

Kobaltove zlitine v lesni industriji

Cobalt-base Alloys in Wood Cutting Industry

J. Rodič, K. Habijan, J. Dolenc, A. Jagodic, MIL-PP d.o.o. Ljubljana, Lepi pot 11, 61000 Ljubljana

A. Rodič, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 61000 Ljubljana

Nanašanje kobaltovih zlitin - stelitov na zobe žag izboljša rezalno sposobnost in podaljšuje vzdržljivost žag. Za stelitiranje žag v lesni industriji se uporabljata dve specialni tehniki. Značilnost prve je nataljevanje konice zob v kokili, druge pa uporovno navarjanje oblikovanih delcev na zobe. Pri prvi se uporabljajo drobne palice okroglih presekov, pri drugi pa palice nekonvencionalnih presekov.

Na osnovi izkušenj s stelitiranimi žagami se vse bolj uveljavlja tudi nanašanje stelitov na rezilne in obrabi izpostavljene dele industrijskih nožev, orodij in konstrukcijskih delov.

Izvirna novost je nova alternativna tehnologija horizontalnega kontinuirnega litja in zgoščevanja palic posebnih presekov, kakršne so se doslej izdelovale samo s tehnologijo prahov.

"HKL-HIP FORMMILITI" (to je blagovna znamka MIL-PP d.o.o., LJUBLJANA) predstavljajo cenejšo alternativo in dopolnitev poznane asortimenta "PM FORMSTELITOV" firme DELORO.

FORMMILIT-i so vzbudili zanimanje na evropskem tržišču in predstavljajo del celovite ponudbe domače proizvodnje kobaltovih zlitin - stelitov za domače potrebe in za izvoz.

Ključne besede: kobaltove zlitine, kontinuirno litje palic, lesna industrija, žaganje lesa, stelitiranje, žage, industrijski noži

Beneficial effects of saw teeth tipping with cobalt base alloys - stellites are improving cutting ability and lifetime of saws in wood cutting industry. There are two special technics known for stellite tipping of saws. Characteristic of the first is melting of stellite in the mould embracing the tooth and characteristic of the second is resistance welding of preformed piece on the tip of tooth. For the first one thin round rods and for the second one rods of nonconventional sections are used.

Good experience with stellite tipping of saws could be successfully applied for the development of stellite deposition on industrial knives, tools and constructional parts to improve cutting ability, abrasive resistance and lifetime.

An original novelty represents the development of the new alternative technology of horizontal continuous casting and thermal compacting in the production of formstellite-rods, which were until now produced only with powder technology.

"HCC-HIP FORMMILITES" (trade mark of MIL-PP d.o.o., LJUBLJANA) represent an economic alternative and a supplement to the known assortment of "PM-FORMSTELLITES" (produced by DELORO).

FORMMILITES have created particular interest on the european market and perform an important part in the complete offer of domestic production of cobalt base alloys for domestic needs and export.

Key words: cobalt based alloys, continuous casting of rods, wood industry, woodcutting, stellite-tipping, saws, industrial knives

1 Uvod

Na 44. posvetovanju o materialih in kovinskih gradivih (6.-8. oktobra 1993 v Portorožu) so bili predstavljeni raziskovalno razvojni dosežki ob zaključevanju projekta *KOBALTOVE ZLITINE V LESNI INDUSTRIJI*, ki ga je MZT sofinanciralo v letih 1992 - 1993 iz sredstev inovacijskega sklada in obsega

I. del: STELITIRANJE ŽAG IN TEHNOLOŠKO-INOVATIVNI RAZVOJNI PROGRAM Z ASORTIMENTOM NOVIH PROIZVODOV "FORMMILIT".

Kot logično nadaljevanje dosedanjega uspešnega razvoja so bile v predstavitev vključene tudi priprave za

II. del: STELITIRANJE INDUSTRIJSKIH NOŽEV IN ORODIJ.

pri čemer so se v pripravah in načrtovanju razvoja s predpoizkusi dosedanjim izvajalcem priključili še sodelavci naslednjih podjetij: SIKO ŽJ d.o.o. Jesenice, SŽ NOŽI RAVNE d.o.o., COMMERSALD S.p.A. - Italija, ROSCO GmbH - Avstrija, HETTIGER SCHWEISSTECHNIK - Nemčija.

Ta drugi del odpira povsem novo področje inovativne tehnologije, ki bo preseglo sam okvir stelitiranja in lesne industrije tako, da obeta še mnogo večje učinke z razvojem novih tehnologij in uporabo novih namensko razvitih materialov.

O zasnovi celotnega projekta, o poteku dvoletnega programa, o dosedanjih ugotovitvah in inovativnih dosežkih smo že dokaj izčrpno poročali^{1,2,3}.

Projekt "STELITIRANJE ŽAG" je kot prvi del okvirnega projekta uspešno zaključen, zato se bomo v nadaljnjem omejili le na povzetek, oceno rezultatov in inovativnih dosežkov ter na nekaj ključnih ugotovitev, pomembnih za nadaljnje usmeritve razvoja na specifičnem interdisciplinarnem področju.

Povzetek in predstavitev že prepletajo dopolnitve s predlogi nadaljevanja projekta pod naslovom "STELITIRANJE INDUSTRIJSKIH NOŽEV IN ORODIJ". V tem podprojektu lahko zelo racionalno uporabimo, prilagodimo in optimiramo dosedanje ugotovitve in dosežke ter jih seveda dopolnimo z novim inovativnim programom.

2 Pomen stelitiranja žag

Ob načrtovanju projekta napovedane in pričakovane prednosti uporabe **stelitiranih žag** v primerjavi s standardnimi jeklenimi in trdokovinskimi³ so bile z rezultati preizkušanja dokazane in neizpodbitno utemeljene. Te prednosti so naslednje:

- povečana rezna zmogljivost
- večja produktivnost žaganja

- zmanjšanje zastojev
- boljša natančnost reza
- tanjši rez in boljši izplen lesa
- manjša občutljivost in lažje popravljanje poškodovanih zob
- zmanjšanje porabe energije
- splošno zmanjšanje proizvodnih stroškov in izboljšanje kakovosti ter zanesljivosti
- omogočanje rezanja pri najtežjih pogojih.

Vse te prednosti so vezane na stelitiran zob žage, ki je predstavljal osrednji predmet raziskovalnega projekta¹.

Vse izkušnje zbrane pri stelitiranju žag dovoljujejo utemeljeno sklepanje o lastnostih, uporabnosti in določenih prednostih stelitiranja nožev in orodij, zato so tehnike stelitiranja prepletene tudi s temi proizvodi.

3 Tehnike stelitiranja

Obloga konice zoba ali nanos na rezilni del noža oziroma orodja s posebno kobaltovo zlitino, odporno proti obrabi tudi pri povišani temperaturi, omogoča bistveno izboljšanje rezne sposobnosti rezilnega roba in podaljšanje vzdržljivosti.

Stelitiranje je posebno priporočljivo pri žaganju, rezanju ali obdelavi svežega lesa, ki zahteva dobro korozijsko obstojnost rezalnega orodja.

Obvladovanje tehnike stelitiranja nam odpira tudi področja uporabe drugih materialov.

Vse različne tehnike stelitiranja smo poskušali razvrstiti v štiri značilne skupine, ki jih v nadaljevanju kratko predstavljamo. Posamezne tehnike smo že podrobneje opisali^{1,2} in jih samo za primerjavo predstavljamo, nekoliko več podrobnosti pa podajamo pri novostih, ki naj bi bile predmet nadaljevanja razvojnih raziskav.

Tehnika stelitiranja A predstavlja nataljevanje zob vkokili. Poznana je pod imenom ALLIGATOR-VOLLMEER in že podrobno opisana^{1,2,3}.

Nataljevanje stelita v kalupu daje obliko zoba. Stranske ploskve brusimo samo na novo stelitiranem zobu, cepilni kot brusimo pri vsakem ostrenju, od časa do časa pa prebrusimo tudi prosti kot.

Tehnika stelitiranja B predstavlja novost v našem razvoju in predmet raziskovalno-razvojnega programa v naslednjem drugem delu projekta. Zato je opis nekoliko podrobnejši z zasnovno tipizacije in cilji.

Posebej naj omenimo, da bi bilo mogoče z optimiranjem tipizacije stelitiranih polizdelkov močno racionalizirati proizvodnjo in skrajšati dobavne roke, ker bi dolge stelitirane polizdelke držali na minimalni zalogi in jih po potrebi rezali na dolžino in obdelovali na mero.

STELITIRANI POLIZDELKI

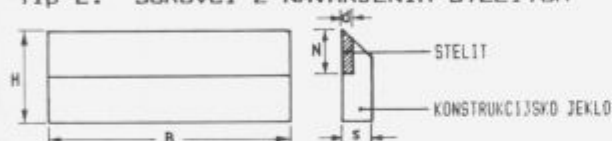
Tip 1: STELIT-COMPOUND



$H_{min} = 30, 35$
 $S_{min} = 2 \div 3$
 $N_{min} = 10 \div 15$
 B - dolžina je mnogokratnik izdelkov

- RAZNE VRSTE SKOBELNIKOV
- PROFILIRANI NOŽI
- POSEBNE VRSTE NOŽEV

Tip 2: SUROVCI Z NAVARJENIM STELITOM



$H_{min} = 30 \div 300$ (blankete 55 in 70)
 $S_{min} = 3 - 4 - 5 - 10 - 20$
 $N_{min} = 18, 33$ in po dogovoru
 $S_{min} = 1,5 \div 6$ po dogovoru
 B - dolžina je mnogokratnik izdelkov

- STANDARDNE STELITIRANE BLANKETE
- RAZNI PROFILIRANI NOŽI
- SEKIROSTROJ NOŽI
- DRUGI INDUSTRIJSKI NOŽI

Tip 3: STELITIRANA ORODJA

Shema 1: Navarjanje stelitov na nože s TIG ali plazmo - palice

Figure 1: Stellite deposition on the knives with TIG or with PLASMA technic - rods

Namesto dragih orodnih jekel bi za osnovni material uporabljali krojeno mikrolegirano pločevino ali nelegirana kovana in valjana jekla.

Najpomembnejša prednost pa je, da odpade zelo zahtevna toplotna obdelava in, da je možna obdelava vpenjalnih delov, ko je rezilni del že končan in s tem je mogoče brez težav zagotavljati boljšo točnost.

Uporaba je samo nakazana, številna posebna orodja pa nakazujejo možnosti racionalizacije tehnologije v nadaljnjem razvoju.

Tehnika stelitiranja C, ki predstavlja uporovno navarjanje stelitov, je bila podrobneje opisana^{1,2} kot tehnika ISELI in v zvezi z razvojem stelitiranih palic nekonvencionalnih³, t.j. trapeznih ali paralelogramskih presekov pod imenom FORMMILITI, v povezavi s kompaktiranjem po HIP postopku⁸.

Pri stelitiranju zob na žagah trapezne formmilita podajamo z vrha, paralelogramske pa od strani.

Tehnika stelitiranja D predstavlja nanašanje stelitnih prahov na delovno površino orodja s plazmo, pri

čemer je tehnika znana pod imenom PTA (Plasma Transferred Arc)^{5,6,7}. Ta tehnika navarjanja je avtomatizirana ali celo robotizirana za najzahtevnejše uporabe.

Uporablja se za dolge nože in orodja posebnih oblik, pri čemer je odločilnega pomena zanesljiva enakomernost neprekinjenega nanašanja in zagotavljanje minimalnih deformacij. Tipično področje, na katerem že imamo nekaj dragocenih izkušenj, predstavljajo noži za furnir in pritisne letve, dolžine tudi nad 5 m.

Poleg stelitnih prahov se za druge nože in orodja uporabljajo tudi druge vrste prahov.

Opravljeni poizkusi so dali obetajoče ugotovitve za nadaljnji razvoj.



Shema 2: Značilnosti otopitve zob

Figure 2: Characteristics of teeth dulling

4 Materiali, potrebni za stelitiranje, osvojeni za domačo proizvodnjo in izvoz

Za tehniko stelitiranja pod A in B naj bodo stelitne palice čim tanjše. Glede na tehnološke možnosti je standardna dimenzija stelitnih palic $\Phi 3,2 \text{ mm} \times 2000 \div 4000 \text{ mm}$, za tehniko pod B pa tudi $\Phi 4 \text{ mm}$ poljubnih dolžin.

MIL-PP dobavlja te proizvode v kvalitetah MILFOR 12, MILIT 12 in MILIT 6.

Letni izvoz teh palic je ob zaključku prvega dela razvojnega projekta že presegel 5 t.

Za tehniko stelitiranja pod C se uporabljajo HKL palice stelitov $\Phi 4 \text{ mm}$, $\Phi 5 \text{ mm}$, $\Phi 6 \text{ mm}$, $\Phi 6,4 \text{ mm}$.

Za ISELI-tehniko stelitiranja je mnogo bolj utemeljena uporaba formstelitov izdelanih po PM- ali pa po alternativni HKL-tehnologiji. V obeh izvedbah so palice kompaktirane.

Za tehniko stelitiranja pod D se uporablja prah stelita z granulacijo 65-150 μm

IMT in MIL-PP sta že izdelala in v sodelovanju s tujimi partnerji preizkusila probne količine vodno atomiziranega prahu MILFOR 12, ki je dal pri poizkusnem navarjanju sekirostroj-~~no~~žev zadovoljive rezultate. V nadaljnjem programu predlaganega projekta bodo opravljene sistematične raziskave, za kar so že pripravljene surovci osnovnega materiala in tudi potrebna količina prahu MILFOR 12.

Povzetek s pregledom potrebnih materialov, ki so že vsi na razpolago iz domače proizvodnje, podaja naslednja tabela:

TEHNIKA	POTREBNI MATERIALI
A in B	PALICE STELITOV MILFOR 12, MILIT 12, MILIT 6 $\Phi 3,2 \text{ mm}$ in $\Phi 4 \text{ mm}$ DOLŽINE 2 m ali 4 m
C	PALICE STELITOV MILFOR 12 TUDI KOMPAKTIRANE $\Phi 4 \text{ mm}$, $\Phi 5 \text{ mm}$, $\Phi 6 \text{ mm}$, $\Phi 6,4 \text{ mm}$ FORMMILITI - KOMPAKTIRANI MILLES 12-NORMAL IN MILFOR 12-HARD TRAPEZ IN PARALELOGRAM T 3,0 T 3,4 T 3,8 T 4,8 T 5,8 P 5,0 P 6,5
D	PRAHOVI GRANULACIJE 65 - 150 μm PRAH MILFOR 12 IZDELAN NA IMT JE DAL DOBRE REZULTATE

5 Tehnologija "HKL" za litje drobnih palic okroglih in nekonvencionalnih presekov

Osnovna tehnologija horizontalnega kontinuirnega litja (HKL) stelitnih zlitin je bila v preteklih dveh letih dobro vpeljana in standardizirana.

Glede na to, da so za posamezne tehnike stelitiranja potrebne specifične dimenzije, oblike in kakovostne karakteristike stelitnih palic, se je izkazala potreba za

- optimiranje obstoječe HKL tehnologije in
- inovativni razvoj tehnologije za novi asortiment proizvodov pod imenom "FORMMILITI", pri čemer je vključeno tudi industrij sko kompaktiranje s HIP postopkom⁸.

OPTIMIRANJE TEHNOLOGIJE:

Za navarjanje s taljenjem stelitov se uporabljajo čim tanjše palice, katerih proizvodnja zahteva obvladovanje številnih parametrov horizontalnega kontinuirnega litja, od katerih so odvisni pogoji strjevanja. O raziskavah strjevanja in obvladovanju številnih parametrov smo že poročali na posvetovanju v Portorožu 1992³.

Na MIL-PP je uspelo uliti nekaj vzorcev HKL žic v zelo zanimivi dimenziji $\Phi 2,5 \text{ mm}$, vendar se je izkazalo, da pri tako drobnih palicah ni mogoče zagotoviti ustrezne uspešnosti litja, zato še vedno ostaja najmanjša HKL dimenzija $\Phi 3,2 \text{ mm}$.

INOVATIVNI RAZVOJ:

Za proizvodnjo palic, ki se uporabljajo v tehniki upornega navarjanja delcev smo:

- razvili in osvojili novo alternativno tehnologijo horizontalnega kontinuirnega litja nekonvencionalnih presekov, pri čemer je MIL-PP doslej na svetovnem tržišču edini dobavitelj litih form- stelitov
- z mednarodno kooperacijo zagotovili tudi možnost dobave litih in kompaktiranih palic raznih presekov dolžine 1m.

Tudi o formmilitih in kompaktiranju smo že poročali³, ob zaključku projekta pa lahko trdimo, da obvladujemo celotni asortiman, kar smo dosegli po večstopenjskem prilagajanju zahtevam trga. Danes je asortiment standardiziran in doseženi so prvi uspehi plasmaja na tržišču, ki dokaj zadržano in nezaupljivo sprejema novosti.

Röntgenski posnetki palic⁸ iz redne proizvodnje MIL-PP dokazujejo, da HIP-anje pod določenimi pogoji zanesljivo zagotavlja popolno kompaktnost in zapre vse mikro- unkerje in mikroporoznost, kar je za uporabo teh proizvodov izredno pomembno!

Za potrebe HIP-anja formmilitov dolžine 1 m se moamo posluževati inozemskih kooperacij, saj sta nam doslej v Evropi poznana in dostopna samo dva centra s HIP napravami ustreznih možnosti.

“HKL-HIP FORM-MILITI” iz proizvodnega programa MIL-PP d.o.o. nudijo uporabnikom cenejšo alternativo in dopolnitev ponudbe “PM-FORM-STELITOV” iz programa firme DELORO.

Po tehnološko osvojenem programu moramo le ugotoviti, da je uveljavljanje HKL-HIP FORM-MILITOV na tržišču še v začetni fazi in zanesljive perspektive še niso povsem določene.

6 Značilnosti otopitve rezalnega roba

S preiskavo obrabljenih zob na žagah je bila ugotovljena bistvena razlika v mehanizmu obrabe rezalnega roba med jeklenimi in trdokovinskimi zobmi¹. V toku projekta smo s praktičnimi poizkusi lahko potrdili, da je mehanizem obrabe stelitiranih zob podoben tistemu, ki je značilen za jeklene zobe, le da je odpornost proti obrabi pri stelitiranih zobeh precej boljša. Prej objavljeno primerjalno shemo¹ dopolnjujemo s stelitirano žago (shema 2)

Nekaj uvodnih preiskav je potrdilo, da je ta primejalna shema mehanizmov dobro uporabna tudi pri primerjalnih ocenah obrabe stelitiranih industrijskih nožev in orodij.

Za kvantitativno merjenje otopitve rezalnih robov je mogoče tudi pri stelitiranih industrijskih nožih in drugih rezalnih orodjih uporabljati enako metodo kot pri žagah¹. Namesto primerjav z dolžino reza je možno vrednotenje s številom rezov do določene stopnje otopitve (slika 3)

7 “HKL-HIP FORM-MILITI” v proizvodnem programu MIL-PP d.o.o.

- Uporaba formmilitov omogoča
- prihranek pri porabi stelitov
 - do 60% krajši čas brušenja
 - manjšo porabo brusnih plošč

Zato je kljub višji ceni ekonomsko močno utemeljena!

8 Sklep

Žage, stelitirane po kakršni koli tehnologiji, imajo pomembne prednosti v primerjavi z navadnimi jeklenimi in tudi s trdokovinskimi. To velja posebno pri rezanju svežega lesa in pri tankih rezih. Rezanje exotov pa večinoma z navadno žago sploh ni mogoče.

Pri načinu otopitve zoba ima velik pomen korozijska odpornost zlitine same in spoja z osnovo.

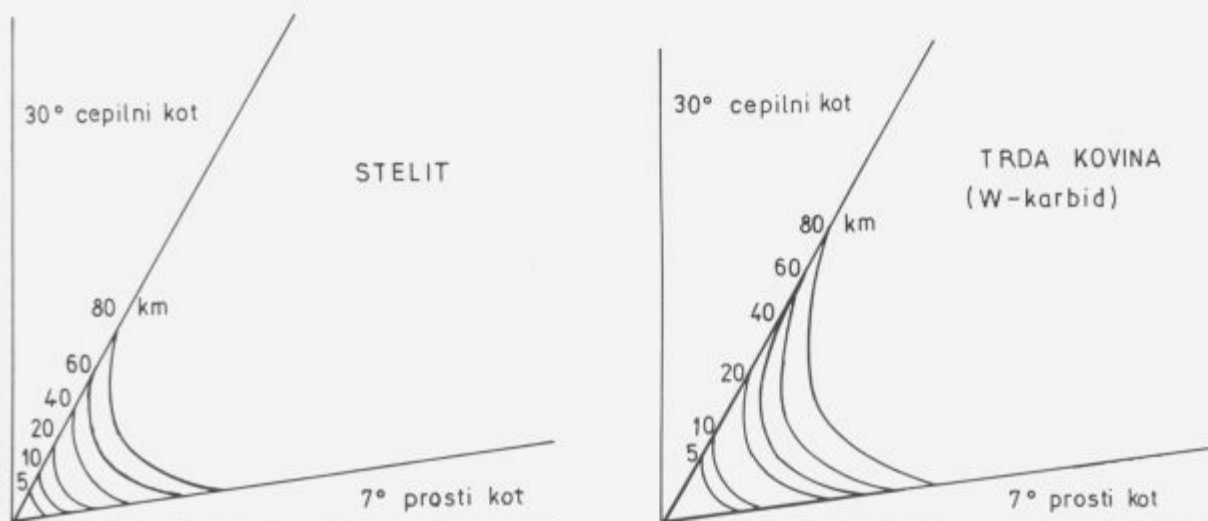
Kislinski ekstrakti svežega lesa napadajo kobalt v osnovni masi trdih kovin in s tem poslabšajo odpornost proti izpadanju wolframovih karbidov. Način obrabe odločilno vpliva na vzdržljivost. Te znane ugotovitve, ki so osnova za uveljavitev stelitiranja žag in orodij, v napredni lesni industriji, so bile v projektu samo neizpodbitno potrjene.

Najpomembnejši dosežek projekta je razvoj proizvodnje celotnega potrebnega asortimenta materialov za domače potrebe in za izvoz, ob pomembnem inovativnem dosežku razvoja HKL-FORM-MILITOV. Prvi rezultati sistematičnega vzpodbujanja kažejo, da se bo stelitiranje tudi pri nas hitro uveljavilo.


9 Literatura

- ¹ Rodič J.: Kobaltove zlitine v lesni industriji / Cobalt Base Alloys in Woodcutting Industry; Železarski zbornik 25 (1991) št. 4, str. 127-138
- ² Rodič J.: Proizvodnja kobaltovih zlitin za napredno tehnologijo stelitiranja žaginih listov / Production of Cobalt-base Alloys for Advanced Technology in Stellite-tipping of Saws; LES 44 (1992) 5-6 str. 189-195,202.
- ³ Rodič J., K. Habijan, A. Rodič: Razvoj nove tehnologije “HKL” za litje drobnih palic nekonvencionalnih presekov; Kovine, zlitine, tehnologije 27 (1992) št. 1-2, str.

Slika 3: Merjenje otopitve rezalnega roba
Figure 3: Measuring of cutting edge dulling



STANDARDNI ASORTIMENT V KVALITETI MILFOR 12 je naslednji:

TRAPEZ	Oznaka	A_{max}	B_{max}	H_{max}
	"T 5,8"	5,80	5,35	4,00
	"T 4,8"	5,00	4,40	4,25
	"T 4,3"	4,25	3,85	3,00
	"T 3,8"	3,90	3,50	3,00
	"T 3,4"	3,45	3,15	2,75
	"T 3,0"	3,10	2,75	2,70

PARALELOGRAM	Oznaka	H_{max}	D_{max}
	"P 6,5"	6,30	4,20
	"P 5,0"	4,90	3,30

DRUGE MOŽNE OBLIKE SD 6E:



Slika 4: Standardni asortiment FORMMILITOV v kvaliteti MILFOR 12 HARD in MILLES 12 NORMAL.

Figure 4: Standard assortment of FORMMILITES of grades MILFOR 12 HARD and MILLES 12 NORMAL.

39-42

- 4 Schmaus H.: Stellite von Kreissägen, Bandsägen und Gattersägen; Vortrag anlässlich des Rosenheimer Winterseminars für die Sägeindustrie am 15.01.1992
- 5 Commersald: Una soluzione globale ai problemi di usura-Reportage '92
- 6 Andersson O.: PTA SURFACING, Höganäs information HF 91-1
- 7 Hettiger F.: Schweißtechnik (prospekt)
- 8 Rodič J.: HIP Compacting of HCC-Stellite Tipping Rods of Grade 12, Interno strokovno tehnično poročilo