

Spojevi vijčanih propelera s osovinama navlačenjem bez klinova

UDK 621.791.052.2:629.1.037.2

Uvod

U današnje vrijeme na većim brodovima koji su pogonjeni snažnim propulzijskim strojevima sve više se upotrebljavaju na osovinskim vodovima i propelerskim osovinama rastavljivi i nerastavljivi spojevi, bez klina, naglavlivanjem, uz pomoć elastičnih deformacija kontaktnih dijelova.

Česte havarije, naročito na propelerskim osovinama velikih dimenzija, dale su povoda naporima konstruktora u cilju iznalaženja spojeva sa što manje mjesta na kojima može doći do jakih koncentracija naprezanja materijala na pr. na utorima za klin glavine propelera, zatim na završecima navlaka u klasičnim ležajevima. Na svim tim mjestima ne djeluju samo radna naprezanja, već zbog hidrodinamičkih oscilatornih opterećenja krila propelera dolazi do čestih rezonantnih ili prinudnih vibracija, vitlanja propelera, tako da na mjestima naglavljivanja nominalna naprezanja mogu dostići čak magnifikaciju 10.

Kod većih istrošenja ležajeva u statvenoj cijevi, teorijska točka naslanjanja naročito u stražnjem ležaju premješta se prema naprijed zbog nastalog »zvonastog« oblika, pa prirodna frekvencija transverzalnih vibracija, a prema tome i vitlanja osovine postaje niža, pa se kritičan broj okretaja približava nominalnom broju i tada nastaju teška oštećenja pa čak i lomovi i gubici propelera, što prouzrokuje brodarima velike novčane izdatke.

Rješenjem naglavljivanja propelera bez klina i uvođenjem relativno kratkih krmenih ležajeva, uljno podmazivanih, uvelike je povećana sigurnost u radu propelerskih osovina naročito na brodovima sa snažnijim propulzijskim strojevima.

Vršio sam detaljnu analizu koja obuhvaća univerzalni proračun veze na bazi fundamentalne teorije elastičnosti materijala, tako da se na kraju dobija univerzalna formula, koja nam kazuje koji je potreban minimalni aksijalni pomak glavine pri montaži propelera na konus osovine bez klina, pa da spoj bude potpuno siguran. Napominjem da se rezultati ovog proračuna u potpunosti slažu s rezultatima u praksi.

Praktična strana ovoga je, da su inspeksijske tehničke službe u stanju kontrolirati kod brodova u eksploataciji, točan i nužan aksijalni pomak glavine pri montaži propelera u zavisnosti od uvjetima koji vladaju za vrijeme montaže i kad se ne radi o brodu novogradnji, te kad manjkaju nužni tehnički podaci o navedenoj montaži.

S obzirom na vrlo obimnu i detaljnu analizu, a pored toga i na dosta komplicirane računске operacije i transformacije izraza u ovom radu, odustao sam od navođenja tih operacija iz razloga što je članak namijenjen više ljudima iz prakse, a manje znanstvenicima. Međutim, potrebno je objasniti koje je sve faktore sigurnosti i uvjete, ova analiza obuhvatila za broj računa spoja navlačenjem bez klina.

Vanjska opterećenja na propeler

U proračun se uzimaju:

→ Srednji torzijski moment propulzijskog stroja

- Plovidba u ledu
- Porivna sila na propeler u radu stroja svom snagom s brodom u vezu
- Neravnomjernost torzijskog momenta uslijed torzijskih vibracija pobudom stroja kao i pobudom na propeler uslijed neravnomjernosti rada propelera u nestacionarnom sustrojnom polju iza krmenog podvodnog dijela broda.

Statički koeficijent trenja

Spoj navlačenjem prenosi vanjska opterećenja propelera na osovinu putem trenja na dodirnim površinama konusa. Glavnu ulogu ima statički koeficijent trenja. Montaža i demontaža ovako montiranog propelera mora biti trajno omogućena za vrijeme eksploatacije broda i to bez ikakvih oštećenja spojnih površina.

U današnjoj praksi uglavnom se konstruiraju ovakvi spojevi koji se montiraju pod tlakom ulja.

Koeficijent statičkog trenja za ovakve spojeve može se uzeti sa sigurnošću da iznosi između

$$\mu = 0,12 \text{ do } \mu = 0,16.$$

Pri rastavljanju spojevima koji se montiraju i demontiraju primjenom ulja pod tlakom bez obzira na vrstu materijala glavine propelera i osovine, bez međuteljka, uzima se da je:

$$\mu = 0,12$$

Utjecaj visine hrapavosti na dodirnoj površini navučenog spoja.

Pri montaži spoja s navlačenjem prvi put dolazi do plastične deformacije vrhova hrapavosti pa se na dodirnoj površini dobije manji pritisak nego što je pretpostavljeno pa će stoga biti manji i efikasni negativni zazor. Da bi se to spriječilo, negativnom zazoru se dodaje određen zazor koji uzima u obzir deformaciju zubaca hrapavosti površina. S obzirom na to da pri pažljivoj obradi, prosječna visina hrapavosti je oko 6 mikrona to bi dodatak negativnom zazoru trebao biti oko 0,015 mm. Ova veličina je mala prema proračunskom zazoru, a pored toga, s obzirom da se u našem slučaju analize radi o rastavljivim spojevima, to i ne treba spomenuti dodatak uračunavati. U ovim slučajevima prije konačne montaže izvrši se prethodna montaža i rastavljanje nakon 30 min, s ciljem dobivanja plastične deformacije vrhova hrapavosti, tako da već pri slijedećoj montaži dobijamo mnogo čišće površine nego što su bile neposredno nakon obrade.

Utjecaj centrifugalne sile.

Centrifugalna sila nastaje uslijed vrtnje propelera zbog čega slabi pritisak prijanjanja površina. Proračunom je dokazano da ova sila nema veliki utjecaj na potrebni pritisak, svega maksimum 5% od tog pritiska. Naročito kod sporookretnih i srednjeokretnih propelera.

Utjecaj temperature na spoj

Spoj sa navlačenjem propelera na osovine mora biti u stanju prenositi sva vanjska opterećenja u krajnjim temperaturnim granicama predviđenim u toku eksploatacije broda. U principu je temperatura glavine i osovine za vrijeme montaže drugačija nego u toku eksploatacije.

Konačna formula za potreban aksijalni pomak glavine propelera pri montaži vrijedi za temperaturu za vrijeme te montaže. Stoga treba uzimati u račun razliku temperatura za vrijeme eksploatacije i za vrijeme montaže.

Ovaj utjecaj se ispoljava samo u slučaju kad je glavina i osovina izrađena od materijala kojima je koeficijent linearne dilatacije različit, a to je praktički skoro uvijek slučaj.

Pri prelazu s visoke temperature mora na nisku, dolazi do stiskanja glavine i osovine pri različitim koeficijentima linearne dilatacije, pa se na kontaktnoj površini pojavljuju dodatni pritisci koji se algebarski dodaju pritiscima koji su nužni za prijenos sila i momenta poriva. Inače temperatura glavine i osovine za vrijeme montaže mora biti izjednačena.

Utjecaj sile izvlačenja propelera

Najopasniji slučaj opterećenja uzet je onaj, kad na spoj navlačenjem djeluje osim torzijskog momenta, sila na propeler koja je usmjerena na izvlačenje glavine s konusa. Do toga dolazi pri radu propelera »krmom«. Upravo taj najopasniji slučaj opterećenja uzet je kao glavni za proračun neophodnog međupritiska na dodirnoj površini.

Utjecaj koniciteta spoja

Rezultati proračuna spojeva navode na slijedeće zaključke:

— Konicitet nije neophodan u spoju bez klina, kad treba da posluži za prijenos vanjskih opterećenja. U stvari najmanji se potrebni površinski pritisci dobiju pri nultom konicitetu, dakle pri navlačenju cilindričnog spoja.

Spojevi s konicitetom zahtijevaju veće sigurnosne pritiske nego što je slučaj sa cilindričnim, pri istim dimenzijama.

— Konicitet je međutim nužan pri izvođenju rastavljivih spojeva navlačenjem. Uvjet višestrukog sastavljanja i rastavljanja zahtijeva koničnu izradu. Ako je pak spoj nerastavljiv, nema potrebe za konicitetom.

— Analitički je pokazano, a u praksi potvrđeno, da pri ovim spojevima mora biti zadovoljen uvjet:

$$z \leq 2 \mu;$$

gdje je:

$$z = \text{konicitet} = \frac{D - D_x}{x};$$

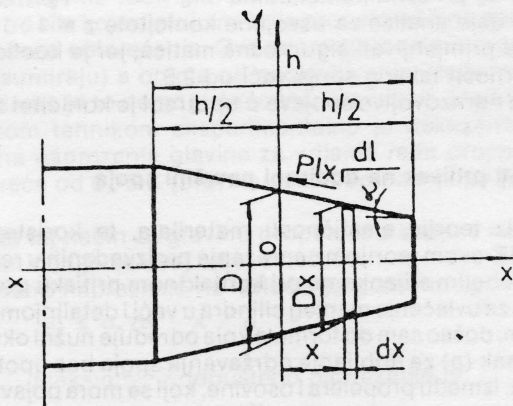
μ – koeficijent statičkog trenja dodirnih površina vidi sl. 1. Ako posmatramo obrnuto, da se kod izvedenog spoja u sistemu pod pritiskom pojavi koeficijent trenja

$$\mu = 0,5$$

glavina bi sama skliznula sa osovine. Ovo treba imati u vidu, kad se za vrijeme rasklapanja tlači ulje između dodirne površine navlačenog spoja, budući da ulje čini koeficijent trenja $\mu = 0,01$

U tablici I. date su teorijske vrijednosti dopuštenih graničnih koniciteta, pri kojima nastupa skliznuće.

Teorijski svaki konicitet $Z < Z_{\max}$ može se primijeniti u spoju navlačenjem.



Sl. 1.

TABLICA I

μ	z_{\max}	μ	z_{\max}
0,005	1: 100	0,042	1: 12
0,010	1: 50	0,050	1: 10
0,017	1: 30	0,100	1: 5
0,020	1: 25	0,120	1: 4,17
0,025	1: 20	0,125	1: 4
0,033	1: 15	0,250	1: 2

Odgovarajući konicitet zahtijeva potreban pritisak a taj mora biti veći što je veći konicitet

Teorijski pri $z \rightarrow z_{\max}$; $p \rightarrow \infty$;

t. j. pritisak montaže

teži ka neizmjernosti. Međutim veliki pritisci zahtijevaju velike dimenzije glavine i osovine. Praktički, pritisci ne mogu biti suviše visoki zbog granica razvlačenja materijala glavine propelera i osovine, dok se kod rastavljivih spojeva pojavljuju još teškoće pri demontaži zbog vrlo visokih pritisaka ulja.

Ograničavanje koniciteta nije nužan uvjet za kvalitet spoja; međutim u praksi postoji tendencija da se konicitet ograniči.

Prema gore rečenom, formula koja se analizom dobije, a koja služi za određivanje potrebnog pritiska (p) na spojene površine, neće biti funkcija koniciteta, jer će se usvojiti konstantni konicitet i formula će vrijediti za taj i sve ostale konicitete koji su manji, čime se dobija veći faktor sigurnosti spoja.

Polazeći od visine tlaka ulja koja se danas pri sklapanju koristi, zatim od dimenzija glavine i udobnosti pri operaciji montaže, kao osnovni konicitet se uzima:

$$z = 1 : 15;$$

Ponovo ističeni, da je ovaj konicitet samo rezultat praktičnih pretpostavki, a ne fizičkih ili tehničkih nužnosti.

Prema tome formule dobivene analizom sadrže i dobre su samo za: $z \leq 1 : 15$;

Za koeficijent trajanja $\mu = 0,12$

koji smo usvojili,

maksimalni dozvoljeni konicitet je: 1 : 4,17;

Prema tome spoj sa konicitetom 1 : 15; daje nam sigurno samokočenje glavine i pri maksimalnom opterećenju i vožnji broda »krmom«. Međutim ipak se upotrebljava matica za osiguravanje glavine, ali ona ne osigurava spoj od klizanja. Matica se predviđa kao sigurnost od gubitka propelera u iznimnim i nepredviđenim situacijama.

Zato se pri svim konicitetima i pritisima koje daje analiza za usvojene konicitete $z = 1 : 15$; ne mora primjenjivati sigurnosna matica, jer je koeficijent sigurnosti takvog spoja veći od 2,5.

Za nerazdvojive spojeve u upotrebi je konicitet $z = 0$;

Nužni pritisak na dodirnoj površini spoja

Iz teorije elastičnosti materijala, te koristeći se LAME-ovom teorijom naprezanja proizvedenih u relativno debelim stijenjkama pri kontaktnom pritisku potrebnom za uvlačenje manjeg cilindra u veći i detaljnom analizom, došao sam do formule koja određuje nužni okomiti pritisak (p) za dobijanje održavanja spoja bez upotrebe klina, između propelera i osovine, koji se mora pojaviti pri temperaturi eksploatacije. Međutim, kako se montaža vrši pri nekoj određenoj temperaturi taj pritisak uzima u obzir i stanje u momentu montaže.

Slijedi rezultirajuća formula koja daje nužan pritisak za montažu propelera na konus osovine. Pritisak (P_m) predstavlja potrebni okomiti pritisak na dodirne površine, da bi spoj bio siguran. Ovaj pritisak je jednak ili nešto veći od pritiska ulja koji pri montaži razdvoji površine da bi se omogućio aksijalni pomak glavine.

$$P_m = \frac{8}{h \cdot D} \sqrt{\left[\frac{6000 \cdot N \cdot L^2}{n \cdot D} \right]^2 + T^2} + \frac{(\alpha_y - \alpha_w)(t_e - t_m)}{\dots} \text{ kN/cm}^2; \dots (1)$$

gdje je: N = snaga na osovini propelera u kW.

n = broj okretaja osovine propelera u min.

h = ukupna duljina konusa osovine u cm.

D = srednji promjer konusa osovine u cm.

L = faktor pojačanja za plovidbu u ledu = D_1/D ; gdje je D_1 = promjer pojačane osovine, dok je (D) propisana osovina bez pojačanja.

T = srednja porivna sila propelera u kN.

α_y = koeficijent toplinske linearne dilatacije glavine u $(^\circ\text{C})^{-1}$.

α_w = koeficijent toplinske linearne dilatacije osovine u $(^\circ\text{C})^{-1}$;

t_e = granična temperatura u eksploataciji u $(^\circ\text{C})$

t_m = temperatura spoja za vrijeme montaže u $(^\circ\text{C})$

B = koeficijent oblika i materijala spoja u cm^2/kN ;

$$B = \frac{1}{E_y} \left[\frac{y^2 + 1}{y^2 - 1} + \nu_y \right] + \frac{1}{E_w} \left[\frac{w^2 + 1}{1 - w^2} - \nu_w \right]; \frac{\text{cm}^2}{\text{kN}};$$

u formuli za (B) je:

E_y = modul elastičnosti za materijal glavine u kN/cm^2 ;

E_w = modul elastičnosti za materijal osovine u kN/cm^2 .

ν_y = Poisson-ov broj za materijal glavine = odnos

$$\frac{\text{lateralna kontrakcija pri istezanju}}{\text{aksijalna elongacija pri istezanju}};$$

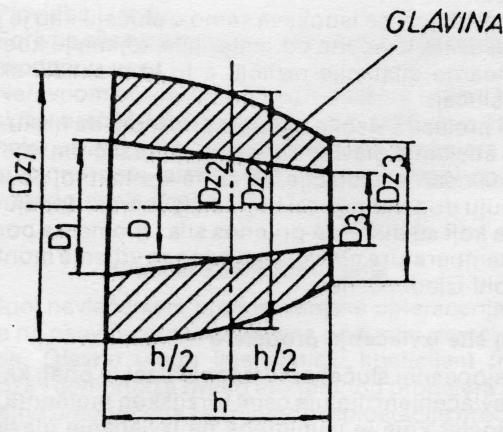
ν_w = Poissonov broj za materijal osovine.

Y = srednji koeficijent vanjskog promjera glavine. Vidi sl. 2.

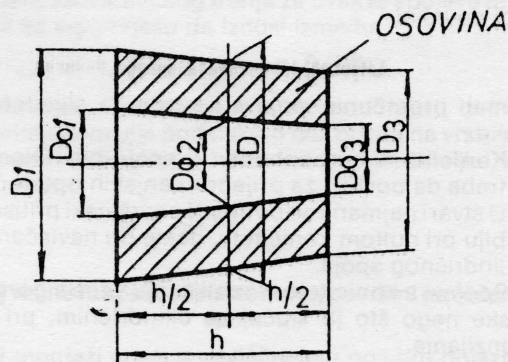
$$Y = \frac{D_{z1} + D_{z2} + D_{z3}}{3D};$$

W = srednji koeficijent promjera otvora na osovini. Vidi sl.3

$$W = \frac{D_{o1} + D_{o2} + D_{o3}}{3D};$$



Sl. 2



Sl. 3

Prvi član jednadžbe (1) predstavlja nužan pritisak (p) kojim treba da vlada među površinama glavine i osovine za vrijeme rada propelera.

Drugi član jednadžbe (1) predstavlja pritisak koji rasterećuje spoj razlike u temperaturi između one krajnje u eksploataciji i one za vrijeme montaže. Prema tome tlak (pritisak) na dodirnoj površini u momentu montaže, a za spoj kojem konicitet

$$z \leq 1 : 15$$

mora iznositi (p_m), prema formuli (1).

$$z \leq 1 : 50$$

Nužne elastične deformacije

Pritisak koji vlada između površina, a koji je potreban radi prenošenja vanjskih sila, dobijamo pomoću elastičnih deformacija glavine i osovine.

Proračun deformacije u momentu sklapanja vršim opet na osnovi teorije Lamé-a. Ovdje dolazi do elastičnog povećavanja unutrašnjeg promjera glavine ΔD_y

uslijed montažnog pritiska a istodobno dolazi do smanjenja vanjskog promjera osovine ΔD_v . Na taj se način stvara nužna razlika u promjerima glavine i osovine u ravni srednjeg promjera konusa i iznosi:

$$\Delta D_m = \Delta D_v + \Delta D_w \quad (\text{dakle algebarska suma})$$

Analizom je dokazano da je:

$$\Delta D_m = D \cdot p_m \cdot B \quad \dots \dots (2)$$

Gdje je: p_m = nužni pritisak pri montaži u kN/cm^2 ; V.(1).

Kod rastavljivih spojeva u momentu sastavljanja dolazi do točno određenog aksijalnog pomaka glavine na osovini koji označavano sa Δh_m i koji je jednak:

$$\Delta h_m = \frac{\Delta D_m}{z}$$

tako da je nužni i minimalni pomak glavine u momentu montaže pri

$$\Delta h_m = \frac{8 \cdot B}{h \cdot z} \sqrt{\left(\frac{6000 \cdot N \cdot L^3}{n \cdot D}\right)^2 + T^2} + \frac{D(\alpha_y - \alpha_v)(t_e - t_m)}{z} \text{ cm}; \dots \dots (3)$$

U konačnom proračunu uzimamo krajnje granice temperature morske vode u toku eksploatacije, i to donju granicu $t_e = 0^\circ\text{C}$, a gornju granicu $t_e = 0^\circ\text{C}$;

Da bi se izračunalo ΔD_m ili Δh_m , koji su nužni za uspješnu montažu, treba račun izvesti dvaput, i to za obje granične temperature u eksploataciji, pa se usvaja veća od dvije dobivene vrijednosti.

Pojačanje za led se uskladi s temperaturom $t_e = 0^\circ\text{C}$;

Naprezanja u spoju s navlačenjem

Elastične deformacije u ovim spojevima prate naprezanje u glavini i osovini. Naprezanja moraju biti u dopuštenih granicama.

Maksimalna naprezanja nastupaju pri najnižim temperaturama eksploatacije. Tada dolazi do stiskanja glavine pri $\alpha_y > \alpha_v$ to povećava montažno naprezanje. Mjeerodavno je dakle $t_e = 0^\circ\text{C}$

U spoju navlačenjem je naprezanje na istežanje u materijalu glavine veće nego što je površinski pritisak koji nastaje spajanjem, tako da je dovoljno odrediti naprezanje u glavini pa da čitav spoj bude u dopuštenim granicama.

Naprezanje na istežanje u glavini koje je ograničeno elastičnim deformacijama prema teoriji o potencijalnoj energiji promjene oblika po Lamé-u iznosi:

$$\sigma_z = \frac{P}{y^2 - 1} \sqrt{1 + 3y^4} \quad \text{kN/cm}^2; \dots \dots (4)$$

Ako usvojimo oznaku:

$$\frac{1}{y^2 - 1} \sqrt{1 + 3y^4} = A$$

tada će izraz za napredovanje u glavini iznositi:

$$\sigma_z = A \cdot P \quad \text{kN/cm}^2; \dots \dots (4)$$

Praktična mjerenja naprezanja u glavini pokazuju da one ne smiju preći 0,75 X (granica razvlačenja materijala glavine).

Za vrijeme rada glavina prenosi dodatno opterećenje od sila koje djeluju na krila propelera i čine dodatna složena opterećenja. Ova naprezanja se superponiraju (sumiraju) s onima od naglavlivanja. Računskim metodama je to nemoguće točno izračunati. Međutim, mjernom tehnikom eksperimentalno je dokazano da ukupna naprezanja glavine za vrijeme rada propelera nisu veća od 0,75 X (proračunska naprezanja po jedn. (5)).

Na taj način za glavinu propelera u spoju s navlačenjem dobija se ovaj uvjet čvrstoće: Izmjereno naprezanje na izvlačenju glavine σ_z

$$\sigma_z \leq 0,75 \cdot A \cdot p_m$$

Maksimalno dopušteno naprezanje je:

$$\sigma_{z\text{maks}} \leq 0,75 \cdot \sigma_e \quad (6)$$

gdje je: σ_e – granica elastičnosti materijala glavine.

Najveći mogući pritisak pri navlačenju dobit će se iz formule (1) kad se za t_m stavi $t_m = 0^\circ\text{C}$;

Kad ukomponiramo ovaj izraz za ($p_{m,\text{max}}$) sa izrazom (5) dobijamo formulu za dobijanje najvećeg mogućeg naprezanja glavine na istežanje pri montaži, i pri najtežim teorijski pretpostavljenim radnim uvjetima, kao funkciju oblika glavine, materijala, aksijalnog pomaka pri montaži, tipa spoja, koeficijentata linearne dilatacije i temperature za vrijeme montaže.

$$\sigma_{z\text{maks}} = \frac{A}{B} \left[\frac{C}{D} + (\alpha_y - \alpha_v) \cdot t_m \right] \leq 0,75 \sigma_e; \quad \text{kN/cm}^2; \quad (8)$$

gdje je: $\sigma_{z\text{maks}} \leq 0,75 \cdot \sigma_e$ = maksimalno dopušteno naprezanje na istežanje glavine propelera
 A = koeficijent oblika glavine
 $C = \Delta h_m \cdot z$: (za rastavljive spojeve)
 Δh_m = stvarni aksijalni pomak pri temperaturi montaže

Područje primjene spojeva bez klina na osovinskim vodama

Spojevi navlačenjem bez klina izvode se na brodskim osovinskim vodovima u slijedećim varijantama:

1. Rastavljivi spojevi
 - a) Bez međutuljka (analizirano u ovom radu)
 - b) s međutuljkom
2. Nerastavljivi spojevi (prikazana analiza također primjenjiva)

Imajući u vidu preglede i popravke samog propelera, osovine, ležajeva i td. vijčani propeleri moraju biti podešeni za dosta često skidanje s osovine. Stoga spoj propelera s osovinom mora biti rastavljivi.

Zbog pojednostavljenja izvedbe i montaže, bolje je da pri spajanju navlačenjem bez klina ovi spojevi budu bez međutuljka. Takovim spojevima vijčanih propelera s osovinama treba davati prednost. Prirodno je da se može primjeniti i kod propelera spoj bez klina s međutuljkom; međutim taj je spoj skuplji nego onaj bez međutuljka i da bi se postigla odgovarajuća sigurnost, potrebna je posebna pažnja pri izvedbi i montaži. Pored ovoga proračun treba da uzme u obzir sve osobine tuljka kao što su na primjer fizikalne osobine, deformacije, geometrijske veličine, pritiske između tuljka i osovine i tuljke i glavine i sl. Ovom prigodbom ovaj proračun nije izveden.

Spojevi dijelova osnovnih vodova koji su svedeni uglavnom na spajanje spojki na krajevima osovina mogu imati svaki od navedenih načina, tj. oni mogu biti rastavljivi i nerastavljivi bez davanja posebnih prednosti bilo kojem od tih rješenja. Ovo zavisi o konstruktivnom rješenju spojki koje proizlazi iz načina montaže osovinskog voda kao i demontaže koja je predviđena od strane konstruktora.

Primjer proračuna

Zadat je spoj propelera s osovinom, bez klina i bez međutuljka pri slijedećim ulaznim podacima:

Snaga na osovini propelera $N = 3383 \text{ kW}$;

Broj okretaja osovine propelera u min. $n = 125 \text{ o/min}$;

Srednja porivna sila propelera $T = 451,3 \text{ kN}$;

Srednji vanjski dijametar pune osovine $D = 37,33 \text{ cm}$ (čelik)

Srednji unutrašnji dijametar glavine $D_g = 37,33 \text{ cm}$ (bronca)

Koncitet $z = 1 : 15$;

Visina konusa (duljina glavine) $h = 80 \text{ cm}$;

Modul elastičnosti materijala glavine $E_y = 0,01373 \cdot 10^6 \text{ kN/cm}^2$;

Modul elastičnosti materijala osovine $E_w = 0,2060 \cdot 10^6 \text{ kN/cm}^2$;

Poisson-ov broj za materijal glavine $\nu_y = 0,34$

Poisson-ov broja za materijal osovne $\nu_w = 0,30$

Koeficijent toplinske linearne dilatacije (glavina):

$$\alpha_y = 17,7 \cdot 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$$



$$\sigma_{z\text{maks}} = \frac{2,375 \cdot 10^6}{184} \left[\frac{0,48}{15 \cdot 37,33} + (17,7 - 11) \cdot 15 \cdot 10^{-6} \right] = 12,36 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Uvjet čvrstoće zadovoljava jer je: $12,36 < 0,75 \cdot \sigma_{\text{p}} = 21,00 \text{ kN/cm}^2$

Koeficijent toplinske linearne dilatacije (osovina):

$$\alpha_w = 11 \cdot 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$$

Temperatura spoja za vrijeme montaže $t_m = 15^\circ\text{C}$;

Temperatura spoja u eksploataciji $t_e = 35^\circ\text{C}$;

Osovina bez pojačanja za led $L = 1$;

Srednji koeficijent vanjskog promjera glavine $Y = 1,95$;

Granica razvlačenja materijala glavine pri istezanju:

$$\sigma_{\text{p}} = 27,468 \text{ kN/cm}^2$$

Koeficijent oblika i materijala spoja:

$$B = 184 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{kN}$$

Prema (3) minimalni osni pomak pri montaži spoja:

$$\Delta h_m = \frac{8 \cdot 184 \cdot 15}{80 \cdot 10^6} \sqrt{\left[\frac{6000 \cdot 3383}{3,14 \cdot 37,33} \right]^2 + 451,3^2} + 37,33 (17,10 - 11) (35 - 15) \cdot 11 \cdot 10^{-6} = 0,477 \text{ cm}$$

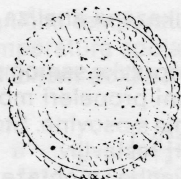
Usvaja se stvarni aksijalni pomak

$$\Delta h_m \cong 4,8 \text{ mm}$$

Provjera čvrstoće glavine:

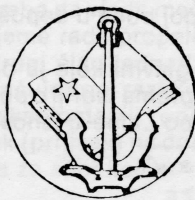
$A = \text{koeficijent oblika glavine} = 2,375$;

Najveće moguće naprezanje glavine na istezanje:



DRUŠTVO PRIJATELJA DUBROVAČKE STARINE

OKUPLJA SVE LJUBITELJE DUBROVAČKE BASTINE DA AKTIVNO SUDJELUJU U OCUVANJU KULTURNO-POVIJESNOG NASLJEĐA, POSEBNO URBANISTIČKO - FORTIFIKACIJSKOG SKLOPA DUBROVAČKE REPUBLIKE, NAJZNAČAJNIJEG OSTVARENJA DUBROVAČKOG GRADITELJSTVA KOJE JE USLO U POPIS SVJETSKIH VREDNOTA.



Društvo
za proučavanje
i unapređenje
pomorstva
Jugoslavije
u Dubrovniku

POZIVA POMORCE I OSTALE SURADNIKE DA UPUĆUJU SVOJE PRILOGE ČASOPISU »NAŠE MORE« I TIME ŠIRE POMORSKU MISAO I UNAPREĐUJU NAŠE POMORSTVO