Primjena bijele kovine u strojogradnji

Korenić, Dino

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:780794

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODIJEL
Stručni studij Strojarstva

Dino Korenić

PRIMJENA BIJELE KOVINE U STROJOGRADNJI

Završni rad

Karlovac, 2016

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODIJEL
Stručni studij Strojarstva

Dino Korenić

Primjena bijele kovine u strojogradnji

Završni rad

Mentor:
dipl.ing.stroj. Tomislav Božić

Karlovac, 2016

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J. J. Strossmayera 9
HR • 47000 Karlovac • Croatia
tel. +385 (0)47 843-510
fax. +385 (0)47 843-579
e-mail: referada@vuka.hr

HRN EN ISO 9001:2009

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij:.....Strojarstvo
(označiti)

Usmjerenje:.....Proizvodno strojarstvo .Karlovac, ...07.10. 2016.....

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student:.....Dino Korenić..... Matični broj: 0110610040

Naslov: Primjena Bijele kovine u strojogradnji

Opis zadatka:

U završnom radu teorijski obraditi primjenu Kositrenih i kovina u strojogradnji s posebnim osvrtom na eksploatacijske uvjete kliznih ležajeva.

U eksperimentalnom dijelu rada, koristeći deklarirane karakteristike proizvođača Bijelih kovina i podatke dobivene ispitivanjima u realnim uvjetima proizvodnje ležajeva, dokazati eventualne promjene mehaničkih svojstava prema planu pokusa uzastopnog prelijevanja i ispitivanja svojstava prelivenih strugotina. Rad izraditi sukladno pravilniku izrade završnog rada VuKa.

Zadatak zadan:	Rok predaje rada:	Predviđeni datum obrane:
07.10.2016	11.11.2016.	21.11.2016.

Mentor: Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

PREDGOVOR

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru dipl.ing.stroj. Tomislavu Božiću na savjetima, konzultacijama, pomoći prilikom izrade ovog završnog rada. Hvala svima koji su mi bili podrška tijekom studiranja, a posebno mojoj obitelji na trudu i razumijevanju, kojima i posvečujem ovaj diplomski rad.
Dodatno se zahvaljujem tvrtki „Nova TVORNICA KLIZNIH LEŽAJEVA“ koji su mi uvelike pomogli pri prikupljanju informacija i tehničkih podataka potrebnih za ovaj završni rad

Dino Korenić

SAŽETAK

Ovim završnim radom teorijski je objašnjena primjena kositrenih bijelih kovina u strojogradnji, sa naglaskom na primjenu bijele kovine u izradi kliznih ležajeva.

U općem dijelu ukratko su opisani zahtijevi koje moraju zadovoljiti materijali za izradu blazinica kliznih ležajeva, svojstva bijele kovine kao i njihova podjela, te je objašnjeno postupanje sa strugotinom bijele kovine.

U eksperimentalnom dijelu izvršena su ispitivanja bijele kovine. Ispitivanja su rađena na materijalima TEGOTENAX V840 i WM 80. Provedeno je ispitivanje vlačne čvrstoće i tvrdoće sa ciljem dokazivanja eventualne promjene mehaničkih svojstva.

Nakon toga slijedi analiza dobivenih rezultata i zaključak

Summary

This final work is theoretically explained using tin alloy in mechanical engineering, with focus on the use of white metal in making plain bearings.

In the general section briefly describes the requirements to be met by making materials pad journal bearings, white metal properties as well as their division, and discussed treatment with shavings of white metal.

In the experimental part, the tests of white metal. Tests were conducted on materials TEGOTENAX V840 and WM 80. Connection is tensile strength and hardness with the aim of proving any change in mechanical properties.

At the end of the analysis of the results and conclusion.

SADRŽAJ

SAŽETAK I

POPIS SLIKA IV

POPIS PRILOGA VI

POPIS TABLICA VII

POPIS OZNAKA VIII

1. UVOD 1

2. TEORIJSKE OSNOVE 3

2.1. Ležajni materijal 3

2.2. Tradicionalne dvofazne legure 4

2.3. Neželjezni metali i njihove legure 6

2.4. Olovne bijele kovine 8

2.5. Zahtjevi kovina za ležaje 8

2.6. Nedostaci kovina za ležaje 9

3. POSTUPAK SA STRUGOTINOM I PONOVNA UPOTREBA 10

3.1. Postupak taljenja strugotine 11

4. MATERIJALI ZA ISPITIVANJE 13

5. POSTAVKA ZADATKA 16

6. EKSPERIMENTALNI DIO 17

6.1. Ispitivanje tvrdoće 17

6.2. Ispitivanje vlačne čvrstoće 18

6.3. Epruveta za ispitivanje 19

6.4. Ispitivanja vlačne čvrstoće i tvrdoće 20

6.4.1. Nulta strugotina 20

6.4.2. Prva strugotina 24

6.4.3. Druga stugotina 26

7. ANALIZA I USPOREDBA REZULTATA 29

7.1. Tvrdoća 29

7.2. Vlačna čvrstoća 29

8. ZAKLJUČAK 31

POPIS LITERATURE 33

PRILOZI 34

POPIS SLIKA

Slika 1. Klizni ležaji

Slika 2. Nosive strukture ležajnih materijala

Slika 3. Mikrostruktura olovne bijele kovine (povećanje 500 : 1)

Slika 4. Prikaz ingota bijele kovine

Slika 5. Prikaz sakupljanja stugotine na glodalici

Slika 6. Taljenje strugotine

Slika 7. Talina bijele kovine

Slika 8. Odljevci bijele kovine (TEGOTENAX V840, WM 80)

Slika 9. Mikrostruktura TEGOTENAX V840

Slika 10. Mikrostruktura WM 80

Slika 11. Tvrdomjer Brinell

Slika 12. Kidalica Otto Wolpert Werke

Slika 13. Uzorak za ispitivanje tvrdoće

Slika 14. Postavljanje epruvete u kidalicu

Slika 15. Epruveta TEGOTENAX V840

Slika 16. Epruveta WM 80

Slika 17. Dijagrami (nulta strugotina)

Slika 18. Lom epruvete TEGOTENAX V840 (nulta strugotina)

Slika 19. Lom epruvete WM 80 (nulta strugotina)

Slika 20. Dijagrami (prva strugotina)

Slika 21. Lom epruvete TEGOTENAX V840 (prva strugotina)

Slika 22. Lom epruvete WM 80 (prva strugotina)

Slika 23. Dijagrami (druga strugotina)

Slika 24. Lom epruvete TEGOTENAX V840 (druga strugotina)

Slika 25. Lom epruvete WM 80 (druga strugotina)

Slika 26. Poprečni presjek epruvete WM 80 (druga strugotina)

Slika 27. Usporedba vlačne čvrstoće za TEGOTENAX V840

Slika 28. Usporedba vlačne čvrstoće za WM 80

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Kemijski sastav i mehanička svojstva za TEGOTENAX

Prilog 2. Upotreba TEGOTENAX-a

Prilog 3. Kemijski sastav i mehanička svojstva za SnSb12Cu6Pb

Prilog 4. Upotreba legure SnSb12Cu6Pb

Prilog 5. Izvješće za nultu strugotinu

Prilog 6. Izvješće za prvu strugotinu

Prilog 7. Izvješće za drugu strugotinu

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kositrena i olovna kovina, sastav i tvrdoća

Tablica 2. Vrste bijelih kovina

Tablica 3. Dimenzije epruvete

Tablica 4. Dobivena vrijednost tvrdoće (nulta strugotina)

Tablica 5. Dobivena vrijednost vlačne čvrstoće (nulta strugotina)

Tablica 6. Dobivena vrijednost tvrdoće (prva strugotina)

Tablica 7. Dobivena vrijednost vlačne čvrstoće (prva strugotina)

Tablica 8. Dobivena vrijednost tvrdoće (druga strugotina)

Tablica 9. Dobivena vrijednost vlačne čvrstoće (druga strugotina)

Tablica 10. Usporedba tvrdoće

Tablica 11. Pad tvrdoće u odnosu na nultu strugotinu, izraženo u postocima

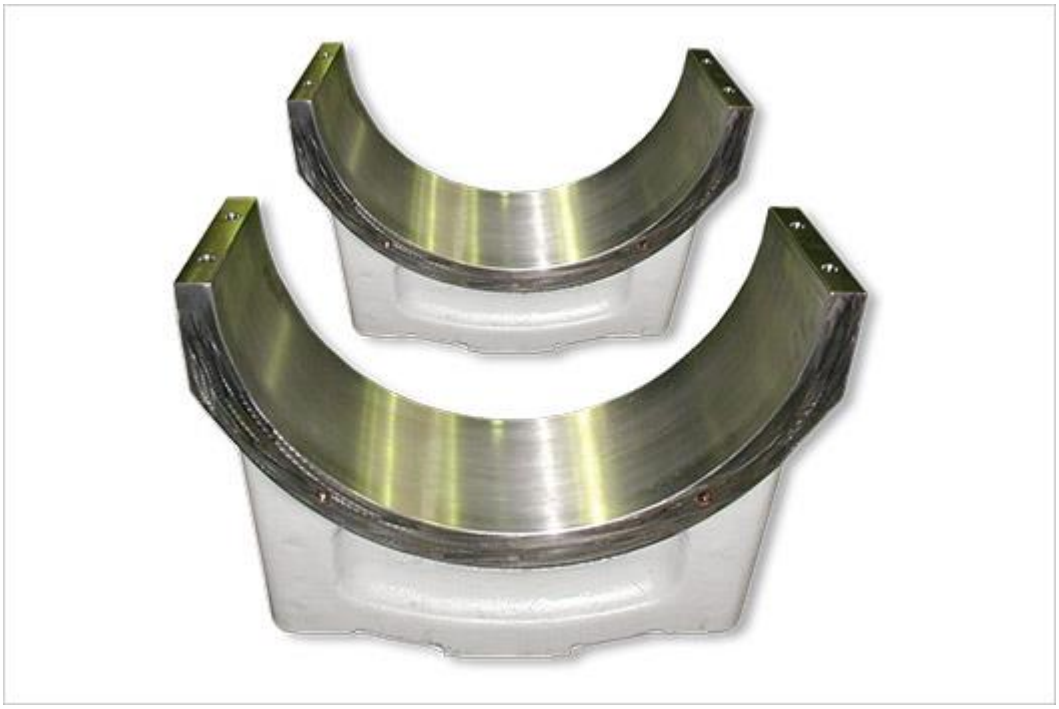
Tablica 12. Pad vlačne čvrstoće u odnosu na nultu strugotinu, izraženo u postocima

POPIS OZNAKA

Oznaka	**Jedinica**	**Opis**
Rm	N/mm^2	Vlačna čvrstoća
Re	N/mm^2	Granica razvlačenja
Rp0,2	N/mm^2	Konvencionalna granica razvlačenja
A	%	Istezanje
Z	%	Suženje poprečnog presjeka
HB		Tvrdoća po Brinell-u
HRC		Tvrdoća po Rockwell-u

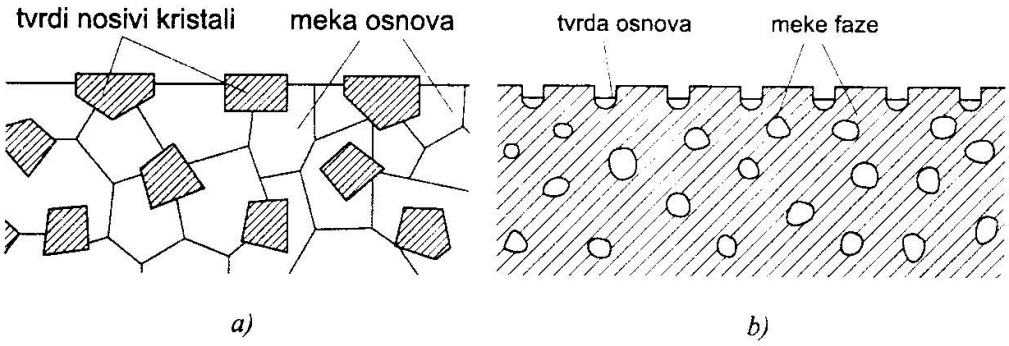
1. UVOD

Ležaji su elementi strojeva koji prenose sile između površina koje su u relativnom gibanju. Mogu biti klizni tj. ostvaruju klizni kontakt između površina ili složeniji, kao što su valjani (kotrljajući) ležaji. Ovdje će biti govora o materijalima za klizne ležajeve [Slika 1.].



Slika 1. Klizni ležaji [8]

Kad bi podmazivanje uvijek bilo savršeno i kad bi klizne površine bile točno međusobno prilagođene, tako da ne bi bilo potrebno „uhodavanje“, svaki metal mogao bi služiti kao ležajni, pod uvjetom da je dovoljno čvrst da podnese opterečenje. Nadalje, teško je ostvariti da se duga osovina dovoljno točno okreće u nizu ležaja. Zbog toga prednost imaju materijali dovoljno meki i prilagodljivi rukavcu ili osovini kad su opterećeni. Uz to ležaj mora biti: dovoljno čvrst i dovoljno tvrd, s malim faktorom trenja i površinom otpornom na trošenje, otporan na udarna opterećenja, odnosno dovoljno žilav, dobre toplinske vodljivosti, male toplinske rastezljivosti, dobre antikorozivnosti itd.



Slika 2. Nosive strukture ležajnih materijala [1]

a) Tvrdi nosivi kristali u mekoj fazi

b) Meke faze u tvrđoj osnovi

Postizanje takve kombinacije svojstava ne može se očekivati od monofaznog materijala, jer su čvrste otopine žilave, duktilne i čvrste, ali su također i meke, dok su intermetalni spojevi tvrdi, krhki i slabi. Zbog toga su klasični ležajni materijali dvofazne mikrostrukture (npr. sivi lijev, bijele kovine, bronce), sastavljene od tvrdih i mekih faza. Meke faze omogućuju stanovito samopodmazivanje, prilagodljivost osovine i ležaja, odnosno utisnuće čestica trošenja i na taj način sprečavanje navarivanja tih čestica na osovinu, dok tvrđe faze manjeg faktora trenja preuzimaju opterećenje. Pri tome je svejedno je li osnovna masa ležajnog materijala meka ili tvrda [Slika 2.], pa postoje obje vrste ležajnih materijala, s tvrdom osnovom ili s mekom osnovom.

Važno svojstvo ležajnog materijala je i prionljivost maziva, što je posebno važno kod pokretanja i zaustavljanja osovine kada je zbog malog tlaka maziva opasnost mjestimičnog adhezijskog spoja rukavca s nosivom površinom najveća.

2. TEORIJSKE OSNOVE

2.1. Ležajni materijal

Pod nazivom ležajni materijal podrazumijevaju se legure čije se klizne osobine koriste kod ležišta za klizne ležajeve. Što je legura? Legura ili slitina je smjesa dvaju ili više elemenata od kojih je barem jedan metal, pri čemu sama legura također ima svoja svojstva metala. Obično legure imaju svojstva značajno različita od svojih sastojaka. Osnovni metal u leguri se naziva bazni metal ili baza.

Elementi koji se svjesno dodaju bazi u leguri u cilju poboljšanja mehaničkih i kemijskih svojstava se nazivaju legirni ili dodatni element, dok se neželjeni element nazivaju onečišćenja.

Legirni elementi su također uglavnom metali, ali se ponekad baznom metalu dodaju i drugi kemijski elementi, kao npr. grafit. Legure kod kojih su legirajući elementi potpuno rastvorljivi u tečnom stanju, dok su u čvrstom stanju potpuno nerastvorljivi, takve legure su poznate u praksi kao eutektične legure.

Legure ili slitine se pripravljaju radi postizanja određenih svojstava. Tako legure mogu imati veću čvrstoću i tvrdoću, otpornost na koroziju ili bolja neka druga svojstva od metala od kojih su sastavljenje.

Najvažnije legure za ležajeve su:

- legure bakar - kositar (bronce)
- legure bakar – olovo (olovna branca)
- legure bakar – kositar – cink (crveni liv)
- legure kositar – olovo – antimon – bakar (bijeli metal)
- legure aluminij – kositar

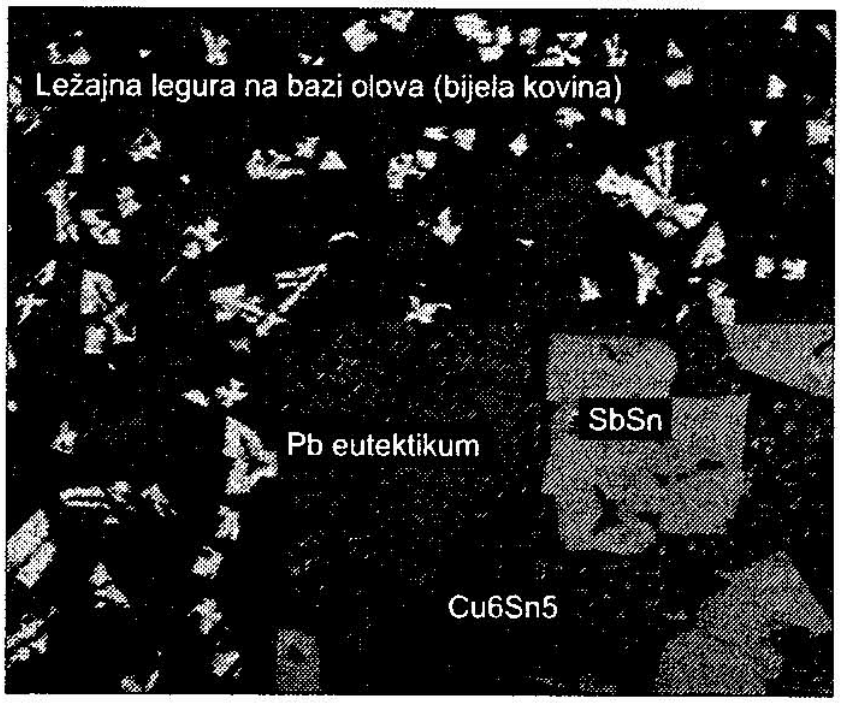
2.2. Tradicionalne dvofazne legure

Svojstva ležajnog materijala najbolje se mogu objasniti na primeru bijelih kovina. Bijele kovine su legure na bazi kositra (kositrena bijela kovina) ili na bazi olova (olovna bijela kovina). Olovo se dodaje radi pojeftinjenja legure, ali legure s olovom podnose manja opterećenja i manje su otporne na koroziju. Sastav bijelih kovina kreće se u granicama 5-80%Sn, 79-0%Pb, 15-11%Sb i 1-9%Cu. U [Tablica 1.] navedeni su primjeri jedne kositrene i jedne olovne bijele kovine s orijentacijskim osnovnim sastavom i tvrdoćom.

Tablica 1. Kositrena i olovna kovina, sastav i tvrdoća [1]

Oznaka legure		Kemijski sastav u masenim %				Tvrdoća HB ($2,5D^2$, 180 s) pri °C		
DIN	stara HRN	Sn	Sb	Cu	Pb	20	50	100
Gl-Sn80	L.Sn80Pb	80	12	7	1	27	20	10
Gl-Sn10	L.PbSn10	10	14	1	75	23	16	9

Ležaj od bijele kovine mora sadržavati u ravnomjernoj mekoj osnovi tvrđe dijelove. To je osigurano dodatkom antimona i bakra. Bakar i kositar tvore intermetalni spoj γ sastava Cu_6Sn_5 u obliku karakterističnih iglica koje se mogu jasno razabrati u mikrostrukturi pod svjetlosnim mikroskopom. Nadalje kositar i antimon tvore kockice intermetalnog spoja β sastava SbSn koje su zajedno s iglicama uložene u meki eutektik. Odnos tvrdoća je obično iglice (Cu_6Sn_5) : kockice (SbSn) : eutektik kao 10:4:1.



Slika 3. Mikrostruktura olovne bijele kovine (povećanje 500 : 1) [1]

Većinom se kod kositrenih bijelih kovina uzima omjer 12% iglica, 20% kockica i 68% eutektika. To je nešto jeftinija i tvrđa varijanta koja omogućuje veći specifični tlak. Pri udarnom opterećenju povećava se udio eutektika na 87% na račun kockica, ali pritom mora specifični tlak biti manji.

Usitnjenje zrna općenito poboljšava mehanička svojstva legure. Pri ulijevanju na podlogu drugog metala sloj će se to brže hladiti, što je tanji, a u tom slučaju bit će i zrno sitnije. Stoga je potrebno da već konstruktor propiše što tanju stijenku, jer nije poželjna obrada kod koje bi se skidali razmjerno debeli slojevi, tj. upravo vanjski dijelovi s najsitnijim zrnom. Treba lijevanjem postići slojeve debljine 2,5 – 4 mm kako bi se nakon obrade odvajanjem čestica dobio preostali sloj konačne mjere 2-3 mm.

Toplinsko stezanje klasične bijele kovine s 80% Sn je malo pa to omogućava dobro prianjanje uz podlogu. Dobra toplinska vodljivost olakšava odvođenje topline iz ležaja.

Nedostatak kositrenih bijelih kovina je slaba dinamička izdržljivost, napucavanje površine i slaba otpornost na umor pa se legura mora često ponovno nanosit.

2.3. Neželjezni metali i njihove legure

Kositar (Sn) se legira prvenstveno olovom (Pb), bakrom (Cu) i antimonom (Sb). Blazinice ležaja od legura kositra imaju odlična antifrikciona svojstva, neosjetljivi su na geometrijska i radna odstupanja, te prodiranje sitnih produkata trošenja. Dobro svojstvo kositra je i to što ga se može u tankim slojevima (nekoliko μm) galvanski nanijeti na druge materijale. Zbog male čvrstoće (vrlo su mekani), blazinice ležaja od legura kositra uvijek je potrebno ugraditi u odgovarajuće kruto kućište.

Cink (Zn) se legira prvenstveno aluminijem (Al) i bakrom (Cu). Blazinice ležaja od legura cinka imaju prije svega dobra antifrikciona svojstva. Obzirom da su jeftini, izrađuju se u masivnijim izvedbama, čime se dobiva na krutosti i čvrstoći. Upotrebljavaju se za manje zahtjevne klizne ležajeve.

Olovo (Pb) se legira prije svega bakrom (Cu), kositrom (Sn) i cinkom (Zn). Blazinice ležaja od legura olova imaju vrlo dobra svojstva podmazivanja. Obzirom da su vrlo mekani neosjetljivi su na geometrijska i radna odstupanja, ali su slabo otporni na trošenje. Upotrebljavaju se prvenstveno u velikim i grubim ležajevima (npr. uležištenje osovina vagona).

Aluminij (Al) se legira prije svega s bakrom (Cu), željezom (Fe), cinkom (Zn), manganom (Mn), silicijem (Si) i kositrom (Sn). Blazinice ležaja od legura aluminija upotrebljavaju se prvenstveno tamo gdje je i kućište od lakih metala. Obzirom da dobro provode toplinu imaju dobru sposobnost hlađenja.

Bakar (Cu) se upotrebljava za blazinice ležaja prvenstveno u obliku raznih bronci (udio bakra je iznad 50%). Bronce imaju vrlo dobru toplinsku vodljivost, te time dobru sposobnost hlađenje ležajeva. Također imaju i zadovoljavajuću čvrstoću i dobru sposobnost deformiranja. Raznim nemetalnim dodacima (fosfor) poboljšavaju im se i antifrikciona svojstva. Obzirom da su slabo otporni na prodiranje produkata trošenja, u ovim ležajevima potrebno je osigurati dobar protok maziva. Upotrebljavaju se prije svega sljedeće bronce:

- Kositrene bronce sadrže 5 do 14% kositra (Sn). Uz pomoć malih dodataka fosfora (P) poboljšavaju im se svojstva podmazivanja (mazivo se bolje hvata kliznih površina). Primjereni su za klizne ležajeve u uvjetima miješanog podmazivanja, visokih površinskih tlakova i visoke radne temperature.
- Olovne bronce sadrže 10 do 28% olova (Pb). Obzirom da su vrlo mekane, neosjetljive su na geometrijska odstupanja i rubne pritiske, ali su slabo otporne na trošenje. Primjerene su prvenstveno za male brzine klizanja. Upotrebljavaju se za manje zahtjevne ležajeve, u kojima nije potrebno da je rukavac osovine ili vratila površinski kaljen.
- Kositreno-olovne bronce sadrže 5 do 14% kositra (Sn) i 3 do 25% olova (Pb). Pri većem udjelu olova imaju dobru prilagodljivost materijala rukavca i blazinice ležaja, ali slabu otpornost na trošenje.
- Aluminijeve bronce sadrže oko 10% aluminija (Al) i manje udjele nikla (Ni), mangana (Mn) i željeza (Fe). Razmjerno su tvrde i time otporne na trošenje. Upotrebljavaju se prije svega tamo gdje postoji opasnost od korozije.
- Crvena kovina je legura bakra (Cu), kositra (Sn), cinka (Zn) i olova (Pb), a predstavlja poseban slučaj kositrene bronce. Crvena kovina ima najbolja antifrikciona svojstva pri 10% Sn, 4% Zn i 1% Pb ili pri 6 % Sn, 7 % Zn i 1 % Pb. Jeftinija je nego osnovna kositrena bronca.
- Mjed je zapravo cinkova bronca s 30% cinka (Zn) i s malim udjelima aluminija (Al), nikla (Ni), fosfora (P) i silicija (Si). Ima slična antifrikciona svojstva kao i kositrena bronca. Upotrebljava se samo pri nižim temperaturama.

2.4. Olovne bijele kovine

Bijele kovine na bazi olova su po mehaničkim svojstvima slične kositrenim, ali se u odnosu na njih lakše deformiraju, što povećava zračnost u ležaju. Štednja nalazi da udio kositra bude što manji. Ako nije neophodna klasična bijela kovina, nije opravdano uzimati iznad 16% Sn radi poboljšanja svojstava pri lijevanju i veće otpornosti na koroziju. Dodaci kadmija, aresna, nikla i telura djeluje vrlo povoljno. Kadmij povisuje čvrstoću i tvrdoću, arsen usitnjuje mikrostrukturu, nikal povećava žilavost i antikorozivnost, a telur osigurava sitnozrnatost i homogenost.

2.5. Zahtjevi kovine za ležaje

Zahtijevi koji se postavljaju legurama za ležajeve su vrlo visoki i raznovrsni. S jedne strane, zahtijevaju se visoka statička i dinamička čvrstoća na povišenim temeraturama, kao i veći otpor prema deformaciji da bi ležaj izdržao pritisak osovine. Ona mora biti toliko tvrda, da trenje bude razmjerno maleno, ako je pretvrda, oštetila bi osovinu. S druge strane, materijal za ležajeve mora posjedovati odgovarajuću plastičnost, tako da se priljube uz osovinu i na taj način automatski regulira jednoličnu podjelu tlaka. Osim toga mora biti dobar vodič topline, koja se razvija u toku rada, da se ne pregrije. I pored toga dolazi do povećanja temperature, što može dovesti do širenja ležaja, a samim time do uklještenja vratila. Zato je potrebno da ležišni matrijal ima što niži toplotni koeficijent širenja. Mora se po mogučnosti dobro lijevati, da se može lako zamijeniti ili popraviti. Materijal za ležajeve treba posjedovati dobru obradivost i kvašenje uljem da bi se osiguralo prijanjanje uljnog filma i skratilo vrijeme razrade.

Mora imati antikorozivna svojstva te ne smije biti skup. Poželjno je da ovi materijali imaju što manju specifičnu težinu, osobito za avionske motore. Međutim ,kako su tvrdoća i plastičnost dva suprotna svojstva, ne možemo ih naći kod homogenih metala, ali ta oba svojstva možemo zato naći u izrazitoj mjeri kod nehomogenih legura, pa se baš od takvih prave ležajne kovine. One će imati u osnovnoj masi, koja će biti plastična, niz tvrdih dijelova u obliku kristala, koji će ležajnoj kovini dati potrebnu tvrdoću. Nastane li na jednom mjestu preveliko trenje i time se povisi tlak, neće se osovina oštetiti, jer će tvrdi kristali utonuti u plastičnu masu.

2.6. Nedostaci kovine za ležaje

Nedostatak ležajne kovine u odnosu na druge materijale je što ima relativno nisku točku omekšavanja, tvrdoću i nižu dinamičku čvrstoću. Da bi se to poboljšalo, treba osigurati dobru strukturu i vezu, kao i smanjiti debljinu sloja pri lijevanju. Veoma dobar utjecaj na slitine imaju dodaci. U tu svrhu se ležajnoj kovini dodaje nikal, arsen i kadmij.

Povečanje čvrstoće dodavanjem alternativnog materijala neizbježno znaći žrtvu u drugom pravcu. Materijal sa većom čvrstoćom je krući, manje sposoban za protok, lošije podnosi necentriranost, manje je sposoban da primi i utisne materije.

3. POSTUPAK SA STRUGOTINOM I PONOVNA UPOTREBA

Za nove i zahtijevnije ležajeve pri lijevanju se redovito koristi nova kovina iz rastopljenih ingota dobivenih od proizvođača. Na taj način svojstva i kvaliteta kliznog sloja sa kemijskog, fizikalnog i metaluruškog stajališta moraju biti zadovoljena.

Slika 4. Prikaz ingota bijele kovine [7]

Svojstva kliznog sloja od strugotine kovine nikad ne mogu biti jednaka kao svojstva jednom rastaljenih ingota. Kako kod strojne obrade i najmanjeg ležaja ima strugotine, a kod većih neizbježno mnogo, može se znatno uštedjeti ako se ista ponovno koristi. Čak 50% isparvno rastaljene strugotine može se koristiti za izradu novih kliznih ležaja. Da bi ponovno koristili strugotinu potrebno je pridržavati se određenih pravila za postupak sa strugotinom bijele kovine.

Za ponovno taljenje može se koristiti samo strugotina koja je potpuno izrađena od bijele kovine, znaći ne smije biti pomiješana sa ostalom strugotinom nekog drugog materijala, npr. čelik, te mora biti čista i suha. Ponovno se može upotrijebiti samo bijela kovina koja je bila

ispravno lijevana te kovina istog proizvođača ili specifikacije. Da bi osigurali čistoću strugotine potrebno je detaljno očistiti stroj od drugih strugotina, izbrisati mokre i masne površine. Korisno je postaviti čisti papir ili najlon na pod te postolje alatnog stroja [Slika 5.] Potrebno je osigurati drveni sanduk sa poklopcem i vidljivom oznakom vrste kovine, npr. V840 – prva strugotina. Strugotina se separira ili odvaja od ostale strugotine sa magnetskim separatorom.

Slika 5. Prikaz sakupljanja stugotine na glodalici

Ne smije se koristiti strugotina pometena sa poda, radi nečistoća i ostalih čestica koja bi mogla narušiti svojstva same kovine. Isto tako ne koristiti fine strugotine koje nastaju kod završne obrade jer su često masne od alata i sretstva za hlađenje. Kovina otopljena sa rabljenih ležaja se ne koristi zbog nepoznatog proizvođača i sastava.

3.1. Postupak taljenja strugotine

Prilikom ponovnog taljenja strugotine [Slika 6.] potrebno je osigurati čisti lonac, rastaliti određenu količinu novog ingota, koji mora biti istog sastava kao strugotina. Sipati lagano strugotinu i održavati lonac na temperaturi od 340-350° C. Potrebno je ispraviti strukturu, a to se radi na način da se povisi temperatura kovine u loncu za nekih 28° C iznad temperature lijevanja, dodati određenu količinu amonij klorida i promiješati. Pustiti da se kovina ohladi do temperature lijevanja, ponovno promiješati, uzeti uzorak za kemijsku analizu te odliti u ingote i ponovno upotrijebiti.

Slika 6. Taljenje strugotine

Slika 7. Talina bijele kovine

4. MATERIJALI ZA ISPITIVANJE

Za potrebe ovog završnog rada, tvrtka NTKL (Nova TVORNICA KLIZNIH LEŽAJEVA) ustupila nam je dvje vrste bijele kovine, TEGOTENAX V840 i WM 80, glavnog dobavljača bijele kovine ECKA Germany GmbH iz Fuertha, Njemačka. U [Tablica 2] su navedene vrste olovne i kositrene bijeke kovine koje se najčešće koriste, te njihov kemijski sastav i mehanička svojstva.

Tablica 2. Vrste bijelih kovina [8]

- Kemijski sastav bijele kovine (%)						
	LM THERMIT	SnSb12 Cu6Pb (WM 80)	TEGO V738	TEGOTENAX V840	TEGOTENAX S V841	ECKA Tegostar
Sn	6	80	81	89	88	81,13
Pb	75,8	2	max 0,06	max 0,06	max 0,06	
Sb	15	12	12	7,5	7,5	12
Cu	1,2	6	5	3,5	3,5	6
Ni	0,5		0,3		0,2	
As	0,5		0,5		max 0,1	
Cd	1		1,2		0,8	
Zn						0,6
Ag						0,1

Tehnološka svojstva bijele kovine													
			LM THERMIT		SnSb 12 Cu6Pb (WM 80)		TEGO V738		TEGOTENAX (V840)		TEGOTENAX S (V841)		TEGOSTAR 738
Tvrdoća kod		20° C	26		27		35		23		28		24
povišenih		50° C	21		23		28		17		23		20
temeperatura		100°C	14		13		17		10		16		12
HB 10/250/80		150°C	8		7		10		8		9		10
NAPREZANJE NA VLAK													
0,2% gran.rastez	$R_{p0,2}$	N/mm ²	28		62		84		46		66		76
Vlačna čvrstoća	R_m	N/mm ²	57		89		102		77		100		78
Istezanje	A_5	%	1.2		3.0		1.5		11.2		8.4		1.0
Modul elastičnosti	$R_{p\,0,01}$	N/mm ²	29900		55700		52500		56500		49500		57000
NAPREZANJE NA TLAK													
			20°C	100°C	20°C	100°C	20°C	100°C	20°C	100°C	20°C	100°C	20°C	100°C
0,2% gran. tečenja	$\sigma_{d0,2}$	N/mm ²	46	27	62	37	80	48	47	27	63	30	90	50
2% gran. tečenja	σ_{d2}	N/mm ²	85	59	87	69	122	80	76	45	103	60	107	54
Tlačna čvrstoća	σ_{dB}	N/mm ²	134	83	189	121	195	126	157	100	235	136	190	91
Skraćenje pri sabijanju	ε_{dB}	%	34	37	46	53	34	34	47	50	39	44	50	50
VEZNA ČVRSTOĆA (Čelik C10; debljina metala ležaja > 6 mm) (DIN ISO 4386) RHC	R_{ch}	N/mm ²	57		39		98		75		86		62	
DINAMIČKO NAPREZANJE													
Izmj. Savojna čvrstoća	σ_{bW}	N/mm ²	±28		±28		±39		±29		±33		±35
TRAJNA UDARNA SAVOJNA ČVRSTOĆA Srednji br. Udara do kidanja			285		490		910		3741		2689		2856
Srednji rad udara do kidanja		J	77		134		250		1028		739		785

Na [Slika 8.] prikazani su odljevci gore navedenih kovina iz kojih će se izraditi epruvete za ispitivanje vlačne čvrstoće i ploćice za ispitivanje tvrdoće. O tome ćemo reći nešto više u eksperimentalnom dijelu završnog rada.

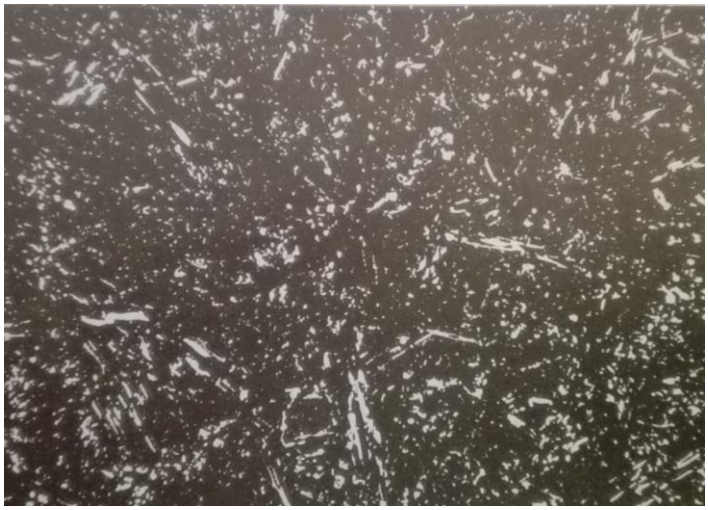
Slika 8. Odljevci bijele kovine (TEGOTENAX V840, WM 80)

Svojstva TEGOTENAX V840:

- Legura kliznih ležaja na bazi kositra
- Visoki stupanj čistoće, bezolovni (<0,06%)
- Visoka viskoznost/otpornost
- Visoka izdržljivost na udarace
- Otporan na dinamične vibracije i zavojni zamor materijala

Primjer za uporabu:

- Visoko opterečeni ležaji



Slika 9. Mikrostruktura TEGOTENAX V840 [2]

Svojstva WM 80:

- Legura kliznih ležaja na bazi kositra
- Standardna legura po DIN ISO 4381
- Srednje statičko opterećenje, zavojni zamor materijala i izdržljivost udaraca

Primjer za uporabu:

- Turbine, kompresori, elektromotori

Slika 10. Mikrostruktura WM 80 [2]

3. POSTAVKA ZADATKA

U ovome završnom radu opisana je bijela kovina na bazi kositra kao materijal za izradu kliznih ležaja, te njena mehanička i fizikalna svojstva kao i kemijski sastav. Nakon teorijskog dijela, provest će se eksperimentalni dio u kojem će biti provedeno ispitivanje vlačne čvrstoće i ispitivanje tvrdoće. Materijal koji smo ispitivali je WM80 i TEGOTENAX V840. Cilj eksperimentalnog dijela je utvrditi mhenička svojstva navedenih vrsta kovine, odnosno vidjeti i dokazati kako se gube mehanička svojstva tijekom uzastopnog prelijevanja strugotine, počevši od nulte strugotine.

Ispitivanja su rađena u laboratoriju Veleučilišta u Karlovcu.

4. EKSPERIMENTALNI DIO

6.1. Ispitivanje tvrdoće

Ispitivanje tvrdoće izvodi se na tvrdomjeru Brinell [Slika 11.]. Ispitivanje tvrdoće po Brinell-u spada u grupu ispitivanja materijala bez razaranja (oštećenja površine su neznatna). To je postupak ustiskivanja gdje se na površinu ispitivanog materijala utiskuje kuglica od kaljenog čelika promjera d. Sila utiskivanja određuje se prema predviđenoj tvrdoći materijala.

Slika 11. Tvrdomjer Brinell [6]

6.2. Ispitivanje vlačne čvrstoće

Statičkim vlačnim ispitivanjem na kidalici koju posjeduje Veleučilište u Karlovcu moguće je utvrditi osnovne značajke materijala kao što su :

- Vlačna čvrstoća – Rm
- Granica razvlačenja materijala – Re
- Istezljivost – A
- Kontrakcija – Z
- Modul elastičnosti – E

Ispitivanje je provedeno na kidalici Otto Wolpert Werke [Slika 12.], tip U60, 1953 godina. Mjerno područje kidalice je do 600 kN.

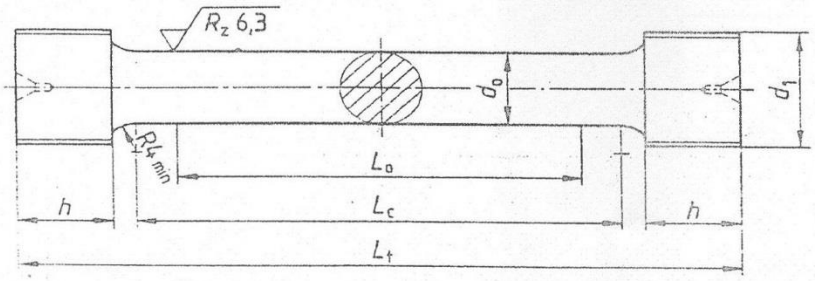
Slika 12. Kidalica Otto Wolpert Werke [6]

6.3. Epruveta za ispitivanje

Ispitivanje metalnih materijala – vlačne probe – DIN 50 125

1 – Vlačna proba – oblik B

Okrugle epruvete s navojnim glavama



- d_0 - Promjer epruvete, mm
- d_1 – Metrički navoj - ISO
- h – Visina glave epruvete, mm
- L_0 – Početna mjerna duljina epruvete ($L_0 = 5\ d_0$), mm
- L_c – Ispitna duljina epruvete ($L_c \geq L_0 + d_0$), mm
- L_t – Ukupna duljina epruvete, mm

Označivanje vlačne epruvete oblik B s promjerom epruvete d_0 = 14 mm i početnom mjernom duljinom epruvete L_0 = 70 mm:

VLAČNA EPRUVETA DIN 50 125 – B 14 x 70

Tablica 3. Dimenzije epruvete [6]

d_0	L_0	d_1	h min.	L_c min.	L_t min.
12	60	M18	15	72	110

6.4. Ispitivanja vlačne čvrstoće i tvrdoće

6.4.1. Nulta strugotina

a) Ispitivanje tvrdoće

Ispitivanje tvrdoće prema Brinell-ovoj metodi vrši se utiskivanjem kaljene kuglice određenog promjera (ϕ 2,5mm) u ispitni uzorak. Na epruveti nakon ovog ispitivanja ostaje udubljenje, kao što se i vidi [Slika 13.]. Vrijeme utiskivanja je 30 sekundi. Dobivene vrijednosti nakon ovog ispitivanja prikazane su u [Tablica 4].

Slika 13. Uzorak za ispitivanje tvrdoće

Tablica 4. Dobivena vrijednost tvrdoće (nulta strugotina)

Materijal	**Tvrdoća HB**
TEGOTENAX V840	23,8
WM 80	32

b) Ispitivanje vlačne čvrstoće

Vlačno ispitivanje je postupak ispitivanja mehaničkih svojstava materijala na kidalici, kojim se utvrđuju glavna svojstva koja karakteriziraju mehaničku otpornost materijala, ali i njegovu deformabilnost. Na kidalici se direktno mjeri čvrstoća materijala ,produljenje ispitnog uzorka i suženje poprečnog presjeka. Vlačna čvrstoća je omjer maksimalne sile i površine poprečnog presjeka epruvete, a granica razvlačenja je omjer sile elastičnosti i površine poprečnog presjeka epruvete.

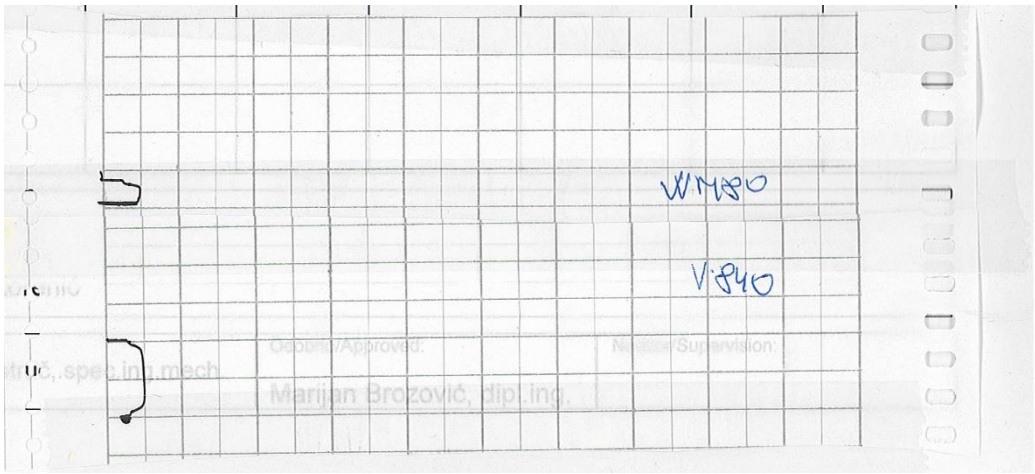
Slika 14. Postavljanje epruvete u kidalicu

Slika 15. Epruveta TEGOTENAX V840

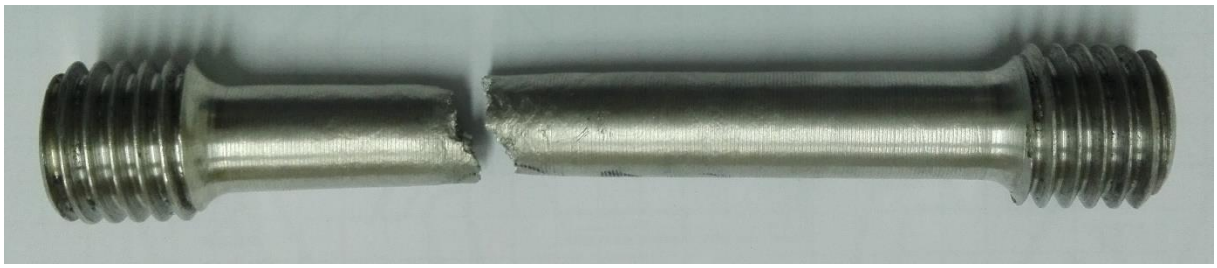
Slika 16. Epruveta WM 80

Tablica 5. Dobivena vrijednost vlačne čvrstoće (nulta strugotina)

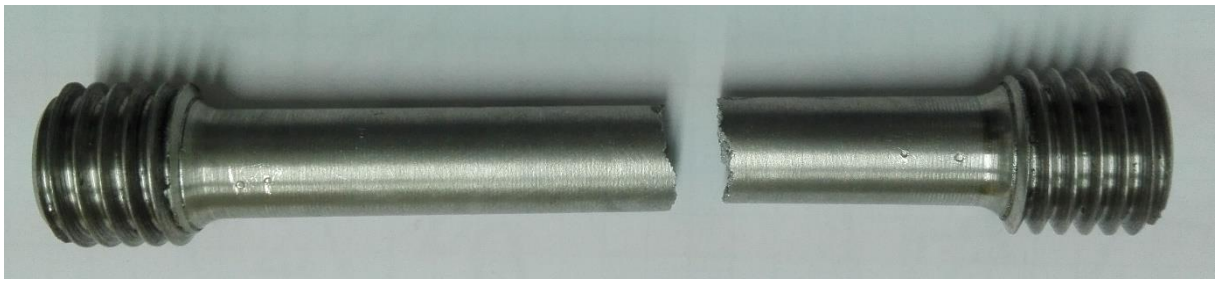
Materijal	**Granica razvlačenja Re [N/mm^2]**	**Vlačna čvrstoća Rm [N/mm^2]**	**Izduženje A [%]**
TEGOTENAX V840	39	88	6,78
WM 80	57	97	3,36



Slika 17. Dijagrami (nulta strugotina)



Slika 18. Lom epruvete TEGOTENAX V840 (nulta strugotina)



Slika 19. Lom epruvete WM 80 (nulta strugotina)

6.4.2. Prva strugotina

a) Ispitivanje tvrdoće

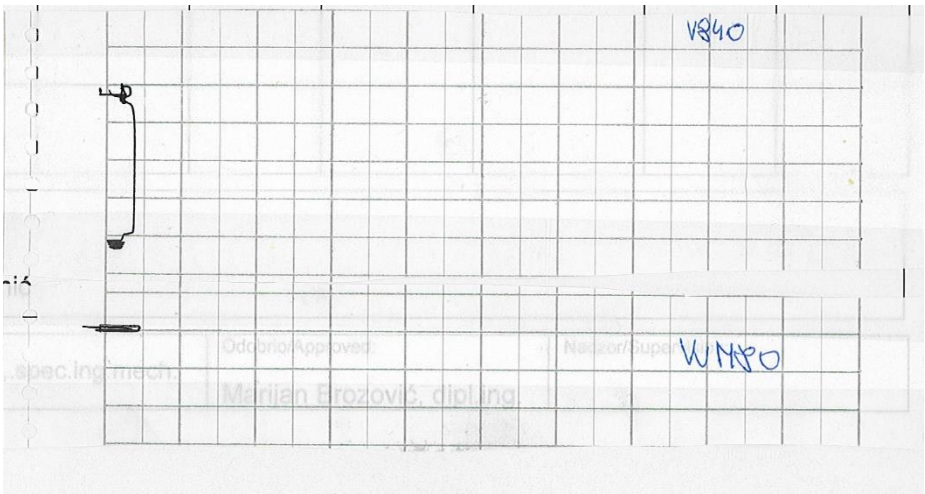
Tablica 6. Dobivena vrijednost tvrdoće (prva strugotina)

Materijal	**Tvrdoća HB**
TEGOTENAX V840	22,16
WM 80	30,23

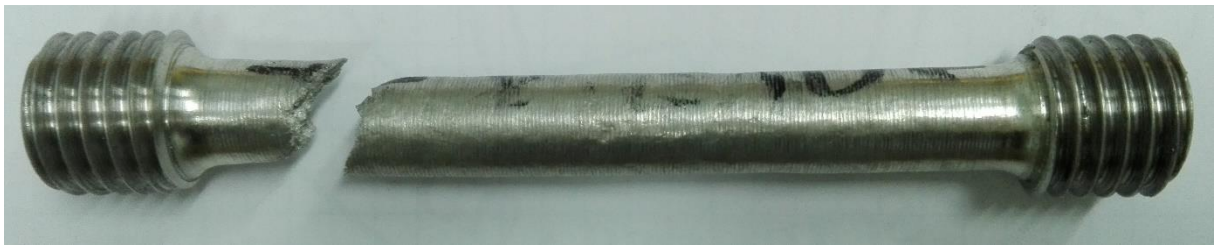
b) Ispitivanje vlačne čvrstoće

Tablica 7. Dobivena vrijednost vlačne čvrstoće (prva strugotina)

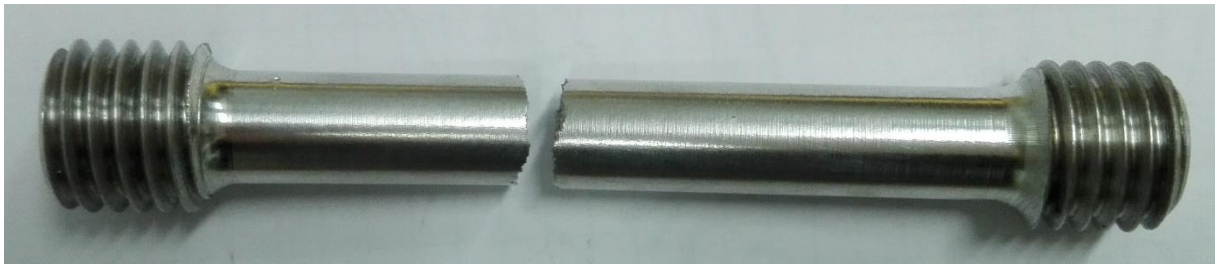
Materijal	**Granica razvlačenja Re [N/mm^2]**	**Vlačna čvrstoća Rm [N/mm^2]**	**Izduženje A [%]**
TEGOTENAX V840	54	87	9,56
WM 80	79	97	2,16



Slika 20. Dijagrami (prva strugotina)



Slika 21. Lom epruvete TEGOTENAX V840 (prva strugotina)



Slika 22. Lom epruvete WM 80 (prva strugotina)

6.4.3. Druga stugotina

a) Ispitivanje tvrdoće

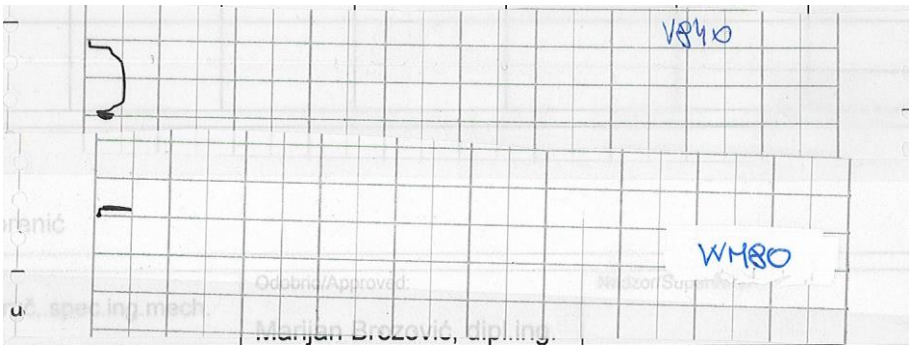
Tablica 8. Dobivena vrijednost tvrdoće (druga strugotina)

Materijal	**Tvrdoća HB**
TEGOTENAX V840	21,4
WM 80	21,96

b) Ispitivanje vlačne čvrstoće

Tablica 9. Dobivena vrijednost vlačne čvrstoće (druga strugotina)

Materijal	**Granica razvlačenja Re [N/mm^2]**	**Vlačna čvrstoća Rm [N/mm^2]**	**Izduženje A [%]**
TEGOTENAX V840	26	61	7,36
WM 80	/	48	0,88



Slika 23. Dijagrami (druga strugotina)

Slika 24. Lom epruvete TEGOTENAX V840 (druga strugotina)

Slika 25. Lom epruvete WM 80 (druga strugotina)

Slika 26. Poprečni presjek epruvete WM 80 (druga strugotina)

Prilikom ispitivanja vlačne čvrstoće na epruveti WM 80 [Slika 26.] nije bilo moguče očitati granicu razvlačenja, a dobivene rezultate za vlačnu čvrstoću i izduženje ne možemo razmatrati kao realne. Pošto se prelijevanje stugotina ne odvija u strogo kontroliranim uvjetima, već u industrijskim uvjetima, došlo je do miješanja strugotina sa različitim svojstvima. Samim time rezultati nisu u potpunosti točni.

Na slici poprečnog presjeka epruvete WM 80 jasno možemo vidjeti razliku u njenoj strukturi i to kao dvije rzličite boje.

7. ANALIZA I USPOREDBA REZULTATA

7.1. Tvrdoća

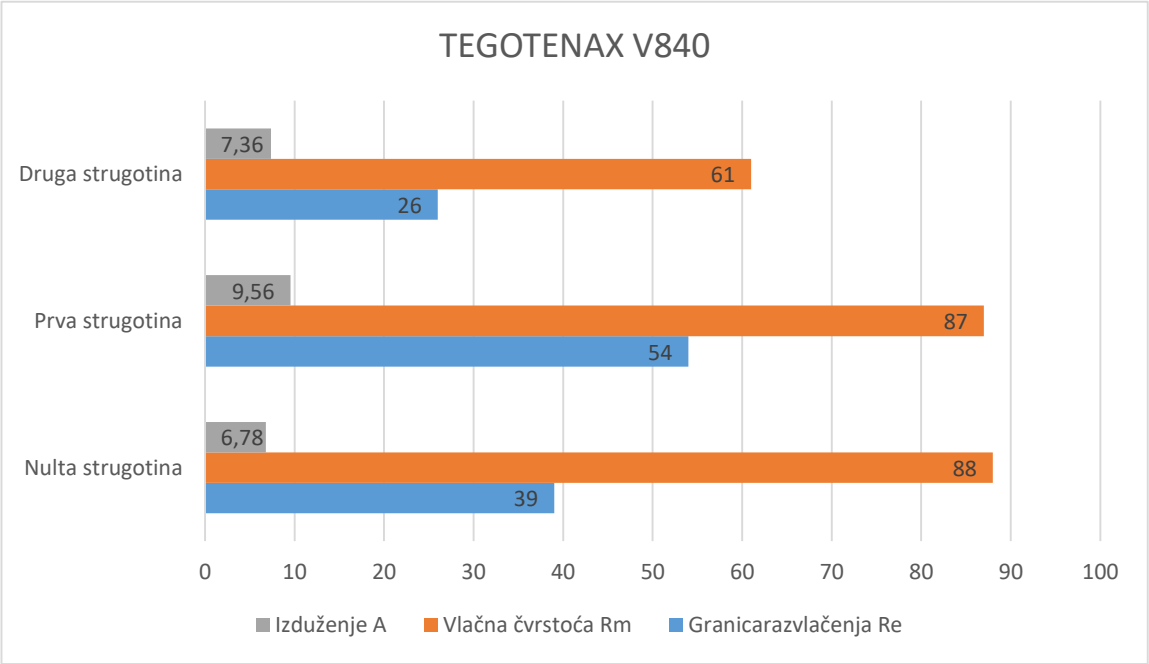
Ispitivanjem tvrdoće kod uzastopnog prelijevanja strugotina bijele kovine, utvrđeno je da dolazi do pada mehaničkih svojstava. Usporedbom dobivenih rezultata [Tablica 10.], počevši od nulte kovine pa do prelijevanja druge strugotine, vidi se pad tvrdoće.

Tablica 10. Usporedba tvrdoće

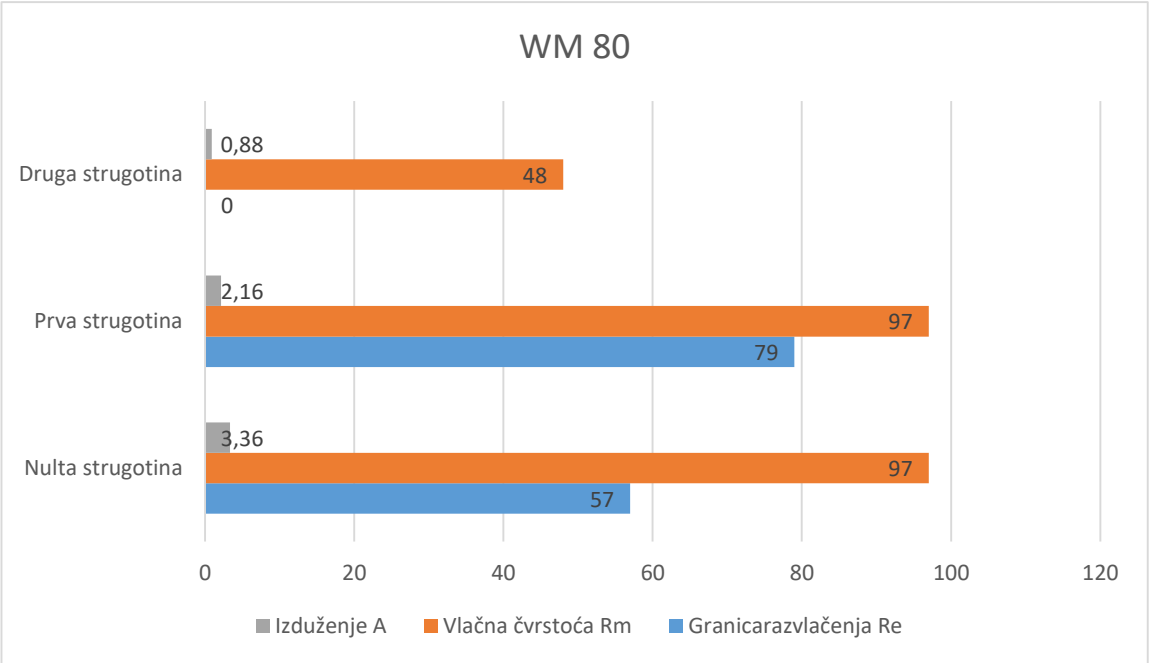
Tvrdoća HB	**TEGOTENAX V840**	**WM 80**
Nulta strugotina	23,8	32
Prva strugotina	22,16	30,23
Druga strugotina	21,4	29,26

7.2. Vlačna čvrstoća

Promatrajući rezultate dobivene ispitivanjem vlačne čvrstoće, primjećujemo da vlačna čvrstoća ispitanih kovina u padu, odnosno vlačna čvrstoća pada kako se strugotina prelijeva. To se vidi usporedbom rezultata gledajući nultu kovinu i drugo prelijevanje strugotine. Usporedno tome, granica razvlačenja raste kako se strugotina više puta prelijeva. Isto vrijedi i za izduženje. Sukldno tome vidljivo je da se mehanička svojstva mijenjaju tijekom uzastopnog prelijevanja strugotine, kao što smo i očekivali, a dokazali provođenjem ispitivanja vlačne čvrstoće.



Slika 27. Usporedba vlačne čvrstoće za TEGOTENAX V840



Slika 28. Usporedba vlačne čvrstoće za WM 80

8. ZAKLJUČAK

Izbor materijala ležajne blazinice od presudnog je značenja za trajnost ležaja i čitavog stroja. Materijali za klizne ležajeve moraju imati dobra antifricijska svojstva, tj. moraju se dati urađivati (uhodavati) s materijalom rukavca, pri kratkotrajnom radu ležaja na suho ne smiju dopustiti zaribavanje. Pored toga, trebaju se što jednoličnije rastezati s povećanjem temperature, ne smiju bubriti, moraju imati odgovarajuću dinamičku čvrstoću, otpornost na temperaturu, moraju dobro voditi toplinu, te se kao materijal za platiranje trebaju dati dobro vezati za podlogu. Ne postoji materijal koji udovoljava svim ovim zahtjevima, ali bijele kovine (ležajne legure na bazi kositra i olova) i različite vrste bronci su kudikamo bolji ležajni materijali od ostalih, koji se primjenjuju samo za specijalne ili određene svrhe.

Kod materijala za blazinice ležaja bitno je da se klizne površine mogu precizno obraditi i tako postići dobra antifrikciona svojstva. Poseban problem pri obradi predstavljaju dijelovi koji otpadaju, jer se pri obradi utiskuju u površinu, te je oštećuju.

Kositrena bijela kovina predstavlja klasični tip antifrikcione slitine. Ta je slitina i dan danas nezamijenjiva, naročito kod laganih i vrlo brzohodnih ležajeva.

U eksperimentalnom dijelu izvršena su ispitivanja mehaničkih svojstva bijelih kovina. Vlačnim ispitivanjem i ispitivanjem tvrdoće je utvrđeno da dolazi do promijene mehaničkih svojstava prilikom uzastopnog prelijevanja prelivenih strugotina bijele kovine. Prema tome zaključujemo da svojstva kliznog sloja od strugotine kovine nikad ne mogu biti jednaka kao svojstva jednom rastaljenih ingota. Dobivene rezultate prilikom naših ispitivanja, ne možemo koristiti kao neku referencu jer ipak moramo imati na umu da se prelijevanje strugotine odvijalo u industrijskim uvjetima, a samim time mogučnosti upada nečistoće i strugotine drugih materijala u talinu su velike. No možemo imati okvirni uvid u promjene mehaničkih svojstava tokom uzastopnog prelijevanja strugotine. Prema dobivenim rezultatima možemo zaključiti da se prva strugotina slobodno koristi za eksploatacijske uvijete kliznih ležajeva, isto kao i nulta strugotina. Drugu strugotinu možemo koristiti samo za ležajeve koji nisu izloženi velikim opterečenjima, dok daljna prelijevanja strugotine i upotreba istih nisu poželjna, upravo zbog promjene mehaničkih svojstava.

Tablica 11. Pad tvrdoće u odnosu na nultu strugotinu, izraženo u postocima

Tvrdoća	**TEGOTENAX V840**	**WM 80**
Prva strugotina	6,89 %	5,53 %
Druga strugotina	10, 08 %	8,56 %

Tablica 12. Pad vlačne čvrstoće u odnosu na nultu strugotinu, izraženo u postocima

Vlačna čvrstoća	**TEGOTENAX V840**	**WM 80**
Prva strugotina	1,14 %	0 %
Druga strugotina	30, 68 %	50,52 %

LITERATURA

[1] T. Filetin, F. Kovačiček, J. Indof – Svojstva i primjena materijala, FSB

[2] GLEITLAGERTECHNIK, Th. Goldschmidt AG, 1992

[3] F. Šipić – M. Kondić KLIZNI LEŽAJEVI, Tehnička knjiga Zagreb, 1986.

[4] N.Sonićki – TEHNIČKI MATERIJALI

[5] Karl–Heinz Decker ELEMENTI STROJEVA, Tehnička knjiga Zagreb, 2006.

[6] http://cmk.vuka.hr/hr/ispitivanje-materijala/

[7] https://www.ecka-granules.com/home/

[8] http://www.tkl.hr/

[9] https://hr.wikipedia.org/wiki/Klizni_le%C5%BEaj

PRILOZI

Gleitlager–Metallurgie

Gleitlagerlegierung TEGOTENAX

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG
(% - Masseanteile)

Sn	89,0
Sb	7,5
Cu	3,5

TECHNOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN
(Durchschnittswerte)

Härte und Warmhärte

HB 10/250/180, DIN ISO 4384 Teil 2	20° C	23
	50° C	17
	100° C	10
	150° C	8

Beanspruchung auf Zug

0,2 % Dehngrenze	$R_{p0,2}$	N/mm²	46
Zugfestigkeit	R_m	N/mm²	77
Dehnung	A_5	%	11,2
Elastizitätsmodul	$R_{p0,01}$	N/mm²	56500

Beanspruchung auf Druck

			20° C	100° C
0,2 % Stauchgrenze	$\sigma_{d0,2}$	N/mm²	47	27
2 % Stauchgrenze	σ_{d2}	N/mm²	76	45
Druckfestigkeit	σ_{dB}	N/mm²	157	100
Bruchstauchung	ε_{dB}	%	47	50

Bindungsfestigkeit
(Stahl C10, Lagermetalldicke ≥ 6 mm)
(DIN ISO 4386, Teil 2) R_{CH} N/mm² 75

Dynamische Beanspruchung
Biegewechselfestigkeit σ_{bW} N/mm² ±29

Dauerschlagbiegefestigkeit

mittlere Schlagzahl bis zum Bruch		3741
mittlere Schlagarbeit bis zum Bruch	J	1028

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN
(Durchschnittswerte)

Dichte	ρ	kg/dm³	7,4
Therm. Längenausdehnungskoeffizient bei 20-100° C		mm (mm*K)$^{-1}$ *10^{-6}	23,4

Thermische Analyse

unterer Schmelzpunkt	° C	233
oberer Schmelzpunkt	° C	360
Gießtemperatur	° C	440

Prilog 1. Kemijski sastav i mehanička svojstva za TEGOTENAX

ECKART POUDMET
DEUTSCHLAND GMBH
GLEITLAGER-METALLURGIE

Heinz-Bäcker-Straße 26
D-45356 Essen
Tel.: 0201/86178-0
Fax: 0201/86178-17

Eigenschaften von TEGOTENAX

- Gleitlagerlegierung auf Zinnbasis
- Hoher Reinheitsgrad, bleifrei (< 0,06%)
- Hohe Zähigkeit
- Höchste Schlagbelastbarkeit bei gleichzeitig mittlerer statischer Belastung
- Widerstandsfähig gegen dynamische Schwingungen und Biegewechselbeanspruchung

Beispiel für den Einsatz

- Höchstbeanspruchte Walzwerklager

Weitere Dokumentation

- Herstell-Toleranzen der Legierung
- Sicherheitsdatenblatt
- Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204-3.1 B

Essen, 02.01 EPD ko

Diese Information sowie hierzu erteilte Auskünfte erfolgen nach bestem Gewissen, jedoch unverbindlich. Für fehlerhafte oder unterlassene Beratung wird daher keine Haftung übernommen. Ggf. abweichende vertragliche Verpflichtungen bleiben hiervon unberührt. Dieses Merkblatt wird ungültig, sobald es durch ein anderes ersetzt wird. Wir bitten, ggf. bei uns rückzufragen.

Prilog 2. Upotreba TEGOTENAX-a

Gleitlager–Metallurgie

Gleitlagerlegierung SnSb12Cu6Pb (LgSn80)

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG
(% - Masseanteile)

Sn	80,0
Sb	12,0
Cu	6,0
Pb	2,0

TECHNOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN
(Durchschnittswerte)

Härte und Warmhärte			
HB 10/250/180, DIN ISO 4384 Teil 2		20° C	27
		50° C	23
		100° C	13
		150° C	7
Beanspruchung auf Zug			
0,2 % Dehngrenze	$R_{p0,2}$	N/mm²	62
Zugfestigkeit	R_m	N/mm²	89
Dehnung	A_5	%	3,0
Elastizitätsmodul	$R_{p0,01}$	N/mm²	55700

			20° C	100° C
Beanspruchung auf Druck				
0,2 % Stauchgrenze	$\sigma_{d0,2}$	N/mm²	62	37
2 % Stauchgrenze	σ_{d2}	N/mm²	87	69
Druckfestigkeit	σ_{dB}	N/mm²	189	121
Bruchstauchung	ε_{dB}	%	46	53

Bindungsfestigkeit			
(Stahl C10, Lagermetalldicke ≥ 6 mm)			
(DIN ISO 4386, Teil 2)	R_{CH}	N/mm²	39
Dynamische Beanspruchung			
Biegewechselfestigkeit	σ_{bW}	N/mm²	±28
Dauerschlagbiegefestigkeit			
mittlere Schlagzahl bis zum Bruch			490
mittlere Schlagarbeit bis zum Bruch		J	134

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN
(Durchschnittswerte)

Dichte	ρ	kg/dm³	7,39
Therm. Längenausdehnungskoeffizient bei 20-100° C		mm (mm*K)$^{-1}$ *10^{-6}	21,6
Thermische Analyse			
unterer Schmelzpunkt		° C	183
oberer Schmelzpunkt		° C	400
Gießtemperatur		° C	520

Prilog 3. Kemijski sastav i mehanička svojstva za SnSb12Cu6Pb

ECKART POUDMET
DEUTSCHLAND GMBH
GLEITLAGER-METALLURGIE

Heinz-Bäcker-Straße 26
D-45356 Essen
Tel.: 0201/861 78-0
Fax: 0201/861 78-17

Eigenschaften von SnSb12Cu6Pb (LgSn80)

- Gleitlagerlegierung auf Zinnbasis
- Standardlegierung nach DIN ISO 4381
- Mittlere statische Belastbarkeit, Biegewechselbeanspruchbarkeit und Schlagbeanspruchbarkeit

Beispiele für den Einsatz

- Turbinen
- Verdichter
- Elektromaschinen
- Kammwalzen

Weitere Dokumentation

- Herstell- Toleranzen der Legierung
- Sicherheitsdatenblatt
- Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204-3.1 B

Essen, 07.00 EPD ko

Diese Information sowie hierzu erteilte Auskünfte erfolgen nach bestem Gewissen, jedoch unverbindlich. Für fehlerhafte oder unterlassene Beratung wird daher keine Haftung übernommen. Ggf. abweichende vertragliche Verpflichtungen bleiben hiervon unberührt. Dieses Merkblatt wird ungültig, sobald es durch ein anderes ersetzt wird. Wir bitten, ggf. bei uns rückzufragen.

Prilog 4. Upotreba legure SnSb12Cu6Pb

	VELEUČILIŠTE U KARLOVCU KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	CRS HRN EN ISO 9001:2009
	IZVJEŠĆE / REPORT	Broj/No: LMT.2016.A.095

LABORATORIJ ZA MATERIJALE I TOPLINSKU OBRADU
LABORATORY FOR MATERIALS TESTING AND HEAT TREATMENT

IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU MATERIJALA / REPORT ABOUT MATERIALS TESTING

Radni nalog Work order	-	**Naručitelj** Purchaser	Završni rad Veleučilište u Karlovcu
Broj crteža Drawing No.	-	**Narudžba br.** Order No.	-
Materijal Material	V840, WM80	**Količina** Quantity	2xvlačna čvrstoća; 2xtvrdoća
Norma Standard	-	**Tehnički propis** Technical Specifications	-
Broj šarže Cast No.	-	**Broj probe** Test piece No.	-
Dimenzija Dimension	-	**Toplinska obrada** Heat treatment	-
Predmet Object	Probni uzorak		

MEHANIČKA SVOJSTVA / MECHANICAL PROPERTIES

Značajke ispitivanja Test marks	Dimenzija epruvete [mm] Dimension test piece	Granica razvlačenja Re [N/mm²] Yield strenght	Vlačna čvrstoća Rm [N/mm²] Tensile strenght	Izduženje A [%] Elongation	Kontrakcija Z [%] Contraction	Udarni rad loma KU [J] 20°C Impact energy	Tvrdoća HB Hardness value	Savijanje Bending
Zahtjevano In accordance	Ø12							
Utvrđeno Realized								
V840	**Ø12**	**39**	**88**		**6,78**		**23,8**	
WM 80	**Ø12**	**57**	**97**		**3,36**		**32**	

Primjedba:
Remark:

Izrada završnog rada – Dino Korenić

Datum/Date:	Ispitao/Examined:	Odobrio/Approved:	Nadzor/Supervision:
14-10-2016	Ana Fudurić, struč,.spec.ing.mech.	Marijan Brozović, dipl.ing.	

19.10.2016. T9:02 PM
Ana Fudurić

QO 7.5-08-3, izmj. 4

Prilog 5. Izvješće za nultu strugotinu

	VELEUČILIŠTE U KARLOVCU KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	CRS HRN EN ISO 9001:2009
	IZVJEŠĆE / REPORT	Broj/No: LMT.2016.A.095

LABORATORIJ ZA MATERIJALE I TOPLINSKU OBRADU
LABORATORY FOR MATERIALS TESTING AND HEAT TREATMENT

IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU MATERIJALA / REPORT ABOUT MATERIALS TESTING

Radni nalog Work order	-	**Naručitelj** Purchaser	Završni rad Veleučilište u Karlovcu
Broj crteža Drawing No.	-	**Narudžba br.** Order No.	-
Materijal Material	V840, WM80	**Količina** Quantity	2xvlačna čvrstoća; 2xtvrdoća
Norma Standard	-	**Tehnički propis** Technical Specifications	-
Broj šarže Cast No.	-	**Broj probe** Test piece No.	-
Dimenzija Dimension	-	**Toplinska obrada** Heat treatment	-
Predmet Object	Probni uzorak		

MEHANIČKA SVOJSTVA / MECHANICAL PROPERTIES

Značajke ispitivanja Test marks	Dimenzija epruvete [mm] Dimension test piece	Granica razvlačenja Re [N/mm²] Yield strenght	Vlačna čvrstoća Rm [N/mm²] Tensile strenght	Izduženje A [%] Elongation	Kontrakcija Z [%] Contraction	Udarni rad loma KU [J] 20°C Impact energy	Tvrdoća HB Hardness value	Savijanje Bending
Zahtjevano In accordance	Ø12							
Utvrđeno Realized								
V840	**Ø11,79**	**54**	**87**	**9,56**			**22,16**	
WM80	**Ø12**	**79**	**97**	**2,16**			**30,23**	

Primjedba:
Remark:

Izrada završnog rada – Dino Korenić

Datum/Date:	Ispitao/Examined:	Odobrio/Approved:	Nadzor/Supervision:
18-10-2016	Ana Fudurić, struč,.spec.ing.mech.	Marijan Brozović, dipl.ing.	

19.10.2016. T9:27 PM
Ana Fudurić

QO 7.5-08-3, izmj. 4

Prilog 6. Izvješće za prvu strugotinu

	VELEUČILIŠTE U KARLOVCU KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	CRS HRN EN ISO 9001:2009
	IZVJEŠĆE / REPORT	Broj/No: LMT.2016.A.097

LABORATORIJ ZA MATERIJALE I TOPLINSKU OBRADU
LABORATORY FOR MATERIALS TESTING AND HEAT TREATMENT

IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU MATERIJALA / REPORT ABOUT MATERIALS TESTING

Radni nalog Work order	-	**Naručitelj** Purchaser	Završni rad Veleučilište u Karlovcu
Broj crteža Drawing No.	-	**Narudžba br.** Order No.	-
Materijal Material	V840, WM80	**Količina** Quantity	2xvlačna čvrstoća; 2xtvrdoća
Norma Standard	-	**Tehnički propis** Technical Specifications	-
Broj šarže Cast No.	-	**Broj probe** Test piece No.	-
Dimenzija Dimension	-	**Toplinska obrada** Heat treatment	-
Predmet Object	Probni uzorak		

MEHANIČKA SVOJSTVA / MECHANICAL PROPERTIES

Značajke ispitivanja Test marks	Dimenzija epruvete [mm] Dimension test piece	Granica razvlačenja Re [N/mm²] Yield strenght	Vlačna čvrstoća Rm [N/mm²] Tensile strenght	Izduženje A [%] Elongation	Kontrakcija Z [%] Contraction	Udarni rad loma KU [J] 20°C Impact energy	Tvrdoća HB Hardness value	Savijanje Bending
Zahtjevano In accordance	Ø12							
Utvrđeno Realized								
V840	**Ø12**	**26**	**61**	**7,36**			**21,4**	
WM80	**Ø12**	/	**48**	**0,88**			**29,96**	

Primjedba:
Remark:

Izrada završnog rada – Dino Korenić

Datum/Date:	Ispitao/Examined:	Odobrio/Approved:	Nadzor/Supervision:
21-10-2016	Ana Fudurić, struč,.spec.ing.mech.	Marijan Brozović, dipl.ing.	

21.10.2016. T11:32 AM
Ana Fudurić

QO 7.5-08-3, izmj. 4

Prilog 7. Izvješće za drugu strugotinu