***PODACI:***

Z1=3

Z2=52

Z3=38

Z4=77

b=65

q=10

a=250

Leažaj u osloncu A I B: 6220

PM=38 kW

n=24 s-1

Usvoene vrijednosti

*3.GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE ZUPČASTOG PARA 1-2:*

*3.1.Ugao nagiba zavojnice*

**

*3.2. Modul u čeonoj ravni*

*mn=mּcosγm*

**

 *3.3. Prečnici kinematskih kružnica*

**

**

*3.4. Prečnik podionih kružnica*

**

*3.5. Prečnici tjemenih kružnica*

**

*3.6. Prečnici podnožnih kružnica*

 **

 *- faktor tjemenog zazora*

* usvajamo *

* (IMP II, str;505)*

**

*3.7.Prečnik cilindričnog dijela tjemenskih kružnica*

**

*3.8. Prečnik osnovne kružnice za evolventne puževe*

 **

 *-ugao obrta*

 **

*3.9. Dužina puža*

**

*3.10. Aktivna širina pužnog zupčanika*

**

 *3.11. Širina vijenca zupčanika*

**

*4.GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE ZUPČASTOG PARA 3-4 Standardni profil: JUS M.C1.061:*

 *4.1. Napadni ugao standardnog profila*

 ******

 *4.2. Ugao nagiba bočne linije zupca*

* usvajamo *

 *4.3. Ugao nagiba bočne linije profila u čeonoj ravni*

******

 ***4****.4. Međuosno rastojanje*

 ******

 *4.5. Prečnici podionih kružnica*

 ******

*4.6. Prečnici kinematskih kružnica*

 ******

*4.7. Prečnici osnovnih kružnica*

 ******

*4.8. Prečnici podnožnih kružnica*

 ******

*4.9. Prečnici tjemenih kružnica*

 ******

KINEMATSKE VELIČINE ZUPČANOG PARA 3-4

Za kosozubi zupčani par:

Modul u čeonoj ravni zupčanika:

 mt=mn/cos11°=8,14979mm

Osno rastojanje:

a=mt(Z3+Z4)/2=8,149(38+77)/2=480mm

Poluprečnici podeonih i kinematskih kružmica( r=rw za α= αw odnosno X1+X2=0)

r3=mt⋅Z3/2=8,149 38/2=154,831mm

r4=mt⋅Z4/2=8,149 77/2=313.736mm

Poluprečnici tjemenih kružnica:

ra3=r3+(1+X1)mt=154,831+(1+0)8,149=162.98mm

ra4=r4+(1+X2)mt=313.736+(1+0)8,149=321,885mm

Ugao profila zubaca:

tg αt=tgαn/cosβ=tg20°/cos11°=0,370 αn=20°

αt=arctg 0,370=20,304°

Poluprečnici osnovnih kružnica:

rb3=r3cosαt=154.831 0,9378=145,200mm

rb4=r4cosαt=313,736 0,9378=294,221mm

Dužina aktivnog dijela dodirnice:



Podeoni koraci

Pn=π mn ; P1=π mt

Osnovni koraci

Pt=π mt cosαt=3,14 8,149 cos20,304˚=24,010 mm

Stepen sprezanja profila

εα= gα/Pt=197,645/24,010=8,231

Stepen sprezanja bočnih linija: εβ=b·tgβ/Pt=65 tg11˚ /24,010=0,526

Ukupan stepen sprezanja:

εγ=εα+εβ=8,231+0,526=8,757

Brojevi zubaca i njihov kinematski prečnik

U3,4=Z4/Z3=77/38=2,026

Broj obrtaja zupčanika 2

n2=n1/u1,2=24/2,026=11,846 s–

Ugaone brzine

ω1=2πn1=2 3,14 24=150,796 s-1

ω2=2πn2=2⋅3,14⋅11,846=74,392 s-1

Uglovi vrha kinematskih konusa

tgδ1=1/u=1/2,026=0,493 δ1=arctg 0,493=26,243°

tgδ2=u ili δ2=Σ-δ1=90°-26,243°=63,757°

Broj zubaca ekvivalentnih zupčanika

Zv3=z3/cosδ1=38/cos26,243=42,41

Zv4=z4/cosδ2=77/cos63,757=174,208

Pomjeranje profila prema sistemu Glizona

x=-x2=0,46 (1-1/u2)=0,46 (1-1/2,0262)=0,348

x=0,1 X1=0,1 0,348=0,0348

PRORAČUN ČVRSTOĆE ZUPČASTOG PARA

Materijal za izradu zupčanika

-zupčanik 1: Č.4320

-zupčanik 2: Č4131; kaljen

-kvalitet zupčanog para je IT8.

Provjera čvrstoće bokova zubaca

Opterećenje bokova zubaca:

Obimna sila na podionoj kružnici

Ft⋅KA⋅KV⋅KH3⋅KHα

Ft=T1/r1=P⋅i1-2η/(r1⋅ω)=

=38 103 17,333 0,98 /12,223 10-3 150,796=350,190N

ω=2πn=2⋅3,14⋅24=150,796s-1

Obimna brzina

V1=2r1 π n1/i1-2=2 13,223 3,14 24/17,333=106,372 m/s

V1 z1/100=106,372 3 /100=3,191

Odnos teorijske dužine dodira zubaca bz i širine zupčanika b je



Za obimnu brzinu V1=106,372m/s odnosno V1Z1/100=3,191

Za kvalitet tolerancije prema dijagramu ISO preporuke (sl.4.1.1.-prilog 4.1)

Faktor unutrašnjih dinamičkih sila Kv=1,3

Za pogon elektro motora i za radni otpor sa umjerenim udarima faktor neravnomjernosti spoljnjeg opterećenja može se usvojiti KA=1,25

(tabela 4.1.1.-prilog 4.1)

Za εα(x=0) za x1+x2=0 Cγ-određujemo pomoću dijagrama na slici 4.3.b

Za Z1+Z2=3+52=55 ,εα(x=0)=1,7478 ; Cγ=25 N/μm mm

Odstupanje paralelnosti bočnih linija zubaca u sprezi

fβ=fma+fsh-yβ=12,5+1,263-2,867=10,896 μm

gdje je:

 fma-odstupanje paralelnosti bočnih linija usljed odstupanja pri izradi

 fma≈0,5 Tβ

 Za kvalitet tolerancije IT8 i širine b=65mm prema tablici 4.1.2. (prilog 4.1) Tβ=25μm

fma≈0,5·25=12,5 μm

fsh-odstupanje paralelnosti bočnih linija zubaca usljed deformacija vratila

i zupčanika.Može se približno odrediti na osnovu mjera pogonskog vratila

fsh=Ft KA Kv/b{A(1+K L S/dv2)(b/d32)2+B} 10-3=1,263,μm

gdje prema podacima u prilogu 4.1 za kosozube zupčanike A=36,B=13

K=0,4

S=60mm –rastojanje sredine malog zupčanika od sredine vratila

dekv –ekvivalentni prečnik vratila i zupčanika

dv=r1 2=12,223 2=24,446

yβ-uticaj habanja zupčanika na smanjenje odstupanja paralelnosti bočnih linija

yβ=(yβ1+yβ2)/2=(2,064+3,670)/2=2,867 μm

Yβ1=0,15(fma+fsh)=0,15(12,5+1,263,)=2,064μm

Yβ2=320/σHlim (fma+fsh)=320/1200 (12,5+1,263)= 3,670μm

Za zupčanik 2 od Č.4131 σHlim=1200 N/mm2 (T.4.1.6.-prilog 4.1)

S obzirom da je bz/b ≤1 faktor raspodjele opterećenja duž bokova zubaca za

Određivanje napona na bokovima zubaca

Kfβ=Khβp=7,5180,90=10,12





KHβ=2b/bz=2/0,226=7,518

Faktor raspodjele opterećenja na parove zubaca u sprezi za εγ≥2



gdje je:

Apb-najveće dozvoljeno odstupanje koraka . Za kvalitet tolerancije IT8 iz

Tablice 4.1.3.(prilog 4.1) Apb=30 μm

yα-promjena profila zubaca

 y1=0,075·Apb=0,075·30=2,25μm

 za veliki zupčanik Č.4131 σHlim=1200 N/mm2

 y2=160 Apb/σHlim=160 30/1200=4 μm

 



RADNI NAPONI

Na bokovima jednog i drugog zupčanika su međusobno jednaki



gdje je :

ZE-faktor elastičnodti materijala spregnutih zupčanika za spregu oba zupčanika

 od čelika

 ZE=189,8 (N/mm2)1/2 (T.4.1.4. prilog 4.1)

ZH-faktor oblika zubaca



Invαw=x1+x2(2tgαn+invα)/z1+z2=0,3+0 (2tg20+inv20)/3+52

Invαw=0,01880

 αw=21,55˚

Zε-faktor stepena sprezanja



Zβ-faktor nagiba bočnih linija zubaca





KRITIČNI NAPONI BOKOVA ZUBACA

[σH]M=σHlim ZN Zσ Zv ZR ZW ZX

gdje je:

ZN-faktor konačne izdržljivosti

ZN=1

Zσ-uticaj promjenljivosti obrtnog momenta

Zσ=1,3

ZL-uticaj kvaliteta ulja



υ40-kinematska viskoznost u mm2/s na temperaturi 40 ºC (tabela 4.1.5)

υ40=45 mm2/s





ZV-uticaj brzine klizanja



gdje je:

V-obimna brzina u m/s



ZR-uticaj hrapavosti bokova



Rr-srednja visina neravnina



RZ-5-7μm za čisto glodane bokove zubaca (8 klasa hrapavosti)







ZW-uticaj razlike tvrdoće spregnutih bokova zubaca



za Č.4131 tvrdoća po brinelu HB iznosi HB=217-Strojarski priručniku str.310



ZX-uticaj apsolutne veličine zubaca

ZX=1 za mn≤10

za zupčanik 1 od čelika Č.1220 σHlim=1480 N/mm2



za zupčanik 2 od Č.4131 σHlim=1200 N/mm2





Stepen sigurnosti protiv razaranja bokova malog i velikog zupčanika





RADNI NAPONI U PODNOŽJU ZUBACA

σF=YFa YSa Yε Yβ Ft KA KV KFα KFβ /b mn

Yfa1- faktor oblika zubaca

 Za zupčanik 1 (Z1=38, X1=0) prema tablici 4.1.7.

 Yfa13

 Za zupčanik 2 (Z2=77, X2=0)

 Yfa2=2,35

Ysa-faktor koncentracije napona u podnožju zubaca

 Prema dijagramu na slici 4.1.3. u prilogu 4.1.

 Ysa1=1,815

 Ysa2=1,96 za Zn>30 i pomjeranje profila x=0,4

Yε-faktor kraka sile prema ISO preporukama izračunava se pomoću izraza

 

Yβ-faktor oblika kosih zubaca

 

 

 

KRITIČNI NAPONI



YNT-faktor konačne izdržljivosti podnožja zubaca



 Graničnai broj promjena za sve čelike NFD=3·106

 m=8,7 za cementrane čelike i površinski otvrdnute

 YST=2,1 – faktor koncentracije napona u podnožju zubaca zupčanika

 epruvete

 Yσ-faktor uticaja promjenljivog obrtnog momenta na dinamičku izdržljivost.Za ptibližno stalni obrtni moment u radnom vijeku zupčanog para

Yσ=1

YRT- faktor uticaja hrapavosti u podnožju zubaca (sl.4.1.5 prilog 4.1)

 YRT1=1,03

 YRT2=1,02 na osnovu hrapavosti RZ ikrive za poboljšani čelik

YδT- relativni faktor popravke u zavisnosti od materijala i faktora koncentracije napona (sl.4.1.4 prilog 4.1)

 YδT1=0,90 na osnovu faktorakonstante napona Ysa i krive za poboljšani

 YδT2=0,95 čelik

 YX-faktor veličine

 σFlim1=416 N/mm2 zubaca

 YX1=1,2 za površinski otvrdnte zupce

 Yx2=1,3 za poboljšane čelike

σFlim2=270 N/mm2

 

 

 STEPEN SIGURNOSTI

 

 

PRORACUN TVRDOČE PUZNOG ZUPČANIKA

*2.1. RADNI I KRITIČNI NAPON*

*2.1.1 Radni napon*

 **

 * Faktor elastičnosti - Tablica;7.211 (IMP II)*

 *ZP-Faktor dodira i zavisi od odnosa*

 **

 *ZP≈2,68*

*KA –Velićine faktora spoljnjih dinamičkih opterčenja [sa srednjim promjenama (udarima) - ravnomjeran]*

*KA =1,2……..1,4 – usvajam 1,25*

*A=250 mm*

*σH=150·2,68*

*2.1.2. Kritični napon*

*[σHN]M=σHlim·Zh·Zn*

 *σHlim=370  -napon na mjestima dodira*

*Za tv=20000 h imamodaje faktor radnog vijeka jednak:*

 **

 * -Faktor učestalosti obrtanja sa nII*

 *[σHN]M=370·1,037·0,738=292,2 *

 **

* - faktor udara za ravnomjeran obrtni moment sa srednjim promjenama Tablica; 7.181 (IMP II)*

*2.1.5. Stepen sigurnosti protiv savijanja zubaca*

 *za C.CuSn14 T.7.211 (IMP II)*

 **

 *YF≈1,5 za α=20° -faktor oblika*

 *KA=1,25*

 *b2=63,7 mm -širina pužnog zupčanika*

 *mn=8 -normalni modul*

 *Ft2 -tangentna sila*

***KOMENTAR:***

*Iz predhodnog proračuna vidimo da je stepen sigurnosti protiv savijanja zubaca veliki a stepen sigurnosti protiv kritičnog razoraje u granicama. Kako je ovaj stepen sigurnosti važnji nego stepen sigurnosti protiv*

*savijanja zubaca,ovaj materijal zadovoljava*