

ÇAKMA VE SÖKME KUVVETİ HESAPLAMA ► LAMÉ YÖNTEMİ (Kalın Cıdarlı Silindir Teorisi)

PROJE NO: 1

TARİH: 06.09.2024

REV: 2

PARAMETRE	SEMBOL	FORMÜL / REFERANS	DEĞER	BİRİM
-----------	--------	-------------------	-------	-------

A. MİL (ŞAFT) GİRİŞ PARAMETRELERİ [SAE4140 — Isıl İşlemli, Menevişlenmiş (Q+T)]

Şaft Dış Çapı (Ölçülen)	d_s	KÖM (CMM) Ölçümü	32,070	mm
Elastisite Modülü	E_s	SAE4140 Q+T — ASM Handbook	205.000	MPa
Poisson Oranı	ν_s	Çelik — Standart	0,30	—
Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Ra_s	Profilometre Ölçümü	0,313	μm
Vickers Sertliği	HV_s	Sertlik Ölçümü	600	HV
Akma Dayanımı (Q+T)	σ_{ys}	ASM Handbook Vol.1 — SAE4140	1.035	MPa

B. DIŞLI GÖBEĞİ (HUB) GİRİŞ PARAMETRELERİ [SAE8620 — Sementasyon + Temperleme]

Göbek İç Çapı (Ölçülen)	d_h	KÖM (CMM) Ölçümü	32,022	mm
Göbek Dış Çapı	D_h	Teknik Resim	72	mm
Temas Uzunluğu (Kalınlık)	L	KÖM (CMM) Ölçümü	16,009	mm
Elastisite Modülü	E_h	SAE8620 — ASM Handbook ($=E_s$)	205.000	MPa
Poisson Oranı	ν_h	Çelik — Standart ($=\nu_s$)	0,30	—
Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	Ra_h	Profilometre Ölçümü	0,459	μm
Vickers Sertliği	HV_h	Sertlik Ölçümü	600	HV
Akma Dayanımı (Sem.+Temp.)	σ_{yh}	ASM Handbook — SAE8620	830	MPa

C. SÜRTÜNME KATSAYISI [Booker & Truman (2011); Booker et al. (2004) — Taşlanmış Çelik, Isıl Montaj]

Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü	Ra_{ort}	$Ra_{ort} = (Ra_s + Ra_h) / 2$	0,386	μm
Sürtünme Katsayısı [GİRİŞ]	μ	Booker (2011) deneysel — taşlanmış çelik ısıl montaj. Aralık: 0.10 – 0.15	0,120	—

D. TEMEL GEOMETRİ HESAPLARI

Diametral Geçme Sıklığı	δ	$\delta = d_s - d_h$	0,0483	mm
Ortalama Temas Çapı	d^f	$d^f = (d_s + d_h) / 2$	32,046	mm
Temas Yarıçapı	r	$r = d^f / 2$	16,023	mm
Göbek Dış Yarıçapı	R	$R = D_h / 2$	36,000	mm
Temas Yüzey Alanı	A	$A = \pi \times d^f \times L$	1.611,72	mm^2

δ Montaj yöntemi ısıl montaj (shrink-fit) $\rightarrow \delta_{eff} = \delta$ (tam sıklık kullanılır, yüzey pürüzlülüğü azaltması uygulanmaz). Presleme montajı için: $\delta_{eff} = \delta - 4 \times Ra_{ort} \times 10^{-3}$ [Booker 2004; Buczkowski 2016]

E. TEMAS BASINCI — LAMÉ DENKLEMLERİ (Kalın Cıdarlı Silindir)

$p = \delta \times E / [d^f \times (C_h + C_s)]$ · $C_h = (R^2 + r^2) / (R^2 - r^2) + \nu_h$ · $C_s = 1 - \nu_s$ (katı şaft, iç yarıçap = 0) · Ref: Budynas & Nisbett – Shigley's MED 10th Ed. §3-16; Lamé (1852)

Göbek Lamé Katsayısı	C_h	$C_h = (R^2 + r^2) / (R^2 - r^2) + \nu_h$	1,7941	—
Mil Lamé Katsayısı (Katı)	C_s	$C_s = 1 - \nu_s$ (iç yarıçap = 0)	0,7000	—
TEMAS BASINCI (Lamé) ★	p	$p = \delta \cdot E / [d^f \cdot (C_h + C_s)]$	123,884	MPa

F. DIŞLI GÖBEĞİ (HUB) GERİLME ANALİZİ [Lamé — Kalın Cıdarlı Silindir Denklemleri]

► İÇ YÜZEY ($p = r = d^f/2$) — En Kritik Nokta

Radyal Gerilme — İç Yüzey	$\sigma_r(\text{iç})$	$\sigma_r = -p$	-123,884	MPa
Teğetsel Gerilme — İç Yüzey	$\sigma_\theta(\text{iç})$	$\sigma_\theta = p \cdot (R^2 + r^2) / (R^2 - r^2)$	185,092	MPa
Eksenel Gerilme	σ_z	$\sigma_z = 0$ (Düzlem Gerilme Kabulü)	0,000	MPa
Von Mises Gerilmesi ★	$\sigma_{vm}(h)$	$\sigma_{vm} = \sqrt{(\sigma_r^2 + \sigma_\theta^2 - \sigma_r \cdot \sigma_\theta)}$	269,326	MPa
Emniyet Katsayısı — Göbek	n_h	$n_h = \sigma_{yh} / \sigma_{vm}$ [> 1.5 önerilir]	3,08	—

► DIŞ YÜZEY ($p = R = D_h/2$)

Radyal Gerilme — Dış Yüzey	$\sigma_r(\text{dış})$	$\sigma_r = 0$ (Serbest dış yüzey)	0,000	MPa
Teğetsel Gerilme — Dış Yüzey	$\sigma_\theta(\text{dış})$	$\sigma_\theta = 2p \cdot r^2 / (R^2 - r^2)$	61,209	MPa

G. MİL (ŞAFT) GERİLME ANALİZİ [Katı Şaft — Dış Basınç Altında Düzgün Gerilme]

Katı şaft (iç yarıçap = 0) dış basınç p altında: $\sigma_r = \sigma_\theta = -p$ (tüm kesit boyunca düzgün, değişmez) $\rightarrow \sigma_{vm} = p$

Radyal Gerilme	$\sigma_r(\text{mil})$	$\sigma_r = -p$ (düzgün, tüm kesit)	-123,884	MPa
Teğetsel Gerilme	$\sigma_\theta(\text{mil})$	$\sigma_\theta = -p$ (düzgün, tüm kesit)	-123,884	MPa
Eksenel Gerilme	σ_z	$\sigma_z = 0$ (Düzlem Gerilme Kabulü)	0,000	MPa
Von Mises Gerilmesi ★	$\sigma_{vm}(s)$	$\sigma_{vm} = \sqrt{(\sigma_r^2 + \sigma_\theta^2 - \sigma_r \cdot \sigma_\theta)} = p$	123,884	MPa
Emniyet Katsayısı — Mil	n_s	$n_s = \sigma_{ys} / \sigma_{vm}$ [> 1.5 önerilir]	8,35	—

H. ÇAKMA / SÖKME KUVVETİ HESABI

$F = \mu \times p \times A_{temas}$ Ref: Booker, Truman et al. (2004) — Proc. IMechE Vol.218 Part B; Truman & Booker (2007)

Çakma / Sökme Kuvveti	F	$F = \mu \times p \times A$	23.959,95	N
Çakma / Sökme Kuvveti	F	F (kN cinsinden)	23,960	kN
Hidrolik Piston Göstergesi	F_ton	$F_{\text{ton}} = F [N] / 9\,806.65$	2,443	ton

NOT: Mevcut hidrolik piston çapı 70 mm → $A_{\text{piston}} = \pi/4 \times 70^2 = 3\,848 \text{ mm}^2$ | Gerekli piston basıncı = F / A_{piston}

I. MÜSAADELİ GEÇİM SIKILIK SINIR DEĞERLERİ [Von Mises Akma Kriterine Göre]

► MAKSİMUM SIKILIK — İç yüzeyde akma başlamadan önceki sınır

Maks. Temas Basıncı (Göbek Akma)	$p_{\text{max,h}}$	$p_{\text{max}} = \sigma_{y_h} \cdot (R^2 - r^2) / (R^2 + r^2)$	555,526	MPa
Maks. Sıklık (Göbek Akma Sınırı)	$\delta_{\text{max,h}}$	$\delta_{\text{max}} = p_{\text{max}} \cdot d_f \cdot (C_h + C_s) / E_s$	0,2166	mm
Maks. Temas Basıncı (Mil Akma)	$p_{\text{max,s}}$	$p_{\text{max}} = \sigma_{y_s}$ (katı mil: $\sigma_{v_m} = p$)	1.035,000	MPa
Maks. Sıklık (Mil Akma Sınırı)	$\delta_{\text{max,s}}$	$\delta_{\text{max}} = p_{\text{max}} \cdot d_f \cdot (C_h + C_s) / E_s$	0,4035	mm
Belirleyici Maks. Sıklık ★	δ_{max}	$\delta_{\text{max}} = \text{MIN}(\delta_{\text{max,h}} ; \delta_{\text{max,s}})$	0,2166	mm

► MİNİMUM SIKILIK — Pratik alt sınır (tasarım önerisi)

Minimum Sıklık (Tasarım Önerisi)	δ_{min}	$\delta_{\text{min}} = 0.20 \times \delta_{\text{max}}$ (güvenlik marjı)	0,0433	mm
----------------------------------	-----------------------	--	--------	----

J. MEVCUT DURUM KARŞILAŞTIRMASI

Mevcut Sıklık (Ölçülen)	δ	$\delta = d_s - d_h$	0,0483	mm
Min. Müsaade Edilen Sıklık	δ_{min}	→ Bölüm I	0,0433	mm
Maks. Müsaade Edilen Sıklık	δ_{max}	→ Bölüm I	0,2166	mm
Kullanım Oranı ($\delta / \delta_{\text{max}}$)	η	$\eta < 1.0$ olmalı → Akma gerçekleşmez	22,3%	—
DURUM DEĞERLENDİRMESİ			✓ MONTAJ EMNİYET	—

K. SONUÇ ÖZETİ

Geçme Sıklığı	δ	→ İlgili bölüme bakınız	0,0483	mm
Temas Basıncı (Lamé Yöntemi)	p	→ İlgili bölüme bakınız	123,884	MPa
Temas Yüzey Alanı	A	→ İlgili bölüme bakınız	1.611,72	mm ²
Sürtünme Katsayısı	μ	→ İlgili bölüme bakınız	0,120	—
ÇAKMA / SÖKME KUVVETİ	F	→ İlgili bölüme bakınız	23,960	kN
HİDROLİK PİSTON DEĞERİ	F_ton	→ İlgili bölüme bakınız	2,443	ton
Von Mises Gerilmesi — Göbek İç Yüzey	$\sigma_{v_m}(h)$	→ İlgili bölüme bakınız	269,326	MPa
Von Mises Gerilmesi — Mil	$\sigma_{v_m}(s)$	→ İlgili bölüme bakınız	123,884	MPa
Emniyet Katsayısı — Göbek	n_h	→ İlgili bölüme bakınız	3,08	—
Emniyet Katsayısı — Mil	n_s	→ İlgili bölüme bakınız	8,35	—
Maks. Müsaade Edilen Sıklık	δ_{max}	→ İlgili bölüme bakınız	0,2166	mm
Kullanım Oranı	η	→ İlgili bölüme bakınız	22,3%	—
GENEL DURUM		→ İlgili bölüme bakınız	MONTAJ EMNİYET	—

RENK AÇIKLAMASI: ● MAVİ METİN = Kullanıcı Girişi | ■ SİYAH METİN = Hesaplama Formülü | ○ SARI ARKAPLAN = Anahtar Sonuç | ● TURUNCU = Uyarı