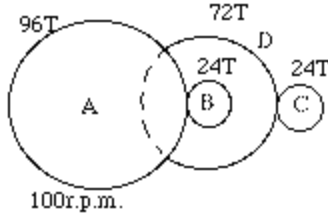


MAK342 MAKİNA ELEMANLARI 2

Y.Y.içi imtihanı İTÜ Öğretim Üyesi: Prof. Dr. Hikmet Kocabaş

Soru 1. Aşağıdaki diş sayıları verilen dişli mekanizması giriş ve çıkışındaki güçler, hızlar, yönler, momentler arasındaki ilişkiyi yazınız. B ve D aynı mil üzerindedir.



$$z_A := 96 \quad z_B := 24 \quad z_D := 72 \quad z_C := 24 \quad P_A = \eta \cdot P_C$$

$$i_{CD} = \frac{r_D}{r_C} \quad i_{CD} = \frac{z_D}{z_C} \quad i_{CD} := \frac{72}{24} \quad i_{CD} = 3$$

$$i_{AB} = \frac{r_A}{r_B} \quad i_{AB} = \frac{z_A}{z_B} \quad i_{AB} := \frac{96}{24} \quad i_{AB} = 4$$

$$i_{AC} := i_{AB} \cdot i_{CD} \quad i_{AC} = 12$$

$$n_A := 100 \frac{d}{dk}$$

$$n_B := n_A \cdot i_{AB} \quad n_B = 400 \quad n_D := n_B$$

$$n_D = 400 \frac{d}{dk} \quad n_C := n_D \cdot i_{CD} \quad n_C = 1200 \frac{d}{dk}$$

$$\omega = \omega_A = -\omega_B = -\omega_D = \omega_C$$

$$P = \eta_C \cdot M_C \cdot \omega_C = \eta_B \cdot M_B \cdot \omega_B = \eta_D \cdot M_D \cdot \omega_D = \eta_A \cdot M_A \cdot \omega_A$$

$$\omega_A := \frac{2 \cdot \pi \cdot n_A}{60} \quad \omega_A = 10.47$$

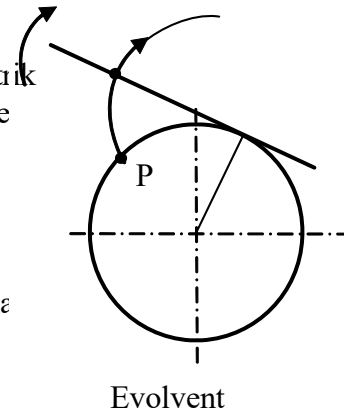
$$M_A \cdot \omega_A = \eta \cdot M_C \cdot \omega_C \quad i_{AC} = \frac{\omega_C}{\omega_A} \quad \frac{M_A}{M_C} = \eta \cdot i_{AC}$$

Soru 2. Evolvent nedir ? Diş profili olarak evolvent profilin kullanılmasının faydalarını açıklayınız.

Evolvent profil, bir daire (Temel dairesi) üzerinden kaymadan yuvarlanan bir doğrunun (Ana doğru) bir noktasının geometrik yeridir. Yuvarlanma esnasında ana doğrunun temel dairesi ile temas (teget) noktası ani dönme merkezidir. Bu sebeple ana doğru evolvente diktir. Yani profilin normalidir.

Evolvent profilili dişli çarkların avantajları:

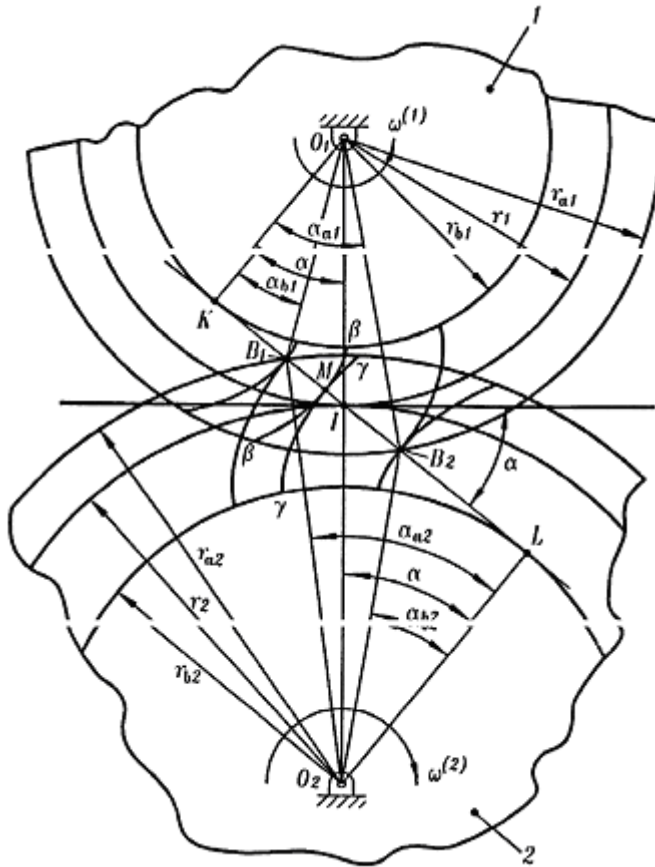
- imalatları basit, kullanışlı ve verimi yüksek dişlilerdir.
- dişlinin her iki yüzeyi aynı geometrik kurallara göre meydana gelir.
- eksenler arasındaki bir hata evolvent dişlilerin çalışmasını etkilemez.
- aynı takımla farklı dişliler elde edilir.



Soru 3. Evolvent profilli standart bir düz dişli çarkta diş sayısı $z=19$ ve modül $m=2$ mm olduğuna göre dişbaşı ve temel daireleri üzerindeki diş kalınlıklarını hesaplayınız

$$\begin{aligned}
 m &:= 2 \text{ mm} & z_1 &:= 19 & r &:= m \cdot \frac{z_1}{2} & r &= 19 \cdot \text{mm} & r_t &:= r + m & r_t &= 21 \cdot \text{mm} & \psi &:= 20 \text{ deg} \\
 t &:= m \cdot \pi & t &= 6.28 \cdot \text{mm} & s &:= \frac{t}{2} & s &= 3.14 \cdot \text{mm} & r_b &:= r \cdot \cos(\psi) & r_b &= 17.85 \cdot \text{mm} \\
 \phi &:= \tan(\psi) - \psi & \phi &= 0.0149 & \text{ev}(\psi) &:= \tan(\psi) - \psi \\
 \psi_t &:= \arccos\left(\frac{r_b}{r_t}\right) & \psi_t &= 0.55 & \psi_t &= 31.77 \cdot \text{deg} & \phi_t &:= \tan(\psi_t) - \psi_t & \phi_t &= 0.0648 & \phi_t &= 3.7121 \cdot \text{deg} \\
 s_t &:= 2 \cdot r_t \cdot \left[\frac{s}{2 \cdot r} - (\phi_t - \phi) \right] & s_t &= 1.377 \cdot \text{mm} & s_b &:= 2 \cdot r_b \cdot \left(\frac{s}{2 \cdot r} + \phi \right) & s_b &= 3.484 \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$

Soru 4. Aşağıdaki şekilde evolvent profilin, kavrama kıtasının, kavrama açısının yerini gösteriniz.



evolvent profil:

temel daire üzerinde kaymadan yuvarlanan bir doğrunun bir noktasının çizmiş olduğu γ - γ ve β - β yaylarıdır.

kavrama kıtası

(kavrama uzunluğu):

kavrama doğrusunun diş başı daireleri ile çakışma noktaları olan B_1B_2 baş noktaları arasındaki kavramanın başlayıp bittiği aralıktır.

kavrama açısı:

yuvarlanma noktasından geçen yatay eksen ile kavrama doğrusu arasındaki α açısıdır.

Soru 5. Elektrik motoru bir iş makinasına bir dişli kutusu ile bağlanmıştır. Düz dişli kutusunda kullanılan evolvent profilli standart dişlerin modülü $m := 3 \text{ mm}$, giriş ve çıkış diş sayıları $z_1 := 21$, $z_2 := 127$ olduğuna göre mekanizmanın i çevrim oranını ve r , r_d , r_t diş yarıçaplarını, t taksimatı ve taksimat dairesindeki s diş kalınlığını bulunuz.

$$i := \frac{z_2}{z_1} \quad i = 6.05 \quad r_1 := \frac{m \cdot z_1}{2} \quad r_1 = 31.5 \cdot \text{mm} \quad r_2 := \frac{m \cdot z_2}{2} \quad r_2 = 190.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{diş başı yarıçapları: } r_{t1} := r_1 + m \quad r_{t1} = 34.5 \cdot \text{mm} \quad r_{t2} := r_2 + m \quad r_{t2} = 193.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{diş dibi yarıçapları: } r_{d1} := r_1 - 1.2 \cdot m \quad r_{d1} = 27.9 \cdot \text{mm} \quad r_{d2} := r_2 - 1.2 \cdot m \quad r_{d2} = 186.9 \cdot \text{mm}$$

$$\text{taksimat: } t := m \cdot \pi \quad t = 9.42 \cdot \text{mm} \quad \text{taksimat dairesindeki diş kalınlığı } s := \frac{t}{2} \quad s = 4.71 \cdot \text{mm}$$

$$\text{temel d. y.çapları: } r_{b1} := r_1 \cdot \cos(20 \text{deg}) \quad r_{b1} = 29.6 \cdot \text{mm} \quad r_{b2} := r_2 \cdot \cos(20 \text{deg}) \quad r_{b2} = 179.01 \cdot \text{mm}$$

Soru 6. Birinci sorudaki mekanizmanın ilk kademe standart evolvent dişli çifti arasındaki kavrama oranını bulunuz. Sonucu yorumlayınız.

$$\psi := 20 \text{deg} \quad z_1 := z_A \quad z_2 := z_C$$

$$\varepsilon := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{z_1 + 2}{\cos(\psi)} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2 + 2}{\cos(\psi)} \right)^2 - z_2^2} - (z_1 + z_2) \cdot \tan(\psi) \right] \quad \varepsilon = 1.72 < 1$$

hareket süreklidir

$$\varepsilon(z_1, z_2, \psi) := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{z_1 + 2}{\cos(\psi)} \right)^2 - z_1^2} + \sqrt{\left(\frac{z_2 + 2}{\cos(\psi)} \right)^2 - z_2^2} - (z_1 + z_2) \cdot \tan(\psi) \right]$$

$$\varepsilon(20, 30, 14.5 \text{deg}) = 1.87 \quad \varepsilon(20, 30, 20 \text{deg}) = 1.61 \quad \varepsilon(20, 30, 30 \text{deg}) = 1.33$$

Soru 7. $n_1=1500 \text{ d/dk}$ 'da $P=20 \text{ BG}$ güç nakleden ve $z_1=21$, $m=4 \text{ mm}$, $b/d=0,6$ ve $a=100 \text{ mm}$ olan tek kademeli bir düz dişli kutusunda,

- çevrim oranını,
 - diş taksimatını, diş başı ve diş dibi yüksekliklerini,
 - pinyonda meydana gelen eğilme ve ezilme gerilmelerini,
 - diş kuvvetlerini
- hesaplayınız.

Verilenler: $q_{k1}=2,15$, $y_c=1,764$, $E=2,1.104 \text{ daN/mm}^2$ (1 KW=1,36 BG)

$$z_1 := 21 \quad P := 20 \cdot \text{mhp} \quad y_c := 1.764 \quad q_{k1} := 2.15 \quad bd := 0.6$$

$$m := 4 \cdot \text{mm} \quad a := 100 \cdot \text{mm} \quad E := 21 \cdot 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E = 210000 \cdot \text{MPa}$$

$$n_1 := 1500 \frac{\text{d}}{\text{dk}}$$

$$\text{Hz} = 60 \cdot \frac{1}{\text{min}} \quad \omega_1 := \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{rad} \cdot n_1}{\text{min}} \quad \omega_1 = 157.08 \frac{1}{\text{s}} \quad \omega_1 = 0.74 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = 14.71 \cdot \text{kW} \quad f_B := 1 \quad M_{d1} := f_B \cdot \frac{P}{\omega_1} \quad M_{d1} = 93.65 \text{ J} \quad 71620 \cdot \frac{20}{1500} = 954.93$$

$$M_{d1} = 31215.54 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad M_{d1} = 954.93 \cdot \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$a = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2} \quad \frac{2 \cdot a}{m} = z_1 + z_2 \quad z_2 := \frac{2 \cdot a}{m} - z_1 \quad z_2 = 29$$

çevrim oranını $i := \frac{z_2}{z_1} \quad i = 1.38$

diş taksimatı yarıçapları $d_1 := m \cdot z_1 \quad d_1 = 84 \cdot \text{mm} \quad d_2 := m \cdot z_2 \quad d_2 = 116 \cdot \text{mm}$

$$b := bd \cdot d_1 \quad b = 50.4 \cdot \text{mm} \quad r_{11} := \frac{d_1}{2} \quad r_1 = 42 \cdot \text{mm} \quad r_{22} := \frac{d_2}{2} \quad r_2 = 58 \cdot \text{mm}$$

diş başı yarıçapları: $r_{11} := r_1 + m \quad r_{t1} = 46 \cdot \text{mm} \quad r_{22} := r_2 + m \quad r_{t2} = 62 \cdot \text{mm}$

diş dibi yarıçapları: $r_{d1} := r_1 - 1.2 \cdot m \quad r_{d1} = 37.2 \cdot \text{mm} \quad r_{d2} := r_2 - 1.2 \cdot m \quad r_{d2} = 53.2 \cdot \text{mm}$

taksimat: $t := m \cdot \pi \quad t = 12.57 \cdot \text{mm} \quad \text{taksimat dairesindeki diş kalınlığı: } s := \frac{t}{2} \quad s = 6.28 \cdot \text{mm}$

temel d. y.çapları: $r_{b1} := r_1 \cdot \cos(20 \text{deg}) \quad r_{b1} = 39.47 \cdot \text{mm} \quad r_{b2} := r_2 \cdot \cos(20 \text{deg}) \quad r_{b2} = 54.5 \cdot \text{mm}$

$$\psi := 20 \cdot \text{deg} \quad \cos(\psi_v) = \frac{a}{a_v} \cdot \cos(\psi) \quad \psi_v := \psi$$

diş kuvvetleri $F_t := \frac{M_{d1}}{\frac{d_1}{2}} \quad F_t = 2229.68 \cdot \text{N} \quad F_t = 227.36 \cdot \text{kgf}$

$$F_t = 2229.681 \text{ N} \quad F_R := F_t \cdot \tan(\psi) \quad F_R = 811.538 \text{ N} \quad F_R = 82.75 \cdot \text{kgf}$$

$$F_t = 227.36 \cdot \text{kgf} \quad F_N := \frac{F_t}{\cos(\psi)} \quad F_N = 2372.777 \text{ N} \quad F_N = 241.96 \cdot \text{kgf}$$

$$y_c := \sqrt{\frac{\cos(\psi_v)}{\sin(\psi_v) \cdot \cos(\psi)^2}} \quad y_c = 1.76$$

ezilme gerilmesi $p_c := \sqrt{0.35 \cdot E \cdot \frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{i+1}{i} \cdot y_c} \quad p_c = 455.7 \cdot \text{MPa} \quad p_c = 46.47 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$

ezilme gerilmesi $\sigma_{eg} := \frac{F_t}{b \cdot m} \cdot q_{k1} \quad \sigma_{eg} = 23.78 \cdot \text{MPa} \quad \sigma_{eg} = 2.42 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$

$$\text{daN} \equiv 10 \cdot \text{N} \quad \text{rev} \equiv 1 \quad \text{MPa} \equiv 10^6 \text{Pa} \quad \text{BG} \equiv \text{mhp}$$

Soru 8. Bir tek kademeli düz dişli kutusunda **P=6 kW** güç nakledilmektedir. Giriş devir sayısı **n₁=1000 d/dk**, modül **m=2 mm** ve pinyon diş sayısı **z₁=20** olarak verilmiştir. Standart pinyon-çark çiftinin dişlerine gelen kuvvetleri hesaplayınız.

$$P := 6 \cdot \text{kW} \quad n_1 := 1000 \quad m := 2 \text{mm} \quad z_1 := 20$$

acisal hiz : $\omega_1 := \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60 \cdot \text{s}} \quad \omega_1 = 16666.67 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \psi := 20 \text{deg} \quad r_1 := \frac{m \cdot z_1}{2} \quad r_1 = 20 \cdot \text{mm}$

$$\text{Hz} = 60 \cdot \frac{1}{\text{min}} \quad \omega_1 := \frac{2 \cdot \pi \cdot \text{rad} \cdot n_1}{\text{min}} \quad \omega_1 = 104.72 \cdot \frac{1}{\text{s}} \quad \omega_1 = 0.66 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad P = 6 \cdot \text{kW} \quad f_B := 1$$

$$M_{d1} := f_B \cdot \frac{P}{\omega_1} \quad M_{d1} = 28647.89 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad M_{d1} = 5842.544 \cdot \text{kgf} \cdot \text{mm}$$

$$\frac{1000 \cdot 60 \cdot 100}{9.81 \cdot (2 \cdot \pi)} = 97342.473 \sim 97400 \quad f_B \cdot 97400 \cdot \frac{6}{1000} = 584.4 \quad \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$F_t := \frac{M_{d1}}{r_1} \quad F_t = 2864.789 \text{ N} \quad F_R := F_t \cdot \tan(\psi) \quad F_R = 1042.698 \text{ N} \quad F_R = 106.33 \cdot \text{kgf}$$

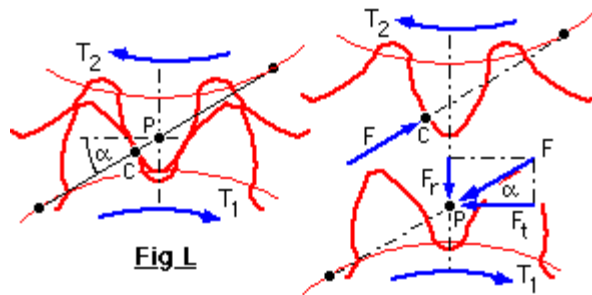
$$F_t = 292.13 \cdot \text{kgf} \quad F_N := \frac{F_t}{\cos(\psi)} \quad F_N = 3048.645 \text{ N} \quad F_N = 310.88 \cdot \text{kgf}$$

$$v_1 := r_1 \cdot \omega_1 \quad v_1 = 2.09 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{MPa} \equiv 10^6 \cdot \text{Pa}$$

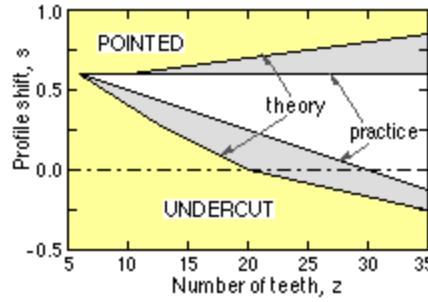
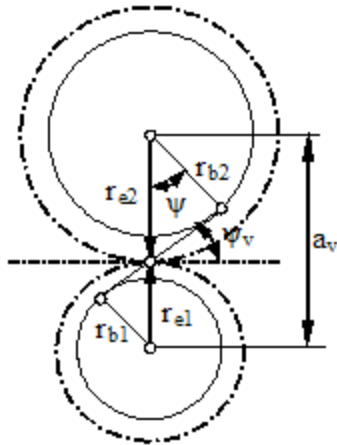
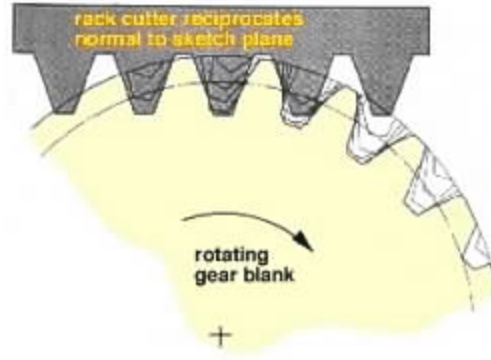
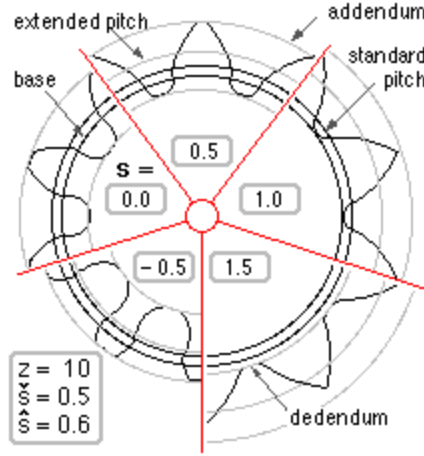
$$\text{daN} \equiv 10 \text{N} \quad 150 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} = 1470.997 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{kN} \equiv 1000 \text{N}$$



Soru 9. Profil kaydırma ne için yapılır, alt ve üst sınırı nedir? Diş şeklini nasıl etkiler?

Profil kaydırma eksenler arası mesafe ayarı ve alttan kesmeyi önlemek için yapılır.



(EK BILGI)

$$\text{MPa} \equiv 10^6 \cdot \text{Pa}$$

Soru 10. Elektrik motorunun bir iş makinasına düz dişli kutusu üzerinden taşıdığı moment

$M_d := 104 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$, modül $m := 2 \cdot \text{mm}$, $z_1 := 21$, $z_2 := 127$, $x_1 := 0.55$, $x_2 := 0.5$ $b := 24 \cdot \text{mm}$

alınırsa $p_{em} := 1470 \cdot \text{MPa}$ olan 20MnCr5 dişlilerin p_c yüzey mukavemetini kontrol ediniz.

$$\psi := 20 \cdot \text{deg} \quad a := \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2} \quad a_v := a + m \cdot (x_1 + x_2) \quad i := \frac{z_2}{z_1} \quad d_1 := m \cdot z_1$$

$$\cos(\psi_v) = \frac{a}{a_v} \cdot \cos(\psi) \quad \psi_v := \arccos\left(\frac{a}{a_v} \cdot \cos(\psi)\right) \quad F_t := \frac{M_d}{\frac{d_1}{2}} \quad E := 21 \cdot 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$y_v := \sqrt{\frac{\cos(\psi_v)}{\sin(\psi_v) \cdot \cos(\psi)^2}} \quad p_v := \sqrt{0.35 \cdot E \cdot \frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{i+1}{i} \cdot y_c} \quad p_c = 48.45 \cdot \text{MPa} < p_{em} = 1470 \cdot \text{MPa}$$

olduğundan, emniyetlidir.

$$p_c = 4.94 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} < p_{em} = 149.9 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$

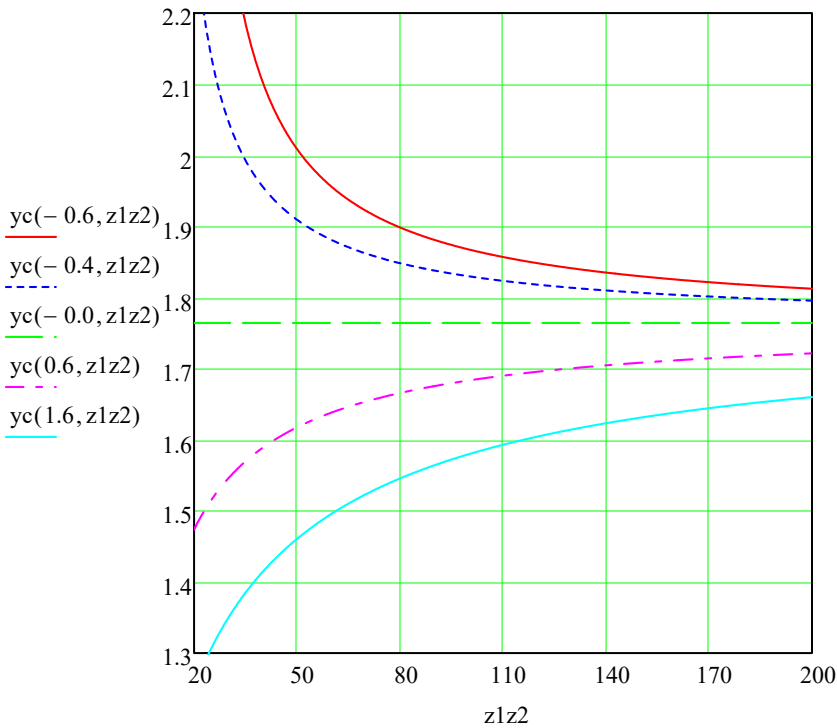
$$M_d = 10.61 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m} \quad d_1 = 42 \cdot \text{mm} \quad r_{11} := \frac{d_1}{2} \quad r_1 = 21 \cdot \text{mm} \quad i = 6.05 \quad a = 148 \cdot \text{mm}$$

$$E = 21414.04 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \quad E = 210000 \cdot \text{MPa} \quad F_t = 9.905 \text{ N} \quad F_t = 1.01 \cdot \text{kgf} \quad a_v = 150.1 \cdot \text{mm}$$

$$\psi_v = 0.39 \cdot \text{rad} \quad \psi_v = 22.1 \cdot \text{deg} \quad \psi = 0.35 \quad z_1 + z_2 = 148 \quad x_1 + x_2 = 1.05 \quad \frac{a_v - a}{a} = 0.01$$

$$\sin(\psi_v) = 0.38 \quad \cos(\psi)^2 = 0.88 \quad \cos(\psi_v) = 0.93 \quad \cos(\psi) = 0.94 \quad y_c = 1.67$$

$$yc(x1x2,z1z2) := \sqrt{\frac{\frac{z1z2}{z1z2+2 \cdot x1x2}}{\sin\left(\arccos\left(\frac{z1z2}{z1z2 + 2 \cdot x1x2} \cdot \cos(\psi)\right)\right)} \cdot \cos(\psi)}$$



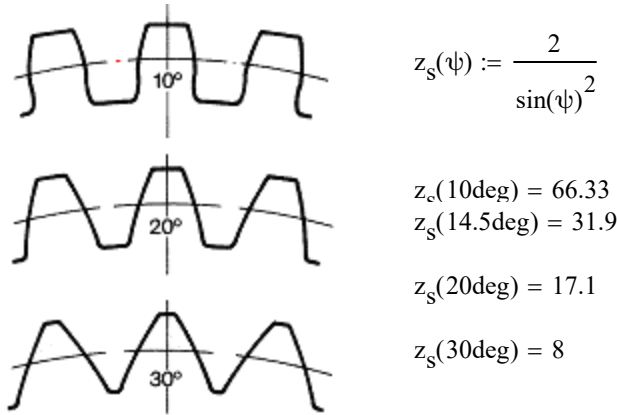
Soru 11. Takım dişli şartını yazınız. Evolvent dişlilerde bu şart nasıl ifade edilir?

Muhtelif diş sayılı çarkların eş çalışmalarının mümkün olabilmesi için (1) diş yan yüzeylerine ait kavrama eğrileri birbirleri ile çakışmalı ve (2) kavrama eğrisi yuvarlanma noktasına göre merkezi simetrik olmalıdır.
Temel daireleri taksimatı aynı olan evolvent dişliler takım dişli olarak kullanılabilirler.

Soru 12. Disli çarklarda kullanılan dis profilleri nelerdir? Çiziniz.

Evolvent ve Sikloid profiller (Ortosikloid, Episikloid, Hiposikloid)

Soru 13. Kavrama açısı, diş sayısı alt sınırını ve diş profilini nasıl etkiler?



Soru 14. Bir iç dişli alın çark mekanizmasında kavrama nasıl gerçekleşir? Çizerek gösteriniz

