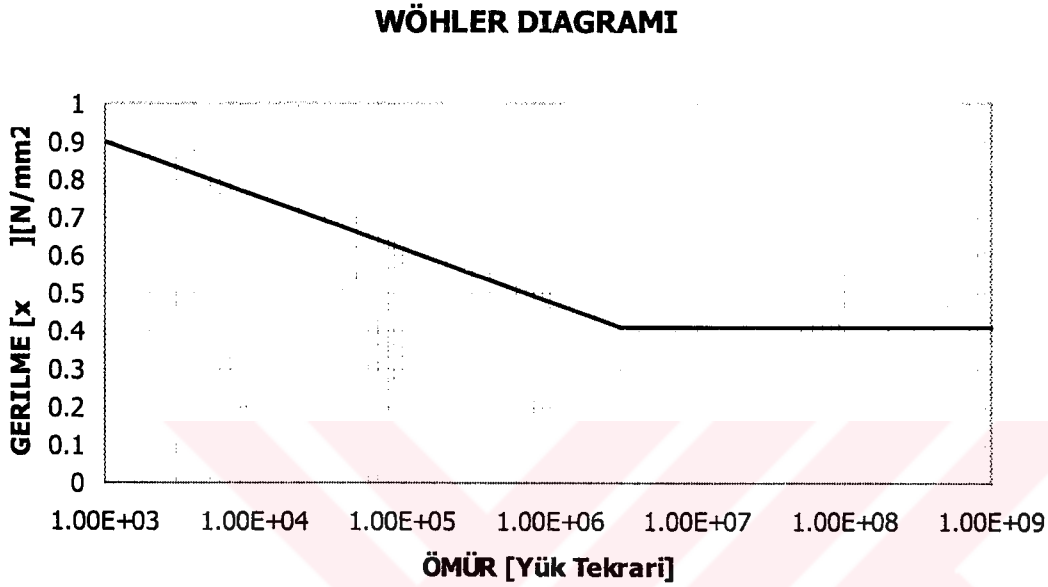
$$\sigma_{\text{Ak}} = 405 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{405}{135,55} \quad s = 2,99$$



6. ÖMÜR HESAPLARI

6.1 Yalnız Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesapları

Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramını çizecek olursak;



Şekil 6.1 Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramı

Malzeme: 16MnCr5 (Dişli Malzemesi) için;

Diyagramdan da görüleceği gibi $1 \cdot 10^3$ yük tekrarına $0,9 \cdot \sigma_K$ değeri, $3 \cdot 10^6$ yük tekrarı değerine karşılık $0,41 \cdot \sigma_K$ değeri karşılık gelmektedir. Bkz. Çizelge 2.1

Benzer üçgenlerden yararlanarak belli bir σ_K değerine sahip malzemenin eğilme zorlanması altındaki ömrünü veren denklemi çıkarabiliriz.

$$\frac{AB}{AD} = \frac{BC}{DE} \quad (6.1)$$

$$\frac{0,9 \cdot \sigma_K - \sigma_N}{0,9 \cdot \sigma_K - 0,41 \cdot \sigma_K} = \frac{\log N - \log 10^3}{3 \cdot \log 10^6 - \log 10^3} \quad (6.2)$$

$$3,123 \cdot \sigma_K - 3,47 \cdot \sigma_N = 0,49 \cdot \sigma_K \cdot \log N - 1,47 \cdot \sigma_K$$

$$\sigma_N = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot \sigma_K \quad (6.3)$$

Burada σ_N zorlama gerilmesini, σ_K kopma gerilmesini, $\log N$ logaritmik ömrü ifade etmektedir.

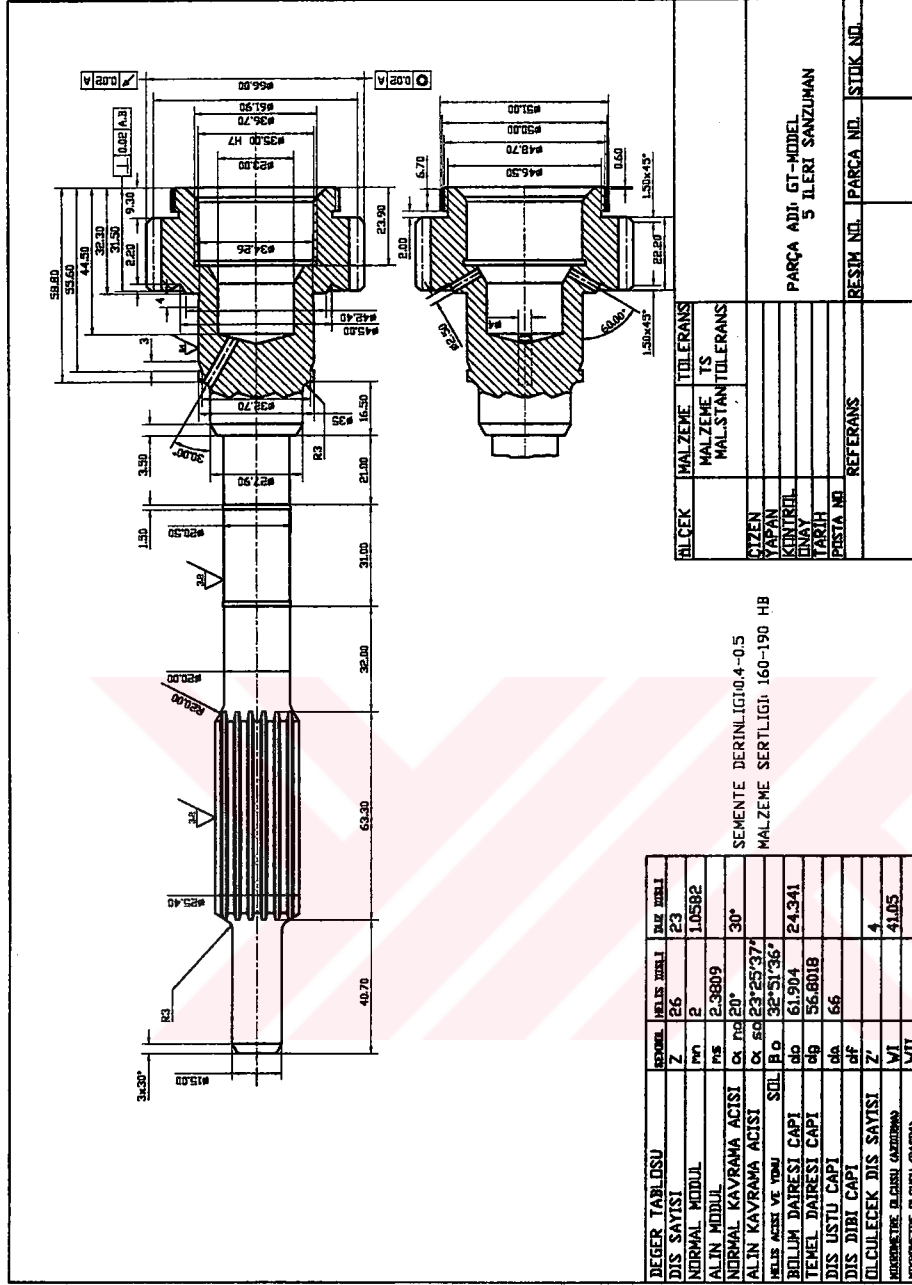
Dişli malzememiz olan 16MnCr5 için σ_K (kopma gerilmesi) değeri 590 N/mm^2 dir.

Not: Eğilme gerilmesine göre dişlilerin ömür hesaplamalarında kullanılan I indisi prizdirek mili üzerindeki, II indisi Grup mili üzerindeki dişliyi ifade etmektedir.

Sürekli aynı viteste gittiği taktirde ömürler;



6.1.1 Prizdirek dişlisi karşılığı



Resim 6.1 Prizdirek dişlisi karşılığı

$$\sigma_{eI} = 97,09 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 97,09 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$97,09 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_I = 10^{8,2159} \Rightarrow (N_L)_I = 8.2159$$

$$\sigma_{eII} = 93,05 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 93,05 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 260$$

$$93,05 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{8,2645} \Rightarrow (N_L)_{II} = 8.2645$$

6.1.2 1.Vites dişlileri

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egI}} &= 175,09 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 175,09 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 175,09 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{7,2783} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{7.2783}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egII}} &= 222,03 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 222,03 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 222,03 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{6,7140} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{6.7140}\end{aligned}$$

6.1.3 2.Vites dişlileri

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egI}} &= 134,51 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 134,51 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 134,51 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{7,7661} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{7.7661}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egII}} &= 143,09 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 143,09 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 143,09 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{7,6629} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{7.6629}\end{aligned}$$

6.1.4 3.Vites dişlileri

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egI}} &= 90,95 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 90,95 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 90,95 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8,2897} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.2897}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egII}} &= 95,91 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 95,91 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 95,91 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{8,2301} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{8.2301}\end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{egl}} = 205.02 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 205.02 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$205.02 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_I = 10^{6,9185} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{6.9185}$$

$$\sigma_{\text{egII}} = 267.05 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 267.05 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 260$$

$$267.05 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{6,1729} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{6.1729}$$

Palmgren-Miner denklemlerine göre vites sürelerini göz önüne alarak ömür hesaplarını yapalım.

Bilindiği gibi bu askeri araçta :

1. Viteste gitme miktarı: 0,048
2. Viteste gitme miktarı: 0,1
3. Viteste gitme miktarı: 0,2
4. Viteste gitme miktarı: 0,35
5. Viteste gitme miktarı: 0,302

Çizelge 6.1 Vites süreleri

Yani;

$$C_1=0,048 ; C_2=0,1 ; C_3=0,2 ; C_4=0,35 ; C_5=0,302$$

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_3}{N_3} + \frac{C_4}{N_4} + \frac{C_5}{N_5} = \frac{1}{N_{\text{es}}} \quad (6.4)$$

Bilinen değerleri yerine koyarsak;

$$\mathbf{1.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{7.2783}} + \frac{0.1}{10^{7.7661}} + \frac{0.2}{10^{8.2898}} + \frac{0.35}{10^{9.3829}} + \frac{0.302}{10^{8.5105}} = \frac{1}{N_{\text{es}}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{8.5922} = 3,91.10^8 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

$$\mathbf{2.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{6.714}} + \frac{0.1}{10^{7.6629}} + \frac{0.2}{10^{8.2301}} + \frac{0.35}{10^{9.3829}} + \frac{0.302}{10^{8.5683}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{8.5435} = 3,5.10^8 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

Bu değerler aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES	Neş	Yük Tekrarı
C	0.048	0.1	0.2	0.35	0.302		
1.Kesit	7.2783	7.7661	8.2897	9.3829	8.5105	8.5922	3.91E+08
2.Kesit	6.714	7.6629	8.2301	9.3829	8.5683	8.5435	3.50E+08

Çizelge 6.2 Eğilme gerilmesine göre dişlilerin ömür değerleri (Vites süreleri göz önüne alınarak)

6.2 Eğilme Gerilmesine Göre Dişlilerin Ömür Değerleri (Km cinsinden)

T_{ϕ} = Tekerlek çevresi

$T_{\phi} = 0,00251$ km

L = Kilometre olarak ömür değeri

I_{dif} = Diferansiyel çevrim oranı

İse;

$$L = N \cdot T_{\phi} \cdot \frac{1}{i_{dif}} \quad \text{buradan;} \quad (6.5)$$

Yukarıda bulunan N yük tekrarı ömür değerlerine göre aşağıdaki değerler çıkarılabilir
Sürekli aynı viteste kalma durumunda

		N (Ömür y.t.)	i dif	N/i	N/i x T _φ	
PRİZDİREK DİŞLİSİ	1.KESİT	164399313,60	5,37	30614397,32	76842,14	KM
	2. KESİT	183865395,00	5,37	34239365,92	85940,81	KM
1.VİTES DİŞLİSİ	1. KESİT	18980165,00	5,37	3534481,38	8871,55	KM
	2. KESİT	5176068,32	5,37	963886,09	2419,35	KM
2.VİTES DİŞLİSİ	1. KESİT	58357946,29	5,37	10867401,54	27277,18	KM
	2.KESİT	46015060,78	5,37	8568912,62	21507,97	KM
3.VİTES DİŞLİSİ	1.KESİT	194849816,00	5,37	36284881,94	91075,05	KM
	2.KESİT	169863473,30	5,37	31631931,71	79396,15	KM
4.VİTES DİŞLİSİ	1.KESİT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35	KM
	2.KESİT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35	KM
5.VİTES DİŞLİSİ	1.KESİT	323966422,40	5,37	60328942,72	151425,65	KM
	2.KESİT	370083736,30	5,37	68916896,89	172981,41	KM
GERİ VİTES DİŞLİSİ	1.KESİT	8288959,16	5,37	1543567,81	3874,36	KM
	2.KESİT	1489018,18	5,37	277284,58	695,98	KM

Vites süreleri göz önüne alındığında

Çizelge 6.3 Eğilme gerilmesine göre dişlilerin ömür değerleri (Km cinsinden)

1.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	8871,55	27277,18	91075,05	1128754,35	151425,65
C/N	5,411E-06	3,66607E-06	2,19599E-06	3,10076E-07	1,99438E-06

Nes	73653,61 KM
-----	-------------

2.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	2419,35	21507,97	79396,15	1128754,35	172981,41
C/N	1,984E-05	4,64944E-06	2,51901E-06	3,10076E-07	1,74585E-06

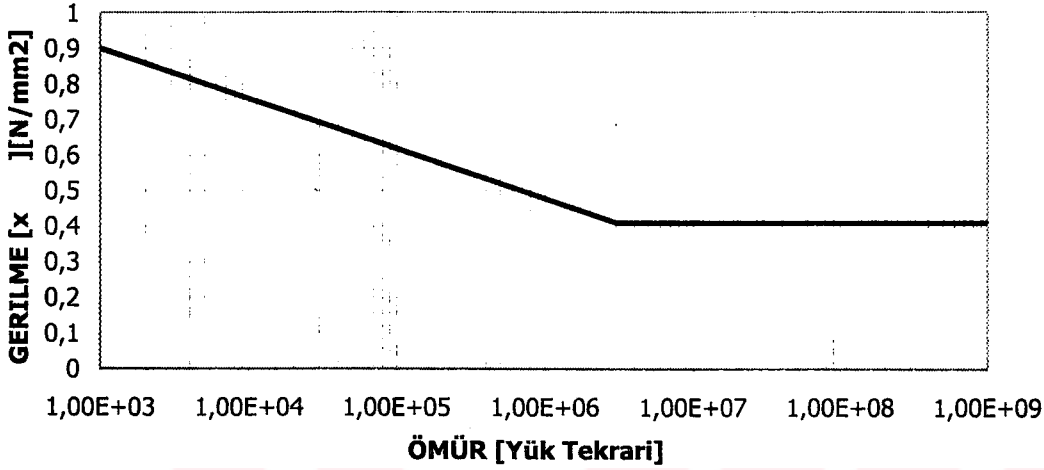
Nes	34406,33 KM
-----	-------------

Çizelge 6.4 Eğilme gerilmesine göre dişlilerin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak

6.3 Eğilme Gerilmesine Göre Millerin Ömür Hesabı

Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramını çizicek olursak;

WÖHLER DIAGRAMI



Şekil 6.2 Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramı

Malzeme: 16MnCr5 (Mil Malzemesi) için;

Diyagramdan da görüleceği gibi 1.10^3 yük tekrarına $0,9.\sigma_K$ değeri, 3.10^6 yük tekrarı değerine karşılık $0,41.\sigma_K$ değeri karşılık gelmektedir. Bkz. Çizelge 2.1

Benzer üçgenlerden yararlanarak belli bir σ_K değerine sahip malzemenin eğilme zorlanması altındaki ömrünü veren denklemi çıkarabiliriz.

$$\frac{AB}{AD} = \frac{BC}{DE}$$

$$\frac{0,9.\sigma_K - \sigma_N}{0,9.\sigma_K - 0,41.\sigma_K} = \frac{\log N - \log 10^3}{3.\log 10^6 - \log 10^3}$$

$$3,123.\sigma_K - 3,47.\sigma_N = 0,49.\sigma_K.\log N - 1,47.\sigma_K$$

$$\sigma_N = (1,323 - 0,141.\log N)\sigma_K$$

Burada σ_N zorlama gerilmesini, σ_K kopma gerilmesini, $\log N$ logaritmik ömür ifade etmektedir.

Dişli malzememiz olan 16MnCr5 için σ_k (kopma gerilmesi) değeri 590 N/mm² dir.

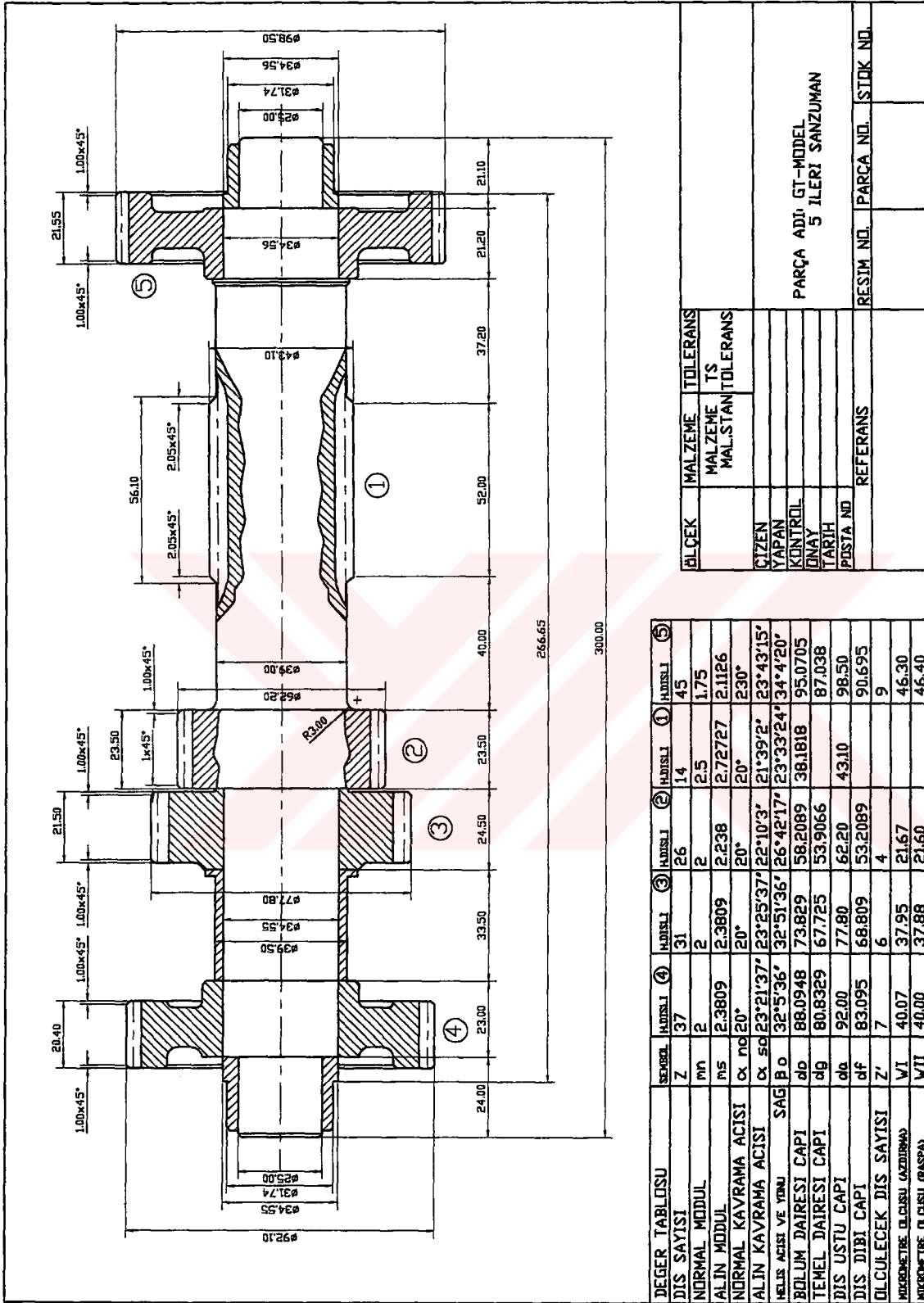
Not: Grup mili için yapılan hesaplamalardaki I indisi Grup mili üzerindeki prizdirek karşılığı dişlisi kesitini ; II indisi vites dişlisi kesitini ifade etmektedir.

Prizdirek mili için yapılan hesaplamalardaki I indisi prizdirek dişlisi kesitini , II indisi vites dişlisi kesitini ifade etmektedir.

Sürekli aynı viteste gittiği takdirde ömürler;



6.3.1 Grup mili



Resim 6.3 Grup mili

6.3.1.1 1.Vites

$$\sigma_{\text{egl}} = 60,76 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 60,76 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$60,76 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_I = 10^{8,6526} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.6526}$$

$$\sigma_{\text{egII}} = 298,47 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 298,47 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$298,47 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{5,7952} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{5.7952}$$

6.3.1.2 2. Vites

$$\sigma_{\text{egl}} = 61,89 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 61,89 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$61,89 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_I = 10^{8,6390} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.6390}$$

$$\sigma_{\text{egII}} = 27,92 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 27,92 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$27,92 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{9,0474} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{9.0474}$$

6.3.1.3 3. Vites

$$\sigma_{\text{egl}} = 62,14 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 62,14 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$62,14 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_I = 10^{8,6360} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.6360}$$

$$\sigma_{\text{egII}} = 116,99 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 116,99 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$116,99 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{7,9767} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{7.9767}$$

6.3.1.4 5. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egl}} = 58.27 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 58.27 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 58.27 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8,6825} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.6825}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egII}} = 54.2 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 54.2 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 54.2 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{8,7315} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{8.7315}\end{aligned}$$

6.3.1.5 Geri vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egl}} = 36.13 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 36.13 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 36.13 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8,9487} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.9487}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egII}} = 237.52 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 237.52 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 237.52 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{6,5278} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{6.5278}\end{aligned}$$

6.3.2 Prizdirek mili

6.3.2.1 1. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egl}} = 19.52 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 19.52 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 19.52 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{9,1483} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{9.1483}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egII}} = 106.03 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 106.03 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 106.03 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{8,1084} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{8.1084}\end{aligned}$$

6.3.2.2 2. Vites

$$\sigma_{\text{egl}} = 22.36 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 22.36 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$22.36 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_I = 10^{9,1142} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{9.1142}$$

$$\sigma_{\text{egII}} = 97,96 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 97,96 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$97,96 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{8,2054} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{8.2054}$$

6.3.2.3 3. Vites

$$\sigma_{\text{egl}} = 22,8 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 22,8 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$22,8 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_I = 10^{9,1089} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{9.1089}$$

$$\sigma_{\text{egII}} = 72,19 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 72,19 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$72,19 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{8,5152} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{8.5152}$$

6.3.2.4 5. Vites

$$\sigma_{\text{egl}} = 29,38 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 29,38 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$29,38 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_I = 10^{9,0298} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{9.0298}$$

$$\sigma_{\text{egII}} = 298,47 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 298,47 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590$$

$$298,47 = 780,57 - 83,19 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{5,7952} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{5.7952}$$

6.3.2.5 Geri vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egI}} &= 56.97 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 56.97 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 56.97 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8,6982} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.6982}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{egII}} &= 118.16 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 118.16 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 118.16 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{7,9626} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{7.9626}\end{aligned}$$

Palmgren-Miner denklemlerine göre vites sürelerini göz önüne alarak ömür hesaplarını yapalım.

Grup Mili için;

Çizelge 6.1 de bilindiği gibi:

$$C_1=0,048 ; C_2=0,1 ; C_3=0,2 ; C_4=0,35 ; C_5=0,302$$

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_3}{N_3} + \frac{C_4}{N_4} + \frac{C_5}{N_5} = \frac{1}{N_{\text{es}}}$$

Bilinen değerleri yerine koyarsak;

$$\mathbf{1.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{8,6526}} + \frac{0.1}{10^{8,639}} + \frac{0.2}{10^{8,636}} + \frac{0.35}{10^{9,3829}} + \frac{0.302}{10^{8,6825}} = \frac{1}{N_{\text{es}}}$$

Buradan;

$$N_{\text{es}} = 10^{8,8995} = 7,93 \cdot 10^8 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

$$\mathbf{2.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{5,7951}} + \frac{0.1}{10^{9,0473}} + \frac{0.2}{10^{7,9766}} + \frac{0.35}{10^{9,3829}} + \frac{0.302}{10^{8,7314}} = \frac{1}{N_{\text{es}}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{8.5985} = 3,97.10^8 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

Prizdirek için;

Çizelge 6.1 de bilindiği gibi:

$$C_1=0,048 ; C_2=0,1 ; C_3=0,2 ; C_4=0,35 ; C_5=0,302$$

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_3}{N_3} + \frac{C_4}{N_4} + \frac{C_5}{N_5} = \frac{1}{N_{es}}$$

Bilinen değerleri yerine koyarsak;

$$\text{1.Kesit için: } \frac{0.048}{10^{9,1483}} + \frac{0.1}{10^{9,1141}} + \frac{0.2}{10^{9,1089}} + \frac{0.35}{10^{9,3829}} + \frac{0.302}{10^{9,0298}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{9,1809} = 1,52.10^9 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

$$\text{2.Kesit için: } \frac{0.048}{10^{8,1084}} + \frac{0.1}{10^{8,2054}} + \frac{0.2}{10^{8,5152}} + \frac{0.35}{10^{9,3829}} + \frac{0.302}{10^{5,7951}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{7,6331} = 4,3.10^7 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

	Neş	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES	Neş	Yük Tekrarı
	C	0.048	0.1	0.2	0.35	0.302		
GRUP MİLİ	1.Kesit	8.6526	8.639	8.636	9.3829	8.6825	8.8995	7.93E+08
	2.Kesit	5.7951	9.0473	7.9766	9.3829	8.7314	8.5985	3.97E+08
PRİZDİREK MİLİ	1.Kesit	9.1483	9.1141	9.1089	9.3829	9.0298	9.1809	1.52E+09
	2.Kesit	8.1084	8.2054	8.5152	9.3829	5.7951	7.6331	4.30E+07

Çizelge 6.5 Eğilme gerilmesine göre millerin ömür değerleri (Vites süreleri göz önüne alınarak)

6.4 Eğilme Gerilmesine Göre Millerin Ömür Hesabı (Km cinsinden)

T_{ζ} = Tekerlek çevresi

$T_{\zeta} = 0,00251$ km

L = Kilometre olarak ömür değeri

I_{dif} = Diferansiyel çevrim oranı

İse;

$$L = N.T_{\zeta} \cdot \frac{1}{i_{dif}} \text{ buradan;}$$

Yukarıda bulunan N yük tekrarı ömür değerlerine göre aşağıdaki değerler çıkarılabilir.

6.4.1 Grup mili

Sürekli aynı viteste kalma durumunda

		N (Ömür y.t.)	i dif x i vit	N/I	N/i x T_{ζ}
1.VİTES	1.KESİT	449365783,10	22,39	20067333,09	50369,01 KM
	2.KESİT	623878,00	22,39	27860,53	69,93 KM
2.VİTES	1.KESİT	435511873,70	12,03	36205762,31	90876,46 KM
	2.KESİT	2971666032,00	12,03	247045925,78	620085,27 KM
3.VİTES	1.KESİT	432513831,00	7,89	54790893,09	137525,14 KM
	2.KESİT	94754533,98	7,89	12003513,34	30128,82 KM
4.VİTES	1.KESİT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35 KM
	2.KESİT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35 KM
5.VİTES	1.KESİT	481393254,00	4,40	109323080,80	274400,93 KM
	2.KESİT	538765775,70	4,40	122352222,31	307104,08 KM
GERİ VİTES	1.KESİT	888587091,60	20,19	44008632,06	110461,67 KM
	2.KESİT	3371320,18	20,19	166969,78	419,09 KM

Çizelge 6.6 Eğilme gerilmesine göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden)

Vites süreleri göz önüne alındığında

1.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	50369,01	90876,46	137525,14	1128754,35	274400,93
C/N	9,53E-07	1,10039E-06	1,45428E-06	3,10076E-07	1,10058E-06

Nes	203322,40 KM
-----	--------------

2.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	69,93	620085,27	30128,82	1128754,35	307104,08
C/N	0,000686	1,61268E-07	6,63816E-06	3,10076E-07	9,8338E-07

Nes	1439,90 KM
-----	------------

Çizelge 6.7 Eğilme gerilmesine göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)

6.4.2 Prizdirek mili

Surekli aynı viteste kalma durumunda

		N (Ömür y.t.)	i dif x i vit	N/I	N/i x Tç
1.VİTES	1.KESİT	1407019123,00	22,39	62833269,61	157711,51 KM
	2.KESİT	128351219,70	22,39	5731781,94	14386,77 KM
2.VİTES	1.KESİT	1300468988,00	12,03	108112944,60	271363,49 KM
	2.KESİT	160472271,40	12,03	13340671,67	33485,09 KM
3.VİTES	1.KESİT	1284990746,00	7,89	162782749,46	408584,70 KM
	2.KESİT	327491475,60	7,89	41486651,16	104131,49 KM
4.VİTES	1.KESİT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35 KM
	2.KESİT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35 KM

5.VİTES	1.KESİT	1071025966,00	4,40	243227044,10	610499,88	KM
	2.KESİT	623878,47	4,40	141681,08	355,62	KM
GERİ VİTES	1.KESİT	499114285,20	20,19	24719396,83	62045,69	KM
	2.KESİT	91748717,03	20,19	4543995,26	11405,43	KM

Çizelge 6.8 Eğilme gerilmesine göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden)

Vites süreleri göz önüne alındığında

1.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	157711,5	271363,49	408584,7	1128754,35	610499,88
C/N	3,04E-07	3,68509E-07	4,89495E-07	3,10076E-07	4,94677E-07

Nes	508359,95 KM
------------	--------------

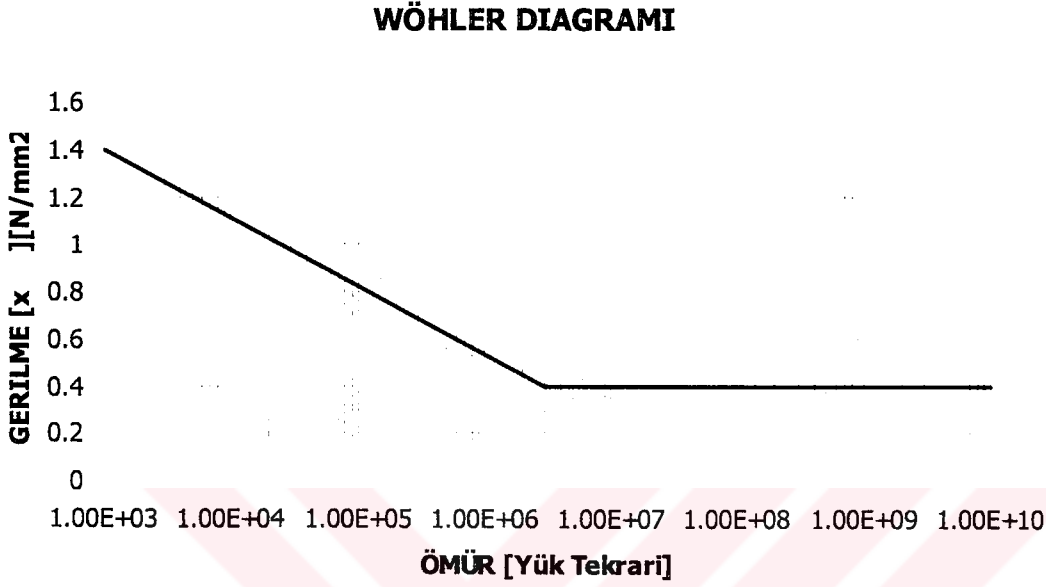
2.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	14386,77	33485,09	104131,49	1128754,35	355,62
C/N	3,34E-06	2,9864E-06	1,92065E-06	3,10076E-07	0,000849221

Nes	1165,81 KM
------------	------------

Çizelge 6.9 Eğilme gerilmesine göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)

6.5 Burulma Gerilmesine Göre Millerin Ömür Hesabı

Burulma gerilmesine göre wöhler diyagramını çizecek olursak;



Çizelge 6.3 Burulma gerilmesine göre wöhler diyagramı

Malzeme: 16MnCr5 (Mil Malzemesi) için;

Diyagramdan da görüleceği gibi $1 \cdot 10^3$ yük tekrarına $1,4 \cdot \sigma_K$ değeri, $3 \cdot 10^6$ yük tekrarı değerine karşılık $0,4 \cdot \sigma_K$ değeri karşılık gelmektedir. Bkz. Çizelge 2.1

Benzer üçgenlerden yararlanarak belli bir σ_K değerine sahip malzemenin eğilme zorlanması altındaki ömrünü veren denklemi çıkarabiliriz.

$$\frac{AB}{AD} = \frac{BC}{DE}$$

$$\frac{1,4 \cdot \tau_D - \tau_N}{1,4 \cdot \tau_D - 0,4 \cdot \tau_D} = \frac{\log N - \log 10^3}{3 \cdot \log 10^6 - \log 10^3}$$

$$9,0679 \cdot \tau_D - 6,477 \cdot \tau_N = 0,4 \cdot \tau_D \cdot \log N - 1,2 \cdot \tau_D$$

$$\tau_N = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot \tau_D$$

(6.6)

Burada σ_N zorlama gerilmesini, σ_K kopma gerilmesini, logN logaritmik ömrü ifade etmektedir.

Dişli malzememiz olan 16MnCr5 için σ_K (kopma gerilmesi) değeri 590 N/mm² dir.

Not: Grup mili için yapılan hesaplamalardaki I indisi Grup mili üzerindeki prizdirek karşılığı dişlisi kesitini , II indisi vites dişlisi kesitini ifade etmektedir.

Prizdirek mili için yapılan hesaplamalardaki I indisi prizdirek dişlisi kesitini , II indisi vites dişlisi kesitini ifade etmektedir.

Sürekli aynı vitede gittiği taktirde ömürler;

6.5.1 Grup mili

6.5.1.1 1.Vites

$$\begin{aligned}\tau_{bl} &= 29,91 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow 29,91 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 29,91 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{23,8243} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{23.8243}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{bII} &= 38,62 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow 38,62 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 38,62 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{23,2814} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{23.2814}\end{aligned}$$

6.5.1.2 2. Vites

$$\begin{aligned}\tau_{bl} &= 29,91 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow 29,91 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 29,91 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{23,8243} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{23.8243}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{bII} &= 5,37 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow 5,37 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 5,37 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{25,3541} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{25.3541}\end{aligned}$$

6.5.1.3 3. Vites

$$\begin{aligned}\tau_{bl} = 29,91 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 29,91 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 29,91 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{23,8243} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{23.8243}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{bII} = 29,91 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 29,91 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 29,91 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{23,8243} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{23.8243}\end{aligned}$$

6.5.1.4 5. Vites

$$\begin{aligned}\tau_{bl} = 29,91 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 29,91 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 29,91 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{23,8243} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{23.8243}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{bII} = 29,91 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 29,91 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 29,91 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{23,8243} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{23.8243}\end{aligned}$$

6.5.1.5 Geri vites

$$\begin{aligned}\tau_{bl} = 29,91 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 29,91 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 29,91 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{23,8243} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{23.8243}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{bII} = 38,62 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 38,62 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 38,62 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{23,2814} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{23.2814}\end{aligned}$$

6.5.2 Prizdirek mili

6.5.2.1 1. Vites

$$\begin{aligned}\tau_{bl} &= 87,60 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 87,60 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 87,60 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{20,2282} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{20.2282}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{bII} &= 40,3 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 40,3 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 40,3 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{23,1767} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{23.1767}\end{aligned}$$

6.5.2.2 2. Vites

$$\begin{aligned}\tau_{bl} &= 87,60 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 87,60 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 87,60 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{20,2282} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{20.2282}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{bII} &= 32,12 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 32,12 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 32,12 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{23,6866} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{23.6866}\end{aligned}$$

6.5.2.3 3. Vites

$$\begin{aligned}\tau_{bl} &= 87,60 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 87,60 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 87,60 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{20,2282} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{20.2282}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{bII} &= 23,78 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 23,78 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260 \\ 23,78 &= 412,1 - 16,042 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{24,2065} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{24.2065}\end{aligned}$$

6.5.2.4 5. Vites

$$\tau_{bi} = 87,60 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 87,60 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260$$

$$87,60 = 412,1 - 16,042 \cdot \log N$$

$$N_i = 10^{20,2282} \Rightarrow (N_L)_i = 20.2282$$

$$\tau_{bII} = 38,62 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 38,62 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260$$

$$38,62 = 412,1 - 16,042 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{23,2814} \Rightarrow (N_L)_{II} = 23.2814$$

6.5.2.5 Geri vites

$$\tau_{bi} = 21,02 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 21,02 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260$$

$$21,02 = 412,1 - 16,042 \cdot \log N$$

$$N_i = 10^{24,3785} \Rightarrow (N_L)_i = 24.3785$$

$$\tau_{bII} = 38,35 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 38,35 = (1,585 - 0,0617 \cdot \log N) \cdot 260$$

$$38,35 = 412,1 - 16,042 \cdot \log N$$

$$N_{II} = 10^{23,2982} \Rightarrow (N_L)_{II} = 23.2982$$

Palmgren-Miner denklemlerine göre vites sürelerini göz önüne alarak ömür hesaplarını yapalım.

Grup Mili için;

Çizelge 6.1 de bilindiği gibi:

$$C_1=0,048 ; C_2=0,1 ; C_3=0,2 ; C_4=0,35 ; C_5=0,302$$

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_3}{N_3} + \frac{C_4}{N_4} + \frac{C_5}{N_5} = \frac{1}{N_{es}}$$

Bilinen değerleri yerine koyarsak;

$$\mathbf{1.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{23.8243}} + \frac{0.1}{10^{23.8243}} + \frac{0.2}{10^{23.8243}} + \frac{0.35}{10^{25.6888}} + \frac{0.302}{10^{23.8243}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{24.4453} = 2,79.10^{24} \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

$$\mathbf{2.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{23.2814}} + \frac{0.1}{10^{25.3541}} + \frac{0.2}{10^{23.8243}} + \frac{0.35}{10^{25.6888}} + \frac{0.302}{10^{23.8243}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{24.5692} = 3,71.10^{24} \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

Prizdirek için;

Çizelge 6.1 de bilindiği gibi:

$$C_1=0,048 ; C_2=0,1 ; C_3=0,2 ; C_4=0,35 ; C_5=0,302$$

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_3}{N_3} + \frac{C_4}{N_4} + \frac{C_5}{N_5} = \frac{1}{N_{es}}$$

Bilinen değerleri yerine koyarsak;

$$\mathbf{1.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{20.2282}} + \frac{0.1}{10^{20.2282}} + \frac{0.2}{10^{20.2282}} + \frac{0.35}{10^{25.6888}} + \frac{0.302}{10^{20.2282}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{21.8541} = 7,15.10^{21} \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

$$\mathbf{2.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{23.1767}} + \frac{0.1}{10^{23.6866}} + \frac{0.2}{10^{24.2065}} + \frac{0.35}{10^{25.6888}} + \frac{0.302}{10^{20.2282}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{24.3005} = 2.10^{24} \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

		1. VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES	Neş	Yük Tekrarı
	C	0.048	0.1	0.2	0.35	0.302		
GRUP MİLİ	1.Kesit	23.8243	23.8243	23.8243	25.6888	23.8243	24.4453	2.79E+24
	2.Kesit	23.2814	25.3541	23.8243	25.6888	23.8243	24.5692	3.71E+24
PRİZDİREK	1.Kesit	20.2282	20.2282	20.2282	25.6888	20.2282	21.8541	7.15E+21
MİLİ	2.Kesit	23.1767	23.6866	24.2065	25.6888	23.2814	24.3005	2.00E+24

Çizelge 6.10 Burulma gerilmesine göre millerin ömür değerleri (Vites süreleri göz önüne alınarak)



6.6 Burulma Gerilmesine Göre Millerin Ömür Hesabı (Km cinsinden)

T_{ζ} = Tekerlek çevresi

$T_{\zeta} = 0,00251$ km

L = Kilometre olarak ömür değeri

I_{dif} = Diferansiyel çevrim oranı

İse;

$$L = N.T_{\zeta} \cdot \frac{1}{i_{dif}} \text{ buradan;}$$

Yukarıda bulunan N yük tekrarı ömür değerlerine göre aşağıdaki değerler çıkarılabilir.

6.6.1 Grup mili

Surekli aynı viteste kalma durumunda

		N(Ömür y.t.)	i dif x i vit	N/I	N/i x T ζ
1.VİTES	1.KESİT	6,67E+23	22,39	2,98E+22	7,48E+19 KM
	2.KESİT	1,91E+23	22,39	8,54E+21	2,14E+19 KM
2.VİTES	1.KESİT	6,67E+23	12,03	5,55E+22	1,39E+20 KM
	2.KESİT	2,26E+25	12,03	1,88E+24	4,72E+21 KM
3.VİTES	1.KESİT	6,67E+23	7,89	8,45E+22	2,12E+20 KM
	2.KESİT	6,67E+23	7,89	8,45E+22	2,12E+20 KM
4.VİTES	1.KESİT	4,88E+25	5,37	9,10E+24	2,28E+22 KM
	2.KESİT	4,88E+25	5,37	9,10E+24	2,28E+22 KM
5.VİTES	1.KESİT	6,67E+23	4,40	1,51E+23	3,80E+20 KM
	2.KESİT	6,67E+23	4,40	1,51E+23	3,80E+20 KM
GERİ VİTES	1.KESİT	6,67E+23	20,19	3,30E+22	8,29E+19 KM
	2.KESİT	1,91E+23	20,19	9,47E+21	2,38E+19 KM

Çizelge 6.11 Burulma gerilmesine göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden)

Vites süreleri göz önüne alındığında

1.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	7,48E+19	1,39E+20	2,12E+20	2,28E+22	3,80E+20
C/N	6,42E-22	7,19424E-22	9,43396E-22	1,53509E-23	7,94737E-22

Nes	3,21E+20 KM
-----	-------------

2.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	2,14E+19	4,72E+21	2,12E+20	2,28E+22	3,80E+20
C/N	2,24E-21	2,11864E-23	9,43396E-22	1,53509E-23	7,94737E-22

Nes	2,49E+20 KM
-----	-------------

Çizelge 6.12 Burulma gerilmesine göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak

6.6.2 Prizdirek mili

Surekli aynı viteste kalma durumunda

		N(Ömür y.t.)	i dif x i vit	N/I	N/i x Tç
1.VİTES	1.KESİT	1,69E+20	22,39	7,55E+18	1,89E+16 KM
	2.KESİT	1,50E+23	22,39	6,71E+21	1,68E+19 KM
2.VİTES	1.KESİT	1,69E+20	12,03	1,40E+19	3,53E+16 KM
	2.KESİT	4,86E+23	12,03	4,04E+22	1,01E+20 KM
3.VİTES	1.KESİT	1,69E+20	7,89	2,14E+19	5,37E+16 KM
	2.KESİT	1,61E+24	7,89	2,04E+23	5,12E+20 KM

4.VİTES	1.KESİT	4,88E+25	5,37	9,10E+24	2,28E+22 KM
	2.KESİT	4,88E+25	5,37	9,10E+24	2,28E+22 KM
5.VİTES	1.KESİT	1,69E+20	4,40	3,84E+19	9,63E+16 KM
	2.KESİT	1,91E+23	4,40	4,34E+22	1,09E+20 KM
GERİ VİTES	1.KESİT	2,39E+24	20,19	1,18E+23	2,97E+20 KM
	2.KESİT	1,99E+23	20,19	9,84E+21	2,47E+19 KM

Çizelge 6.13 Burulma gerilmesine göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden)

Vites süreleri göz önüne alındığında

1.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	1,89E+16	3,53E+16	5,37E+16	2,28E+22	9,63E+16
C/N	2,54E-18	2,83286E-18	3,72439E-18	1,53509E-23	3,13603E-18

Nes	8,17E+16 KM
-----	-------------

2.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	1,68E+19	1,01E+20	5,12E+20	2,28E+22	1,09E+20
C/N	2,86E-21	9,90099E-22	3,90625E-22	1,53509E-23	2,77064E-21

Nes	1,42E+20 KM
-----	-------------

Çizelge 6.14 Burulma gerilmesine göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)

6.7 Bileşik Gerilmeye Göre Millerin Ömür Hesabı

Bileşik gerilme hesaplamalarında elemanter yöntem kullanılmıştır.

Bu yöntemde, elemandaki normal gerilmeler ve kayma gerilmeleri, seçilen kırılma hipotezine göre, bir mukayese gerilmesinin emniyetli gerilmeden küçük olması istenir. Yani,

$$\sigma_v \leq \sigma_{em} \quad (6.7)$$

olmalıdır. Şekil değiştirme enerjisi hipotezine göre, genel halde mukayese gerilmesi

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (6.8)$$

dir. Yükleme durumlarının statik veya değişken olma durumunu göz önüne almak için, bu yöntemde bu-nun düzeltilmiş şekli kullanılır. Yani,

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3(\alpha_o \cdot \tau)^2} \quad (6.9)$$

olarak alınır. Buradaki σ_o , normal ve kayma gerilmelerinin müsaade edilen sınırlarının (dayanım değerleri-nin) oranıdır. Bach'a göre

$$\alpha_o = \frac{\sigma_{silm}}{\sqrt{3} \cdot \tau_{silm}} \quad (6.10)$$

şeklindedir. Daha açık olarak ifade edilirse;

$$\sigma \text{ değişken, } \tau \text{ sabit ise } \alpha_o = \frac{\sigma_D}{\sqrt{3} \cdot \tau_{AK}} \quad (6.11)$$

$$\sigma \text{ sabit, } \tau \text{ değişken ise } \alpha_o = \frac{\sigma_{AK}}{\sqrt{3} \cdot \tau_D} \quad (6.12)$$

σ ve τ aynı tür ise $\alpha_o = 1$ 'dir.

Emniyetli gerilme (σ_{em}) ise, yorulma dayanımı değerinin (σ_D^*), emniyet katsayısına bölünmesiyle elde edilir. Yani $\sigma_{em} = \frac{\sigma_D^*}{S}$ 'dir. (6.13)

Bu yöntemde boyutlandırma yapmak için, gerilmelerin yerine moment karşılıklarını koyup, "d" yi çekmek gerekir.

Örneğin, sabit eğilme ve burulma momenti ile zorlanan bir mil halinde,

$$W = \frac{\pi.d^2}{32} \text{ olmak üzere} \quad (6.14)$$

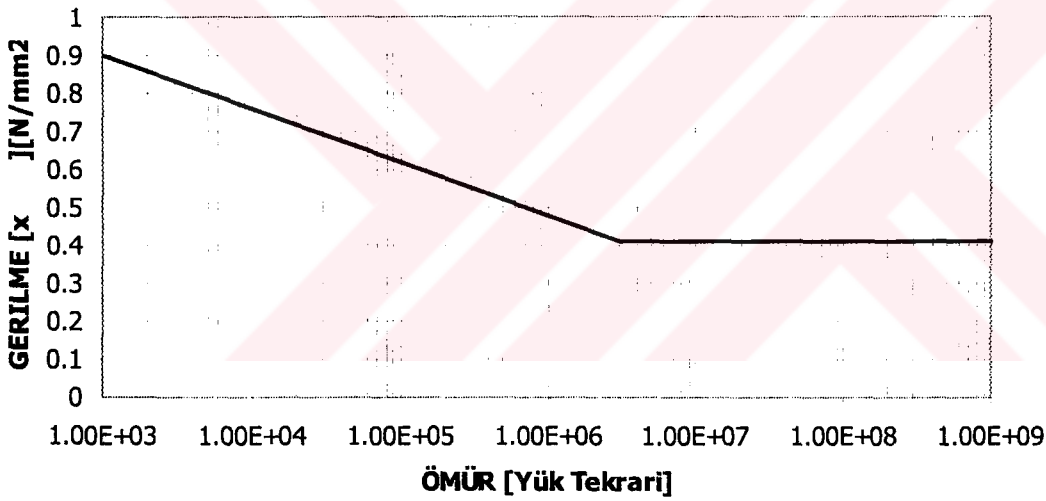
$$\sigma_e = \frac{M_e}{W}, \tau_b = \frac{M_b}{2W} \text{ eşitlikleri kullanılırsa} \quad (6.15),(6.16)$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32.S}{\pi.\sigma_D} [M_e^2 + 0.75.(\alpha_o.M_b)^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (6.17)$$

elde edilir.

Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramını çizerek olursak;

WÖHLER DIAGRAMI



Şekil 6.4 Bileşik gerilmeye göre wöhler diyagramı

Malzeme: 16MnCr5 (Dişli Malzemesi) için;

Diyagramdan da görüleceği gibi 1.10^3 yük tekrarına $0,9.\sigma_K$ değeri, 3.10^6 yük tekrarı değerine karşılık $0,41.\sigma_K$ değeri karşılık gelmektedir. Bkz. Çizelge 2.1

Benzer üçgenlerden yararlanarak belli bir σ_K değerine sahip malzemenin eğilme zorlanması altındaki ömrünü veren denklemi çıkarabiliriz.

$$\frac{AB}{AD} = \frac{BC}{DE}$$

$$\frac{0,9.\sigma_K - \sigma_N}{0,9.\sigma_K - 0,41.\sigma_K} = \frac{\log N - \log 10^3}{3.\log 10^6 - \log 10^3}$$

$$3,123.\sigma_K - 3,47.\sigma_N = 0,49.\sigma_K.\log N - 1,47.\sigma_K$$

$$\sigma_N = (1,323 - 0,141.\log N)\sigma_K$$

Burada σ_N zorlama gerilmesini, σ_K kopma gerilmesini, $\log N$ logaritmik ömrü ifade etmektedir.

Dişli malzememiz olan 16MnCr5 için σ_K (kopma gerilmesi) değeri 590 N/mm² dir.

Not: Grup mili için yapılan hesaplamalardaki I indisi Grup mili üzerindeki prizdirek karşılığı dişlisi kesitini , II indisi vites dişlisi kesitini ifade etmektedir.

Prizdirek mili için yapılan hesaplamalardaki I indisi prizdirek dişlisi kesitini , II indisi vites dişlisi kesitini ifade etmektedir.

Sürekli aynı viteste gittiği taktirde ömürler;

6.7.1 Grup mili

6.7.1.1 1.Vites

$$\sigma_{bill} = 79,85 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow 79,85 = (1,323 - 0,141.\log N).590$$

$$79,85 = 780,57 - 83,19.\log N$$

$$N_I = 10^{8,4231} \Rightarrow (N_L)_I = 8.4231$$

$$\sigma_{biII} = 305,88 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow 305,88 = (1,323 - 0,141.\log N).590$$

$$305,88 = 780,57 - 83,19.\log N$$

$$N_{II} = 10^{5,7061} \Rightarrow (N_L)_{II} = 5.7061$$

6.7.1.2 2. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 80.6 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 80.6 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 80.6 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8.4141} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.4141}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 29.43 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 29.43 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 29.43 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{9.0292} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{9.0292}\end{aligned}$$

6.7.1.3 3. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 80.9 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 80.9 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 80.9 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8.4105} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.4105}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 127.95 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 127.95 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 127.95 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{7.8449} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{7.8449}\end{aligned}$$

6.7.1.4 5. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 77.97 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 77.97 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 77.97 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8.4457} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.4457}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 74.98 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 74.98 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 74.98 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{8.4817} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{8.4817}\end{aligned}$$

6.7.1.5 Geri vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 63.16 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 63.16 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 63.16 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8,6238} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.6238}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 246.76 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 246.76 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 246.76 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{6,4168} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{6.4168}\end{aligned}$$

6.7.2 Prizdirek mili

6.7.2.1 1. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 152.98 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 152.98 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 152.98 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{7,5441} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{7.5441}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 126.95 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 126.95 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 126.95 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{7,8570} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{7.8570}\end{aligned}$$

6.7.2.2 2. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 151.8 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 151.8 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 151.8 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{7,5582} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{7.5582}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 112.65 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 112.65 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 112.65 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{8,0288} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{8.0288}\end{aligned}$$

6.7.2.3 3. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 153.43 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 153.43 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 153.43 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{7.5386} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{7.5386}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 83.11 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 83.11 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 83.11 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{8.3839} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{8.3839}\end{aligned}$$

6.7.2.4 5. Vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 154.55 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 154.55 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 154.55 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{7.5252} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{7.5252}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 305.88 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 305.88 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 305.88 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{5.7061} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{5.7061}\end{aligned}$$

6.7.2.5 Geri vites

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 67.61 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 67.61 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 67.61 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8.5703} \Rightarrow (N_L)_I = \mathbf{8.5703}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{bill}} &= 135.55 \frac{N}{\text{mm}^2} \Rightarrow 135.55 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 135.55 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_{II} &= 10^{7.7536} \Rightarrow (N_L)_{II} = \mathbf{7.7536}\end{aligned}$$

Palmgren-Miner denklemlerine göre vites sürelerini göz önüne alarak ömür hesaplarını yapalım.

Grup Mili için;

Çizelge 6.1 de bilindiği gibi:

$$C_1=0,048 ; C_2=0,1 ; C_3=0,2 ; C_4=0,35 ; C_5=0,302$$

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_3}{N_3} + \frac{C_4}{N_4} + \frac{C_5}{N_5} = \frac{1}{N_{es}}$$

Bilinen değerleri yerine koyarsak;

$$\mathbf{1.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{8.4231}} + \frac{0.1}{10^{8.4141}} + \frac{0.2}{10^{8.4105}} + \frac{0.35}{10^{9.3829}} + \frac{0.302}{10^{8.4457}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{8.7395} = 5,49.10^8 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

$$\mathbf{2.Kesit için:} \quad \frac{0.048}{10^{5.7061}} + \frac{0.1}{10^{9.0292}} + \frac{0.2}{10^{7.8449}} + \frac{0.35}{10^{9.3829}} + \frac{0.302}{10^{8.4817}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{8.4825} = 3,04.10^8 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

Prizdirek için;

Çizelge 6.1 de bilindiği gibi:

$$C_1=0,048 ; C_2=0,1 ; C_3=0,2 ; C_4=0,35 ; C_5=0,302$$

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \frac{C_3}{N_3} + \frac{C_4}{N_4} + \frac{C_5}{N_5} = \frac{1}{N_{es}}$$

Bilinen değerleri yerine koyarsak;

$$1.\text{Kesit için: } \frac{0.048}{10^{7.5441}} + \frac{0.1}{10^{7.5582}} + \frac{0.2}{10^{7.5386}} + \frac{0.35}{10^{9.3829}} + \frac{0.302}{10^{7.5252}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{8.0934} = 1,24.10^8 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

$$2.\text{Kesit için: } \frac{0.048}{10^{7.857}} + \frac{0.1}{10^{8.0288}} + \frac{0.2}{10^{8.3839}} + \frac{0.35}{10^{9.3829}} + \frac{0.302}{10^{5.7061}} = \frac{1}{N_{es}}$$

Buradan;

$$N_{es} = 10^{7.5388} = 3,46.10^7 \text{ yük tekrarı olarak bulunur.}$$

		1. VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES	Neş	Yük Tekrarı
C		0.048	0.1	0.2	0.35	0.302		
GRUP MİLİ	1.Kesit	8.4231	8.4141	8.4105	9.3829	8.4457	8.7395	5.49E+08
	2.Kesit	5.7061	9.0292	7.8449	9.3829	8.4817	8.4825	3.04E+08
PRİZDİREK MİLİ	1.Kesit	7.5441	7.5582	7.5386	9.3829	7.5252	8.0934	1.24E+08
	2.Kesit	7.857	8.0288	8.3839	9.3829	5.7061	7.5388	3.46E+07

Çizelge 6.15 Bileşik gerilmeye göre millerin ömür değerleri (Vites süreleri göz önüne alınarak)

6.8 Bileşik Gerilmeye Göre Millerin Ömür Hesabı (Km cinsinden)

T_{ζ} = Tekerlek çevresi

$T_{\zeta} = 0,00251$ km

L = Kilometre olarak ömür değeri

I_{dif} = Diferansiyel çevrim oranı

İse;

$$L = N \cdot T_{\zeta} \cdot \frac{1}{I_{dif}} \text{ buradan;}$$

Yukarıda bulunan N yük tekrarı ömür değerlerine göre aşağıdaki değerler çıkarılabilir.

6.8.1 Grup mili

Sürekli aynı viteste kalma durumunda

		N (Ömür y.t.)	i dif x i vit	N/I	N/i x T ζ	
1.VITES	1.KESIT	264911004,90	22,39	11830133,88	29693,64	KM
	2.KESIT	508276,46	22,39	22698,11	56,97	KM
2.VITES	1.KESIT	259477676,00	12,03	21571368,38	54144,13	KM
	2.KESIT	1069547311,00	12,03	88915545,27	223178,02	KM
3.VITES	1.KESIT	257335676,40	7,89	32599307,87	81824,26	KM
	2.KESIT	69968087,00	7,89	8863563,89	22247,55	KM
4.VITES	1.KESIT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35	KM
	2.KESIT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35	KM
5.VITES	1.KESIT	279061548,60	4,40	63374108,33	159069,01	KM
	2.KESIT	303179617,00	4,40	68851255,17	172816,65	KM
GERI VITES	1.KESIT	420532921,20	20,19	20827534,83	52277,11	KM
	2.KESIT	2610958,00	20,19	129311,68	324,57	KM

Çizelge 6.16 Bileşik gerilmeye göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden)

Vites süreleri göz önüne alındığında

1.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	29693,64	54144,13	81824,26	1128754,35	159069,01
C/N	1,61651E-06	1,84692E-06	2,44426E-06	3,10076E-07	1,89855E-06

Nes	123208,60 KM
-----	--------------

2.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	56,97	223178,02	22247,55	1128754,35	172816,65
C/N	0,000842549	4,48073E-07	8,98975E-06	3,10076E-07	1,74752E-06

Nes	1170,90 KM
-----	------------

Çizelge 6.17 Bileşik gerilmeye göre grup milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)

6.8.2 Prizdirek mili

Sürekli aynı viteste kalma durumunda

		N (Ömür y.t.)	i dif x i vit	N/I	N/i x Tç	
1.VİTES	1.KESİT	35002575,42	22,39	1563110,42	3923,41	KM
	2.KESİT	71944897,80	22,39	3212844,15	8064,24	KM
2.VİTES	1.KESİT	36157633,64	12,03	3005921,92	7544,86	KM
	2.KESİT	106856267,50	12,03	8883368,87	22297,26	KM
3.VİTES	1.KESİT	34562090,26	7,89	4378328,87	10989,61	KM
	2.KESİT	242047164,80	7,89	30662557,77	76963,02	KM
4.VİTES	1.KESİT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35	KM
	2.KESİT	2414904718	5,37	449702927,00	1128754,35	KM
5.VİTES	1.KESİT	33511973,20	4,40	7610476,72	19102,30	KM
	2.KESİT	508276,46	4,40	115428,18	289,72	KM
GERİ VİTES	1.KESİT	371791965,20	20,19	18413564,58	46218,05	KM
	2.KESİT	56702211,82	20,19	2808263,59	7048,74	KM

Çizelge 6.18 Bileşik gerilmeye göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden)

Vites süreleri göz önüne alındığında

1.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	3923,41	7544,86	10989,61	1128754,35	19102,3
C/N	1,223E-05	1,32541E-05	1,8199E-05	3,10076E-07	1,58096E-05

Nes	16720,45 KM
-----	-------------

2.KESİT	1.VİTES	2.VİTES	3.VİTES	4.VİTES	5.VİTES
C	0,048	0,1	0,2	0,35	0,302
N	8064,24	22297,26	76963,02	1128754,35	289,72
C/N	5,952E-06	4,48486E-06	2,59865E-06	3,10076E-07	0,001042386

Nes	947,21 KM
-----	-----------

Çizelge 6.19 Bileşik gerilmeye göre prizdirek milinin ömür değerleri (Km cinsinden , vites süreleri göz önüne alınarak)



7. 4x4 ŞANZUMANIN MUKAVEMET HESAPLARI

7.1 4x4 Şanzumana Gelen Maksimum Momentin Hesabı

$$1. \text{Vites Çıkış Momenti : } Mo_1 = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{14} \cdot 168000 \quad Mo_1 = 700153,85 \text{ Nmm}$$

$$2. \text{Vites Çıkış Momenti : } Mo_2 = \frac{37}{26} \cdot \frac{41}{26} \cdot 168000 \quad Mo_2 = 377005,92 \text{ Nmm}$$

$$3. \text{Vites Çıkış Momenti : } Mo_3 = \frac{37}{26} \cdot \frac{32}{31} \cdot 168000 \quad Mo_3 = 246789,08 \text{ Nmm}$$

$$5. \text{Vites Çıkış Momenti : } Mo_5 = \frac{37}{26} \cdot \frac{26}{45} \cdot 168000 \quad Mo_4 = 138133,33 \text{ Nmm}$$

$$\text{Geri Vites Çıkış Momenti : } Mo_G = \frac{37}{26} \cdot \frac{37}{14} \cdot 168000 \quad Mo_G = 631846,15 \text{ Nmm}$$

Maksimum moment 1. Vites çıkışında olduğundan 4x4 Şanzumanın Kontrolünde bu moment kullanılacaktır.

7.2.1 Hız kademesi dişlilerinin kontrolü

7.2.1 Daimi iştirak dişlisinin milinin eğilmeye karşı kontrolü

$$Mo = 700153,85 \text{ Nmm} \quad d_{oDaimi} = 94,342 \text{ mm} \quad z_{Daimi} = 26 \text{ adet} \quad b_{Daimi} = 20,8 \text{ mm}$$

$$m_n = 3,1424 \quad d_{oGrup} = 123,37 \text{ mm} \quad z_{Grup} = 34 \text{ adet} \quad b_{Grup} = 20,85 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{Mo}{\left(\frac{d_{oD}}{2}\right)} \quad F_u = \frac{700153,85}{\left(\frac{94,342}{2}\right)} \quad F_u = 7421,444 \text{ N} \quad (7.1)$$

$$\sigma_{eD} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\epsilon \quad (7.2)$$

$$z_{eD} = \frac{z_D}{\cos^3 \beta_o} \quad z_{eD} = \frac{26}{\cos^3 30} \quad z_{eD} = 40,03 \text{ adet} \quad (7.3)$$

Bu z_{eD} değerine göre tablodan $q_k = 2,45$ bulundu.

$$q_\epsilon = \frac{1}{\epsilon_1 + \epsilon_2} \quad (7.4)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_D + 2}{\cos(\alpha_{so})} \right)^2 - z_D^2} + \sqrt{\left(\frac{z_G + 2}{\cos(\alpha_{so})} \right)^2 - z_G^2} - (z_D + z_G) \cdot \tan(\alpha_{so}) \right]$$

$$\tan(\alpha_{so}) = \frac{\tan 20}{\cos \beta_o} \quad \tan(\alpha_{so}) = \frac{\tan 20}{\cos 30} \quad \alpha_{so} = 22,796^\circ \quad (7.5)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{26 + 2}{\cos 22,796} \right)^2 - 26^2} + \sqrt{\left(\frac{34 + 2}{\cos 22,796} \right)^2 - 34^2} - (26 + 34) \cdot \tan 22,796 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} (15,69973 + 19,20725 + 25,21675) \quad \varepsilon_1 = 1,542$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_o}{\pi \cdot m_n} \quad \varepsilon_2 = \frac{20,8 \cdot \sin 30}{\pi \cdot 3,1424} \quad \varepsilon_2 = 1,053 \quad (7.6)$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1,542 + 1,053 \quad \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 2,595 \quad q_\varepsilon = \frac{1}{2,595} \quad q_\varepsilon = 0,385$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{7421,444}{20,8 \cdot 3,1424} \cdot 2,45 \cdot 0,385 \quad \sigma_{e\delta} = 107,1 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{Ak} = 650 \frac{N}{mm^2}$$

$$s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}} \quad s = \frac{650}{107,1} \quad s = 6,07 \quad (7.7)$$

7.2.2 Grup dişlisinin milinin eğilmeye karşı kontrolü

$$\sigma_{e\delta} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon \quad (7.8)$$

$$z_{eG} = \frac{z_G}{\cos^3 \beta_o} \quad z_{eG} = \frac{34}{\cos^3 30} \quad z_{eG} = 52,35 \text{ adet} \quad (7.9)$$

Bu z_{eD} değerine göre tablodan $q_k = 2,357$ bulundu.

$$\sigma_{e\delta} = \frac{7421,444}{20,8 \cdot 3,1424} \cdot 2,357 \cdot 0,385 \quad \sigma_{e\delta} = 103,03 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{Ak} = 650 \frac{N}{mm^2}$$

$$s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}} \quad s = \frac{650}{103,03} \quad s = 6,31$$

7.3 2. Hız Kademesi Dişlilerinin Kontrolü

7.3.1 Daimi iştirak dişlisinin milinin eğilmeye karşı kontrolü

$$M_o = 700153,85 \text{ Nmm} \quad d_{oDaimi} = 94,342 \text{ mm} \quad z_{Daimi} = 26 \text{ adet} \quad b_{Daimi} = 20,8 \text{ mm}$$

$$m_n = 3,1424 \quad d_{oGrup} = 123,37 \text{ mm} \quad z_{Grup} = 34 \text{ adet} \quad b_{Grup} = 20,85 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{M_o}{\left(\frac{d_{oD}}{2}\right)} \quad F_u = \frac{700153,85}{\left(\frac{94,342}{2}\right)} \quad F_u = 14842,89 \text{ N}$$

$$\sigma_{eD} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{eD} = \frac{z_D}{\cos^3 \beta_o} \quad z_{eD} = \frac{26}{\cos^3 30} \quad z_{eD} = 40,03 \text{ adet}$$

Bu z_{eD} değerine göre tablodan $q_k = 2,45$ bulundu.

$$q_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_D + 2}{\cos(\alpha_{so})}\right)^2 - z_D^2} + \sqrt{\left(\frac{z_G^2 + 2}{\cos(\alpha_{so})}\right) - z_G^2} - (z_D + z_G) \cdot \tan(\alpha_{so}) \right]$$

$$\tan(\alpha_{so}) = \frac{\tan 20}{\cos \beta_o} \quad \tan(\alpha_{so}) = \frac{\tan 20}{\cos 30} \quad \alpha_{so} = 22,796^\circ$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{26 + 2}{\cos 22,796}\right)^2 - 26^2} + \sqrt{\left(\frac{34^2 + 2}{\cos 22,796}\right) - 34^2} - (26 + 34) \cdot \tan 22,796 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} (15,69973 + 19,20725 + 25,21675) \quad \varepsilon_1 = 1,542$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_o}{\pi \cdot m_n} \quad \varepsilon_2 = \frac{20,8 \cdot \sin 30}{\pi \cdot 3,1424} \quad \varepsilon_2 = 1,053$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1,542 + 1,053 \quad \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 2,595 \quad q_\varepsilon = \frac{1}{2,595} \quad q_\varepsilon = 0,385$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{14842,89}{20,8 \cdot 3,1424} \cdot 2,45 \cdot 0,385 \quad \sigma_{e\delta} = 214,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}} \quad s = \frac{650}{214,2} \quad s = 3,03$$

7.3.2 Grup dişlisinin daimi iştirak dişlisiyle temasında eğilme gerilmesi

$$\sigma_{e\delta} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{eG} = \frac{z_G}{\cos^3 \beta_o} \quad z_{eG} = \frac{34}{\cos^3 30} \quad z_{eG} = 52,35 \text{ adet}$$

Bu z_{eG} değerine göre tablodan $q_k = 2,357$ bulundu.

$$\sigma_{e\delta} = \frac{14842,89}{20,8 \cdot 3,1424} \cdot 2,357 \cdot 0,385 \quad \sigma_{e\delta} = 206,07 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{Ak} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}} \quad s = \frac{650}{206,07} \quad s = 3,15$$

7.3.3 Grup dişlisiyle 2. kademe dişlisinin temasında eğilme gerilmesi

$$M_o = \frac{34}{26} \cdot \frac{700153,85}{2} \quad M_o = 457792,9 \text{ Nmm} \quad d_{o\text{Grup}} = 72,57 \text{ mm} \quad z_{\text{Grup}} = 20 \text{ adet}$$

$$b_{\text{Grup}} = 16,5 \text{ mm} \quad m_n = 3,1424 \quad d_{o \text{ 2.Kademe}} = 145,14 \text{ mm} \quad z_{2.\text{Kademe}} = 40 \text{ adet}$$

$$b_{2.\text{Kademe}} = 16,15 \text{ mm}$$

$$F_u = \frac{M_o}{\left(\frac{d_{oG}}{2}\right)} \quad F_u = \frac{457792,9}{\left(\frac{72,57}{2}\right)} \quad F_u = 12616,59 \text{ N}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_\varepsilon$$

$$z_{eG} = \frac{z_G}{\cos^3 \beta_o} \quad z_{eG} = \frac{20}{\cos^3 30} \quad z_{eG} = 30,792 \text{ adet}$$

Bu z_{eD} değerine göre tablodan $q_k = 2,586$ bulundu.

$$q_{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{z_G + 2}{\cos(\alpha_{so})} \right)^2 - z_G^2} + \sqrt{\left(\frac{z_{2,K}^2 + 2}{\cos(\alpha_{so})} \right) - z_{2,K}^2} - (z_G + z_{2,K}) \cdot \tan(\alpha_{so}) \right]$$

$$\tan(\alpha_{so}) = \frac{\tan 20}{\cos \beta_0} \quad \tan(\alpha_{so}) = \frac{\tan 20}{\cos 30} \quad \alpha_{so} = 22,796^\circ$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[\sqrt{\left(\frac{20 + 2}{\cos 22,796} \right)^2 - 20^2} + \sqrt{\left(\frac{40^2 + 2}{\cos 22,796} \right) - 40^2} - (20 + 40) \cdot \tan 22,796 \right]$$

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi} (13,01887 + 21,80787 + 25,21675) \quad \varepsilon_1 = 1,529$$

$$\varepsilon_2 = \frac{b \cdot \sin \beta_0}{\pi \cdot m_n} \quad \varepsilon_2 = \frac{16,15 \cdot \sin 30}{\pi \cdot 3,1424} \quad \varepsilon_2 = 0,818$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1,529 + 0,818 \quad \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 2,347 \quad q_{\varepsilon} = \frac{1}{2,347} \quad q_{\varepsilon} = 0,426$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{12616,59}{16,15 \cdot 3,1424} \cdot 2,586 \cdot 0,426 \quad \sigma_{e\delta} = 273,87 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{Ak} = 650 \frac{N}{mm^2}$$

$$s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}} \quad s = \frac{650}{273,87} \quad s = 2,37$$

7.3.4 2. Kademe hız dişlisinin grup dişlisiyle temasında eğilme gerilmesi

$$\sigma_{e\delta} = \frac{F_u}{b \cdot m_n} \cdot q_k \cdot q_{\varepsilon}$$

$$z_{e2,K} = \frac{z_{2,K}}{\cos^3 \beta_0} \quad z_{e2,K} = \frac{40}{\cos^3 30} \quad z_{e2,K} = 61,58 \text{ adet}$$

Bu $z_{e2,K}$ değerine göre tablodan $q_k = 2,308$ bulundu.

$$\sigma_{e\delta} = \frac{12616,59}{16,15 \cdot 3,1424} \cdot 2,308 \cdot 0,426 \quad \sigma_{e\delta} = 244,43 \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{Ak} = 650 \frac{N}{mm^2}$$

$$s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}} \quad s = \frac{650}{244,43} \quad s = 2,66$$

7.4 1. Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmelerinin Hesabı

7.4.1 Daimi iştirak dişlisi mili

7.4.1.1 Bileşik gerilmenin hesabı

7.4.1.1.2 Eğilme gerilmesi

$$M_{ebil} = \sqrt{M_u^2 + MR_{max}^2} \quad M_u = -139942,49 \text{ Nmm} \quad MR_{max} = -106318,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{ebil} = \sqrt{(-139942,49)^2 + (-106318,4)^2} \quad M_{ebil} = 175748,4 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{M_{ebil}}{W_e} \quad W_e = \frac{\pi \cdot d_{mil}^3}{32} \quad d_{mil} = 30,7 \text{ mm} \quad (7.10)$$

$$\sigma_{e\delta} = \frac{175748,4}{\left(\frac{\pi \cdot 30,7^3}{32}\right)} \quad \sigma_{e\delta} = 61,87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (7.11)$$

7.4.1.1.3 Burulma gerilmesi

$$M_b = \frac{700153,85}{2} \quad M_b = 350076,93 \text{ Nmm}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p} \quad W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 30,7^3}{16} \quad (7.12)$$

$$\tau_b = \frac{350076,93}{\frac{\pi \cdot 30,7^3}{16}} \quad \tau_b = 61,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{e\delta}^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \quad \sigma_{bil} = \sqrt{61,87^2 + 3 \cdot 61,62^2} \quad \sigma_{bil} = 123,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (7.13)$$

$$\sigma_{Ak} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta}} \quad s = \frac{650}{123,37} \quad s = 5,27$$

7.4.2 Grup dişlisi mili

7.4.2.1 Bileşik gerilmenin hesabı

7.4.2.1.1 Eğilme gerilmesi

$$M_{ebil} = \sqrt{M_u^2 + MR_{max}^2} \quad M_u = 279885,47 \text{ Nmm} \quad MR_{max} = 404373,11 \text{ Nmm}$$

$$M_{ebil} = \sqrt{279885,47^2 + 404373,11^2} \quad M_{ebil} = 491786,02 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{ed} = \frac{M_{ebil}}{W_e} \quad W_e = \frac{\pi \cdot d_{mil}^3}{32} \quad d_{mil} = 41,29 \text{ mm}$$

$$\sigma_{ed} = \frac{491786,02}{\left(\frac{\pi \cdot 41,29^3}{32}\right)} \quad \sigma_{ed} = 71,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

7.4.2.1.2 Burulma gerilmesi

$$M_b = \frac{34}{26} \cdot \frac{700153,85}{2} \quad M_b = 457792,9 \text{ Nmm}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p} \quad W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 41,29^3}{16}$$

$$\tau_b = \frac{457792,9}{\frac{\pi \cdot 41,29^3}{16}} \quad \tau_b = 33,12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{ed}^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \quad \sigma_{bil} = \sqrt{71,16^2 + 3 \cdot 33,12^2} \quad \sigma_{bil} = 91,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Ak} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{ed}} \quad s = \frac{650}{91,4} \quad s = 7,11$$

7.4.3 Hız dişlisi mili

Bu dişlide oluşan gerilmeler ve momentler Daimi İştirak Dişlisiyle aynıdır.

7.5 2.Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmelerinin Hesabı

7.5.1 Daimi iştirak dişlisi mili

7.5.1.1 Bileşik gerilmenin hesabı

7.5.1.1.1.a Eğilme gerilmesi (1.Kesit)

$$M_{\text{ebill}} = \sqrt{M_{u1}^2 + MR_{\text{max}1}^2} \quad M_{u1} = -199822,27 \text{ Nmm} \quad MR_{\text{max}1} = 282189,63 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{ebill}} = \sqrt{(-199822,27)^2 + 282189,63^2} \quad M_{\text{ebill}} = 345774,39 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eđl}} = \frac{M_{\text{ebill}}}{W_e} \quad W_e = \frac{\pi \cdot d_{\text{mil}}^3}{32} \quad d_{\text{mil}} = 30,7 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{eđl}} = \frac{345774,39}{\left(\frac{\pi \cdot 30,7^3}{32}\right)} \quad \sigma_{\text{eđl}} = 121,72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

7.5.1.1.2.a Burulma gerilmesi (1.Kesit)

$$M_{\text{bl}} = 700153,85 \text{ Nmm}$$

$$\tau_{\text{bl}} = \frac{M_{\text{bl}}}{W_p} \quad W_p = \frac{\pi \cdot d_{\text{mil}}^3}{16} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 30,7^3}{16}$$

$$\tau_{\text{bl}} = \frac{700153,85}{\frac{\pi \cdot 30,7^3}{16}} \quad \tau_{\text{bl}} = 123,24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bill}} = \sqrt{\sigma_{\text{eđl}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{bl}}^2} \quad \sigma_{\text{bill}} = \sqrt{121,72^2 + 3 \cdot 123,24^2} \quad \sigma_{\text{bill}} = 245,72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{Ak}} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{eđl}}} \quad s = \frac{650}{245,72} \quad s = 2,65$$

7.5.1.1.1.b Eğilme gerilmesi (2.Kesit)

$$M_{\text{ebill2}} = \sqrt{M_{u2}^2 + MR_{\text{max}2}^2} \quad M_{u2} = 158770,26 \text{ Nmm} \quad MR_{\text{max}2} = 350697,57 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{ebill2}} = \sqrt{158770,26^2 + 350697,57^2} \quad M_{\text{ebill2}} = 384963,35 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{e\delta 2} = \frac{M_{ebil2}}{W_e} \quad W_e = \frac{\pi \cdot d_{mil}^3}{32} \quad d_{mil} = 44,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{e\delta 2} = \frac{384963,35}{\left(\frac{\pi \cdot 44,5^3}{32}\right)} \quad \sigma_{e\delta 2} = 44,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

7.5.1.1.2.b Burulma gerilmesi (2.Kesit)

$$M_{b2} = \frac{34}{26} \cdot \frac{40}{20} \cdot \frac{700153,85}{2} \quad M_{b2} = 915585,80 \text{ Nmm}$$

$$\tau_{b2} = \frac{M_{b2}}{W_p} \quad W_p = \frac{\pi \cdot d_{mil}^3}{16} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 44,5^3}{16}$$

$$\tau_{b2} = \frac{915585,80}{\frac{\pi \cdot 44,5^3}{16}} \quad \tau_{b2} = 52,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bil2} = \sqrt{\sigma_{e\delta 2}^2 + 3 \cdot \tau_{b2}^2} \quad \sigma_{bil2} = \sqrt{44,5^2 + 3 \cdot 52,92^2} \quad \sigma_{bil2} = 101,89 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Ak} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\delta 2}} \quad s = \frac{650}{101,89} \quad s = 6,38$$

7.5.2 Grup dişlisi mili

7.5.2.1 Bileşik gerilmenin hesabı

7.5.2.1.1 Eğilme gerilmesi

$$M_{\text{ebil}} = \sqrt{M_u^2 + MR_{\text{max}}^2} \quad M_u = 279885,47 \text{ Nmm} \quad MR_{\text{max}} = 522002,42 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{ebil}} = \sqrt{279885,47^2 + 522002,42^2} \quad M_{\text{ebil}} = 592302,63 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{\text{eđ}} = \frac{M_{\text{ebil}}}{W_e} \quad W_e = \frac{\pi \cdot d_{\text{mil}}^3}{32} \quad d_{\text{mil}} = 41,29 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{eđ}} = \frac{592302,63}{\left(\frac{\pi \cdot 41,29^3}{32}\right)} \quad \sigma_{\text{eđ}} = 85,71 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2},$$

7.5.2.1.2 Burulma gerilmesi

$$M_b = \frac{34}{26} \cdot 700153,85 \quad M_b = 915585,80 \text{ Nmm}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p} \quad W_p = \frac{\pi \cdot d_{\text{mil}}^3}{16} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 41,29^3}{16}$$

$$\tau_b = \frac{915585,8}{\frac{\pi \cdot 41,29^3}{16}} \quad \tau_b = 66,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{bil}} = \sqrt{\sigma_{\text{eđ}}^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \quad \sigma_{\text{bil}} = \sqrt{85,71^2 + 3 \cdot 66,2^2} \quad \sigma_{\text{bil}} = 143,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{Ak}} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{\sigma_{\text{Ak}}}{\sigma_{\text{eđ}}} \quad s = \frac{650}{143,16} \quad s = 4,54$$

7.5.3 Hız dişlisi mili

7.5.3.1 Bileşik gerilmenin hesabı

7.5.3.1.1 Eğilme gerilmesi

$$M_{ebil} = \sqrt{M_u^2 + MR_{max}^2} \quad M_u = -252952,68 \text{ Nmm} \quad MR_{max} = -286219,13 \text{ Nmm}$$

$$M_{ebil} = \sqrt{(-252952,68)^2 + (-286219,13)^2} \quad M_{ebil} = 381977,03 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{ed} = \frac{M_{ebil}}{W_e} \quad W_e = \frac{\pi \cdot d_{mil}^3}{32} \quad d_{mil} = 44,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{ed} = \frac{381977,03}{\left(\frac{\pi \cdot 44,5^3}{32}\right)} \quad \sigma_{ed} = 44,15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

7.5.1.3.2 Burulma gerilmesi

$$M_b = \frac{34}{26} \cdot \frac{40}{20} \cdot \frac{700153,85}{2} \quad M_b = 915585,80 \text{ Nmm}$$

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_p} \quad W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad W_p = \frac{\pi \cdot 44,5^3}{16}$$

$$\tau_b = \frac{915585,8}{\frac{\pi \cdot 44,5^3}{16}} \quad \tau_b = 52,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

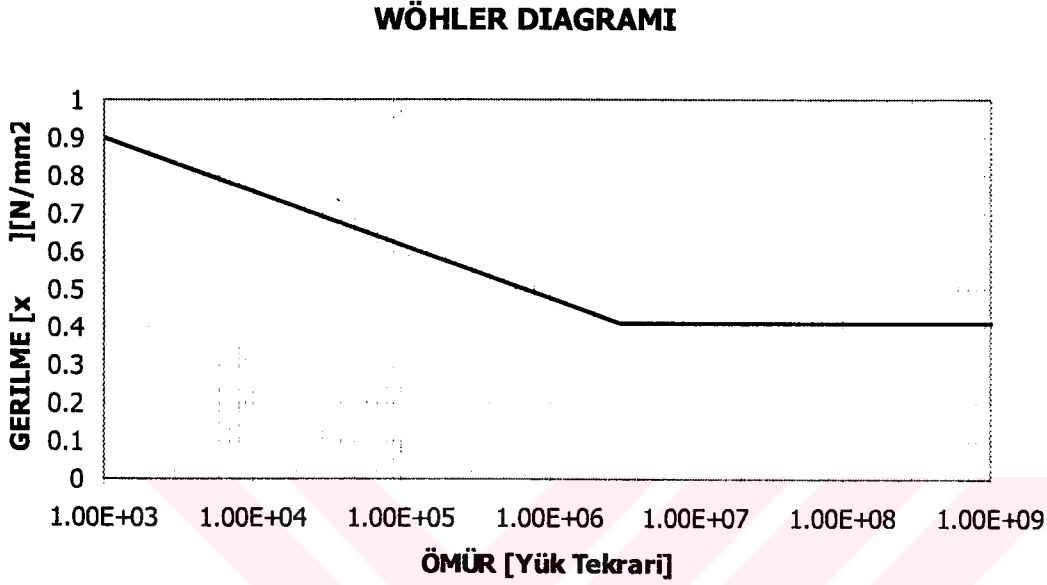
$$\sigma_{bil} = \sqrt{\sigma_{ed}^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \quad \sigma_{bil} = \sqrt{44,15^2 + 3 \cdot 52,92^2} \quad \sigma_{bil} = 101,74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Ak} = 650 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad s = \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{ed}} \quad s = \frac{650}{101,74} \quad s = 6,39$$

8. 4X4 ŞANZUMANIN ÖMÜR HESABI

8.1 1. Hız Kademesi Dişlilerinin Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesabı

Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramını çizecek olursak;



Çizelge 8.1 Eğilme gerilmesine göre wöhler diyagramı

Malzeme: 16MnCr5 (Mil Malzemesi) için;

Diyagramdan da görüleceği gibi 1.10^3 yük tekrarına $0,9.\sigma_K$ değeri, 3.10^6 yük tekrarı değerine karşılık $0,41.\sigma_K$ değeri karşılık gelmektedir. Bkz. Tablo 2.1

Benzer üçgenlerden yararlanarak belli bir σ_K değerine sahip malzemenin eğilme zorlanması altındaki ömrünü veren denklemi çıkarabiliriz.

$$\sigma_K = 590 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{AB}{AD} = \frac{BC}{DE}$$

$$\frac{0,9.\sigma_K - \sigma_N}{0,9.\sigma_K - 0,41.\sigma_K} = \frac{\log N - \log 10^3}{3.\log 10^6 - \log 10^3}$$

$$3,123.\sigma_K - 3,47.\sigma_N = 0,49.\sigma_K.\log N - 1,47.\sigma_K$$

$$\sigma_N = (1,323 - 0,141.\log N)\sigma_K$$

Sürekli aynı viteste gittiği taktirde ömürler;

8.1.1 Daimi iştirak dişlisi mili

$$\begin{aligned}\sigma_{eg} = 107,1 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 107,1 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 107,1 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 = 10^{8,0955} &\Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{8,0955}\end{aligned}$$

8.1.2 Grup dişlisi mili

$$\begin{aligned}\sigma_{eg} = 103,3 \frac{N}{\text{mm}^2} &\Rightarrow 103,3 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 103,3 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 = 10^{8,1412} &\Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{8,1412}\end{aligned}$$



8.2. 1.Hız Kademesi Dişlilerinin Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesabı

T_{ϕ} = Tekerlek çevresi

$T_{\phi} = 0,00251$ km

L = Kilometre olarak ömür değeri

i_{dif} = Diferansiyel çevrim oranı

İse;

$$L = N.T_{\phi} \cdot \frac{1}{i_{dif}} \text{ buradan;}$$

Yukarıda bulunan N yük tekrarı ömür değerlerine göre aşağıdaki değerler çıkarılabilir.

Sürekli aynı viteste kalma durumunda

	N (Ömür y.t.)	i dif	N/i dif	N/i x T ϕ	
DAİMİ İŞTİRAK DİŞLİSİ MİLİ	124594823,7	5,37	23202015,59	58237,05	KM
GRUP DİŞLİSİ MİLİ	138420368,2	5,37	25776604,88	64699,27	KM

Çizelge 8.1 1.Hız kademesi dişlilerinin eğilme gerilmesine göre ömür değerleri

8.3 2. Hız Kademesi Dişlilerinin Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesabı

8.3.1 Daimi iştirak dişlisi mili

$$\begin{aligned}\sigma_{eg} = 214,2 \frac{N}{mm^2} &\Rightarrow 214,2 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 214,2 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 = 10^{6,8081} &\Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{6,8081}\end{aligned}$$

8.3.2 Grup dişlisiyle daimi iştirak dişlisinin teması

$$\begin{aligned}\sigma_{eg} = 206,7 \frac{N}{mm^2} &\Rightarrow 206,7 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 206,7 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 = 10^{6,8983} &\Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{6,8983}\end{aligned}$$

8.3.3 Grup dişlisiyle 2. Kademe dişlisinin teması

$$\begin{aligned}\sigma_{eg} = 273,87 \frac{N}{mm^2} &\Rightarrow 273,87 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 273,87 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 = 10^{6,0908} &\Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{6,0908}\end{aligned}$$

8.3.4 2. Kademe hız dişlisinin grup dişlisiyle teması

$$\begin{aligned}\sigma_{eg} = 244,43 \frac{N}{mm^2} &\Rightarrow 244,43 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 244,43 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 = 10^{6,4447} &\Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{6,4447}\end{aligned}$$

8.4. 2.Hız Kademesi Dişlilerinin Eğilme Gerilmesine Göre Ömür Hesabı (Km cinsinden)

T_{ϕ} = Tekerlek çevresi

$T_{\phi} = 0,00251$ km

L = Kilometre olarak ömür değeri

I_{dif} = Diferansiyel çevrim oranı

İse;

$$L = N.T_{\phi} \cdot \frac{1}{i_{dif}} \text{ buradan;}$$

Yukarıda bulunan N yük tekrarı ömür değerlerine göre aşağıdaki değerler çıkarılabilir.

Sürekli aynı viteste kalma durumunda

	N (Ömür y.t.)	i dif	N/i dif	N/i x T_{ϕ}	
DAİMİ İŞTİRAK DİŞLİSİ MİLİ	6428357,18	5,37	1197086	3004,6	KM
GRUP DİŞLİSİYLE DAİMİ İŞTİRAK DİŞLİSİNİN TEMASI	7912249,98	5,37	1473417,12	3698,27	KM
GRUP DİŞLİSİYLE 2. KADEME DİŞLİSİNİN TEMASI	1232537,098	5,37	229522,73	576,1	KM
2. KADEME HIZ DİŞLİSİNİN GRUP DİŞLİSİYLE TEMASI	2784197,249	5,37	518472,48	1301,36	KM

Çizelge 8.2 2. Hız kademesi dişlilerinin eğilme gerilmesine göre ömür değerleri (Km cinsinden)

8.5 1.Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmeye Göre Ömür Hesabı

8.5.1 Daimim iştirak dişlisi mili

$$\begin{aligned}\sigma_{bil} &= 123,37 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow 123,37 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 123,37 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{7,8999} \Rightarrow (N_L)_I = 7,8999\end{aligned}$$

8.5.2 Grup dişlisi mili

$$\begin{aligned}\sigma_{bil} &= 91,4 \frac{N}{mm^2} \Rightarrow 91,4 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 91,4 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_I &= 10^{8,2842} \Rightarrow (N_L)_I = 8,2842\end{aligned}$$

8.5.3 Hız dişlisi mili

Bu dişlide oluşan gerilmeler ve momentler Daimi iştirak dişlisiyle aynı olduğundan ömürler de aynıdır.

8.6 1. Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmeye Göre Ömür Hesabı (Km cinsinden)

T_{ϕ} = Tekerlek çevresi

$T_{\phi} = 0,00251$ km

L = Kilometre olarak ömür değeri

I_{dif} = Diferansiyel çevrim oranı

İse;

$$L = N \cdot T_{\phi} \cdot \frac{1}{i_{dif}} \text{ buradan;}$$

Yukarıda bulunan N yük tekrarı ömür değerlerine göre aşağıdaki değerler çıkarılabilir.

Sürekli aynı viteste kalma durumunda

	N (Ömür y.t.)	i dif	N/i	N/i x T_{ϕ}	
DAİMİ İŞTİRAK DİŞLİSİ MİLİ	79414535,49	5,37	14788554,09	37119	KM
GRUP DİŞLİSİ MİLİ	192397754,9	5,37	35828259,76	89928	KM
HIZ DİŞLİSİ MİLİ	192397754,9	5,37	35828259,76	89928	KM

Çizelge 8.3 1. Hız kademesi dişlilerinin bileşik gerilmeye göre ömür değerleri (Km cinsinden)

8.7 2.Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmeye Göre Ömür Hesabı

8.7.1 Daimi iştirak dişlisi mili

$$\begin{aligned}\sigma_{bil1} = 245.72 \frac{N}{mm^2} &\Rightarrow 245.72 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 245.72 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 &= 10^{6.4292} \Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{6.4292}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{bil2} = 101.89 \frac{N}{mm^2} &\Rightarrow 101.89 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 101.89 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 &= 10^{8.1581} \Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{8.1581}\end{aligned}$$

8.7.2 Grup dişlisi mili

$$\begin{aligned}\sigma_{bil} = 143.16 \frac{N}{mm^2} &\Rightarrow 143.16 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 143.16 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 &= 10^{7.6620} \Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{7.6620}\end{aligned}$$

8.7.3 Hız dişlisi mili

$$\begin{aligned}\sigma_{bil} = 101.74 \frac{N}{mm^2} &\Rightarrow 101.74 = (1,323 - 0,141 \cdot \log N) \cdot 590 \\ 101.74 &= 780,57 - 83,19 \cdot \log N \\ N_1 &= 10^{8.1599} \Rightarrow (N_L)_1 = \mathbf{8.1599}\end{aligned}$$

8.8 2.Kademe Hız Dişlilerinin Bileşik Gerilmeye Göre Ömür Hesabı (Km cinsinden)

T_{ϕ} = Tekerlek çevresi

$T_{\phi} = 0,00251$ km

L = Kilometre olarak ömür değeri

I_{dif} = Diferansiyel çevrim oranı

İse;

$$L = N.T_{\phi} \cdot \frac{1}{i_{dif}} \text{ buradan;}$$

Yukarıda bulunan N yük tekrarı ömür değerlerine göre aşağıdaki değerler çıkarılabilir.

Sürekli aynı viteste kalma durumunda

		N (Ömür y.t.)	i dif	N/i	N/i x T_{ϕ}	
DAİMİ İŞTİRAK	1	2686581,37	5,37	500294,48	1255,74	KM
DİŞLİSİ MİLİ	2	143912991,20	5,37	26799439,70	67266,59	KM
GRUP DİŞLİSİ MİLİ		45919801,28	5,37	8551173,42	21463,45	KM
HIZ DİŞLİSİ MİLİ		144510698,40	5,37	26910744,58	67545,97	KM

Çizelge 8.4 2. Hız kademesi dişlilerinin bileşik gerilmeye göre ömür değerleri (Km cinsinden)

9. SONUÇLAR

Bu tezde beş ileri bir geri vites ve arazi kutusunun dişlileri ve milleri incelenmiştir. Dişli ve mil malzemeleri 16 Mn Cr 5 tir. Millere ve dişlilere tüm viteslerde (4. Vites hariç, çünkü bu viteste ki dişli ve millerin emniyet katsayıları çok yüksektir bu yüzden ömür hesabına gerek duyulmamıştır.) etki eden eğilme, burulma ve bileşik gerilmeleri ve vites süreleri göz önüne alınarak ömür hesapları yapılmıştır. Wöhler diyagramları çizilmiştir.

Birikimli (kümülatif) hasar kavramının göz önüne alındığı ömür değerlendirmelerinde Palmgren-Miner bağıntılarının nasıl uygulanabileceği, analitik olarak tezde anlatılmıştır ve Nümerik değerlendirmeler yapılmıştır.

Hesaplarda motordan maksimum tork alınması yani en tehlikeli zorlanma hali göz önünde tutularak hesaplar yapılmıştır. Araç sürekli bu tork ile hareket etmeyeceği için gerçek ömür değerleri bulunan ömür değerlerinin üzerindedir.



KAYNAKLAR

Akkurt, M., (1975), “Makina Konstrüksiyonunda Emniyet ve Güvenirlik” , TÜBİTAK 5. Bilim Kongresi Bildiri Kitabı , İstanbul.

Akkurt, M., (1982), “Makina Elemanları”, Cilt II , İ.T.Ü. Makina Fakültesi, İstanbul.

Dikmen, F., (1996), “Farklı Yorulma Dayanımı Yaklaşımlarına Göre Millerin Boyutlandırılması”. Yıldız Teknik Üni. Dergisi 1996/1 Ayrı Baskı Araştırma Makalesi, İstanbul.

Tahralı, N., Dikmen, F., (1995) “Konstrüksiyon Elemanlarında Güvenirlik ve Ömür Hesapları”. İstanbul.

Turan, H. M., Malkoç, A., (1997) “Beş Vitesli Şanzumanın Mukavemet Kontrolü”, Proje 3, Makina Teorisi sistem Dinamiği ve Kontrol Anabilim Dalı Başkanlığı.

Ulugov, B., (1996), “Gerilmelerin İstatistik Dağılımı Gözönüne Alınarak Bir Taşıt Vites Kutusunda Millerin Emniyet ve Güvenirlik , Ömür Hesapları”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	16.10.1975	
Doğum yeri	Samsun	
Lise	1990-1993	Lüleburgaz Lisesi
Lisans	1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1997-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, Konstrüksiyon Programı
Çalıştığı Kurum		
	1998-Devam ediyor	Diler Demir Çelik End. Ve Tic A.Ş.

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