

MOGUĆNOST PRIMJENE NAVARENIH SLOJEVA U CILJU PRODULJENJA VIJEKA DIJELOVA PUŽNIH PREŠA ZA CIJEĐENJE ULJA

POSSIBILITIES FOR UTILIZATION OF WELDED LAYERS IN PROLONGATION OF OPERATION LIFETIME OF OIL WORM GEAR PRESS COMPONENTS

Vlatko MARUŠIĆ¹, Marko PEPIĆ²

Ključne riječi: pužna preša, zaštitni sloj, navar, otpornost trošenju

Key words: screw press, protective layer, welded layers, wear resistance

Sažetak: U radu su analizirani zaštitni slojevi na radnim površinama dijelova kako originalnih (uvoznih) pužnih preša, tako i domaća zamjenska rješenja. Analizom su obuhvaćene metalografske pretrage strukture i tragova trošenja te makro i mikro tvrdoće. Eksperimentalno su na noževima cijedilne korpe ispitana tri različita navara (dodata materiala). Utvrđeno je da otpornost trošenju navarenih slojeva ovisi ne samo o tvrdoći nego i o mikrotvrdoći te ravnomjernosti rasporeda karbida u čim žilavojjici matrici.

Abstract: the paper reconsiders utilization of welded layers for the purpose of prolongation of operation life time of original (imported) oil press components, as well as domestic surrogate solutions. The analysis encompasses metallurgical examination of wear traces and macro and micro hardness value assessment. Three different weldments (additional material welds) were examined on knives. It was established that the material wear resistance depends not only on surface hardness, but also on micro hardness values and the equal dispersion of carbides in high tensile matrix.

¹ Strojarski fakultet, Trg Ivane Brlić Mažuranić 18, tel. 035/446-707 35000 Slavonski Brod

² Metal-Biro d.o.o., Dr. Mile Budaka 1, tel. 091/5058540 35000 Slavonski Brod

1. UVOD

Pužne preše za cijeđenje ulja (iz suncokreta i uljane repice) primjer su moguće primjene navarenih slojeva u cilju produljenja vijeka trajanja radnih dijelova. Abraziv ($\text{SiO}_2 \times n \text{H}_2\text{O}$) [1] [2] glavni je uzročnik trošenja pužnih segmenata i noževa cjedilne korpe. Kako je taj abraziv sadržan u ljusci ($\approx 3\%$) to pužne preše predstavljaju eklatantan primjer tribosustava u kojemu se trošenje ne može izbjegći. Njegova tvrdoća (5÷6 po Mohsu, odnosno preko 1.000HV) direktno utječe na dominantni mehanizam trošenja radnih površina dijelova preša. Pri tome o vrsti zaštitnog sloja (dodatnog materijala) ovisi vijek trajanja tih dijelova. Kod izbora osnovnog materijala i zaštitnog sloja potrebno je voditi računa o ekonomskom kriteriju kojega čine:

1. direktni troškovi (nabavka-izrada novih dijelova i rad na zamjeni isrošenih), te
2. indirektni troškovi uslijed zastoja, ne samo prešaone nego i ostalih pogona (zbog serijske veze) kao i gubici uslijed slabijeg isprešavanja te veće potrošnje energenata.

Iako na efikasnost cijeđenja ulja djeluje niz tehnoloških faktora [3] [4], ipak se za ukupnu iskoristivost ulja (sadržanog u uljnom sjemenju) može reći da ovisi ne samo o tehničko-tehnološkim karakteristikama pužne preše (što je uglavnom determinirano tipom preše, odnosno njenim konstrukcijsko-dimenzionalnim karakteristikama), nego i o ispravno definiranom kriteriju prestanka funkcionalnog rada pužnih segmenata i noževa cjedilne korpe. Postavljanju kriterija izbora postupka zaštite svakako može pomoći istraživanje mehanizma trošenja kao i određivanje optimalnog strukturnog sastava zaštitnih slojeva.

2. EKSPERIMENTALNI RAD

U cilju utvrđivanja do sada primjenjivanih postupaka zaštite, tijekom višegodišnjeg istraživanja prikupljeni su dijelovi pužnih preša različitih proizvođača. Susretljivost djelatnika Službe održavanja u uljarama "Zvijezda" – Zagreb; "Čepin" – Čepin ;"Bimal" – Brčko; "Mladost" – Šid i "Dijamant" – Zrenjanin; omogućilo je prikupljanje ne samo uvoznih dijelova (kako originalnih tako i zamjenskih), nego i dijelova izrađenih u domaćim tvornicama kao zamjenskih.

Izgled otvorene pužne preše prikazan je na Slici 1.a, a zatvorene – pri cijeđenju ulja – na Slici 1.b.



1.a



1.b

Slika 1. Pužna preša: a – otvorena; b – zatvorena.

2.1. Postupci zaštite od trošenja

Na prikupljenim dijelovima preša provedena su ispitivanja kemijskog sastava osnovnog materijala i zaštitnog sloja, površinske (HRC) i toka tvrdoće po dubini sloja (HV1) te metalografske pretrage strukture. Rezultati ispitivanja prikazani su u Tablici 1., a složeni su prema zemlji iz koje je proizvođač preša. U istoj su tablici dati i podaci o zamjenskim rješenjima.

Zemlja proizvodnje pužne preše	Originalni dijelovi				Zamjenski dijelovi			
	Osnovni materijal	Zaštitni sloj			Osnovni materijal	Zaštitni sloj		
		vrsta	tvrd. HRC	dubina, mm **		vrsta	tvrd. HRC	dubina, mm **
Njemačka	≈ Č1330	navar Stellit	45 do 55	2 do 4	Č4320	cementiran	56 60	0,6 do 1,2
					Č1840	zakaljen i popušten	58 do 60	≈ 2
	16MnCr5 DIN17006 ≈Č4320	cementiran	56 do 59	0,6 do 1,8	Č4150	zakaljen i popušten	57 61	≈ 5
Engleska*	≈ Č1220 i Č1330	navar Stellit1	54 do 57	2 do 5	Č4320	cementiran	56 60	1,1 – 1,8
					ČL3134	poboljšan	42 47	-
					Č4150	zakaljen i popušten	56 60	≈ 5
Rusija*	20X (GOST) ≈Č4320	karbonitriran	58 do 60	≈1,8	Č4320	cementiran	58 do 60	≈1,2

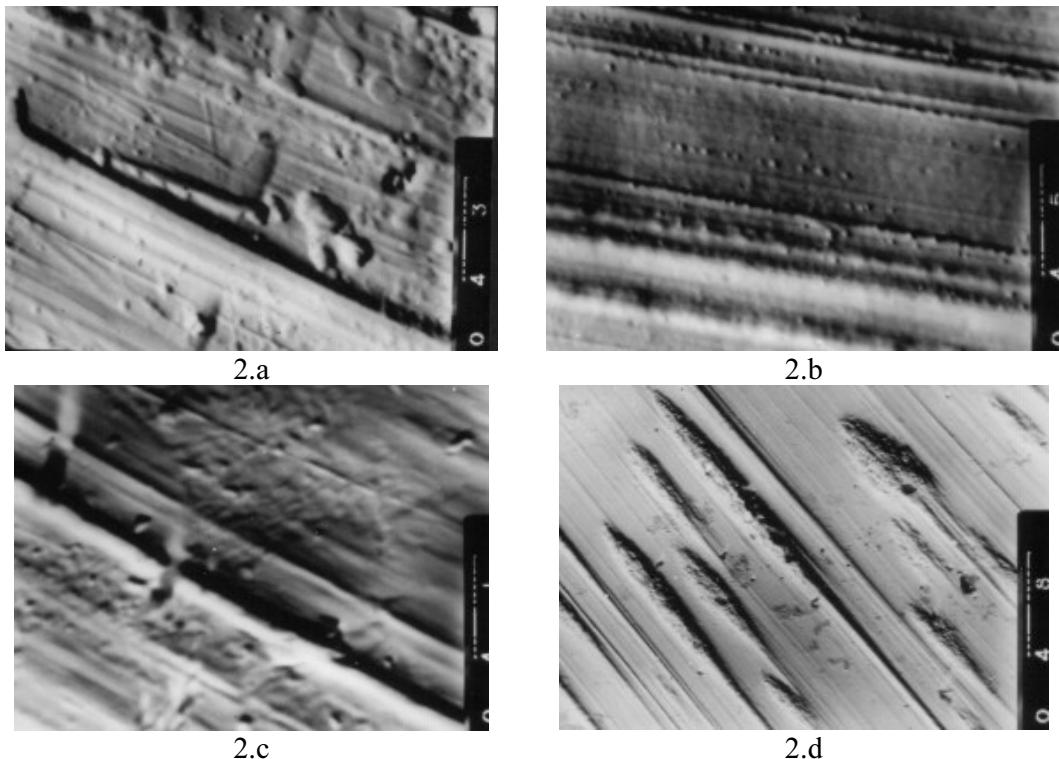
Tablica 1. Materijali i zaštitni slojevi originalnih i zamjenskih dijelova pružnih preša

* Podaci o pužnim prešama iz Engleske i Rusije odnose se na dijelove prikupljene do 1991.godine.

** Dubina sloja utvrđena je mjeranjem tvrdoće uz kriterij Edc=550HV1 [5]

2.2. Dominantni mehanizam trošenja

Na radnim dijelovima preša nakon uporabe izvršeno je snimanje tragova trošenja. Utvrđeno je da je dominantni mehanizam trošenja selektivna abrazija karakterizirana brazdama u smjeru relativnog gibanja mlivo radna površina. Kod toga se uočavaju pore i jamice na mjestu gdje su karbidi (karbonitridi) ispali iz matrice, odnosno izbočine tamo gdje ti tvrdi strukturni konstituenti strše iz okolne odnešene mekše faze (matrice). Karakteristični tragovi trošenja snimljeni scanning elektronskim mikroskopom prikazani su na Slici 2.

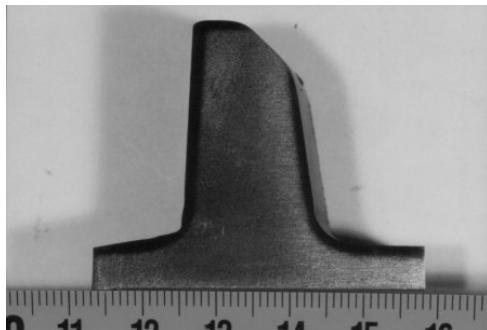


Slika 2. Karakteristični tragovi trošenja različitih zaštitnih slojeva dijelova preša nakon uporabe. SEM. TOPO. Pov. 700x.

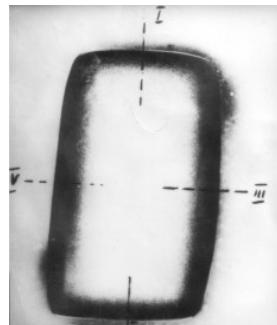
a-cementirani sloj
 b-karbonitrirani sloj
 c-navar Stellit
 d-alatni čelik za hladni rad

2.3. Dimenzionalno istrošenje dijelova preša do otkaza-zamjene

Na poprečnom presjeku uporabom istrošenih dijelova preša s cementiranim zaštitnim slojem, izvršeno je mjerjenje tvrdoće (HV1) od površine prema jezgri [6]. Utvrđeno je da su trošenju najizloženiji čeoni dijelovi vrha pužne zavojnice i bočni napadni brid cjedilne korpe, da su vrh pužne zavojnice i radna površina između bridova noža manje, a ostale radne površine gotovo neznatno potrošeni. Poprečni presjeci na kojima je vršeno mjerjenje prikazani su na Slici 3.



3.a



3.b

Slika 3. Karakteristični poprečni presjek cementiranih dijelova preša istrošenih uporabom.

Nagriženom nitalom

a - segment pužne zavojnice

b - nož cjedilne korpe

2.4. Ispitivanje vlastitih varijantnih zaštitnih slojeva

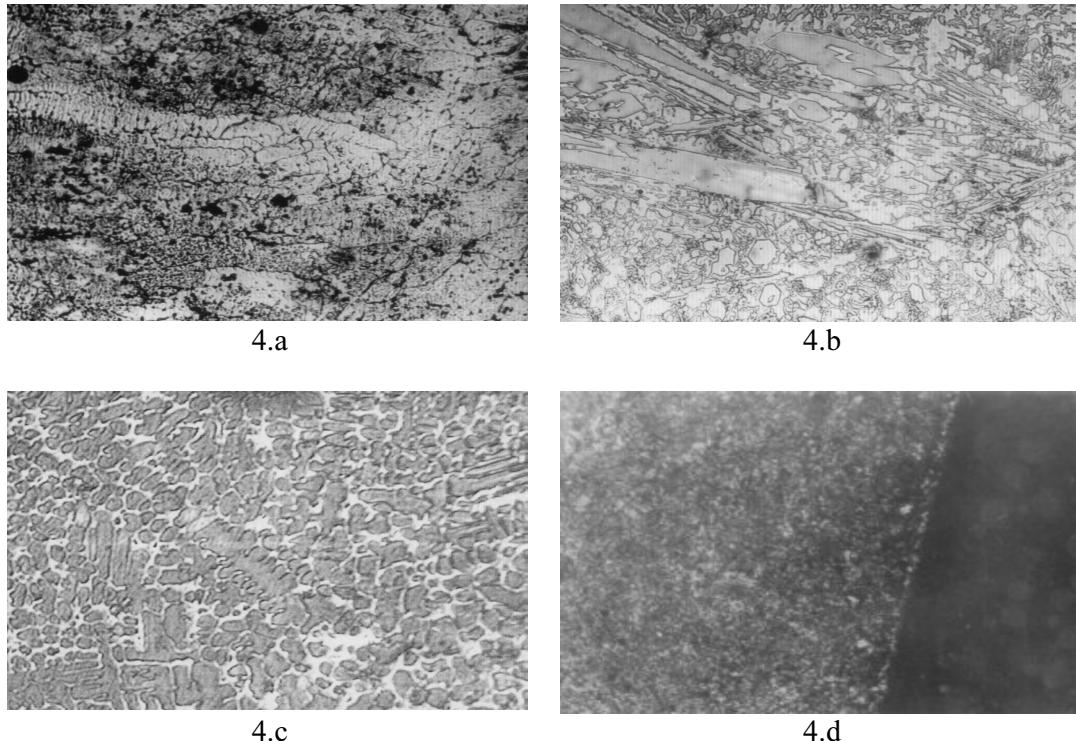
Za potrebe ispitivanja nabavljenе su tri vrste dodatnih materijala. Nabava dodatnih materijala i njihovo nanošenje na osnovni materijal ostvareno je uz pomoć firme Metal-Biro d.o.o. Dodatni materijali, različiti po kemijskom sastavu (i po cijeni) porijeklom su od istog proizvođača:

A: $\approx 80\text{kn/kg}$	$(\approx 0,6\%\text{C}; \approx 7\%\text{Cr}; \approx 0,4\%\text{Mo}),$
B: $\approx 500\text{kn/kg}$	$(\approx 2\%\text{C}; \approx 31\%\text{Cr}, \approx 11\%\text{W}; \text{ost. Co}),$
C: $\approx 680\text{kn/kg}$	$(\approx 3\%\text{C}; \approx 40\%\text{Fe}; \text{ost. W karbid}).$

Dodatni materijal je na uzorke nanošen u dva sloja, elektrodom $\varnothing 3\text{ mm}$. Uzorci su naknadno strojno obrađeni brušenjem na $\text{Ra}=80\mu\text{m}$. Ovisno o vrsti dodatnog materijala na uzorcima su postignute sljedeće prosječne površinske tvrdoće:

navar A=60 HRC; navar B=57 HRC; navar C=62 HRC.

Karakteristične mikrostrukture navarenih slojeva prikazane su na Slici 4. (a, b, c). Na istoj slici (4.d) prikazana je mikrostruktura rubne zone cementiranih noževa cjedilne korpe u vlasništvu uljare. Cementirani noževi će, kao najčešće domaće zamjensko rješenje, poslužiti kao referentni.



Slika 4. Karakteristične mikrostrukture površinskih zona zaštitnih slojeva. Povećanje 200X
 a – navar A. Nagrizanje elektrolitički
 b – navar B. Nagrizanje po Adleru
 c – navar C. Nagrizanje po Adleru
 d – cementirani sloj. Nagrizanje nitalom

Struktura navara A je martenzintno - bainitna uz izražene dendrite izdužene u smjeru odvođenja topline. Kod navara B u kobaltnoj matrici uočavaju se karbidi kroma te karbidi volframa pločastog i štapićastog oblika. Kod navara C prisutni su W-karbidi u martenzitnoj matrici. Struktura rubne zone cementiranih noževa (prosječne površinske tvrdoće 59 HRC i efektivne dubine sloja 1,5 mm) je pretežito martenzitna uz prisustvo manje količine zaostalog austenita.

U laboratorijskom simulatoru rada pužnih preša izvršeno je prethodno ispitivanje otpornosti trošenju zaštitnih slojeva na uzorcima dimenzija 25 x 50 x 10 mm. Pri tome ispitivanju utvrđeno je da najveću otpornost trošenju imaju uzorci s navarom C, a najmanju uzorci s navarom A [7]. Za potrebe ispitivanja u stvarnim uvjetima izrađeni su noževi cjedilne korpe, dimenzionalno – geometrijskih karakteristika prema tehničkoj dokumentaciji pužne preše za završno prešanje. Noževi su ugrađeni u III i IV radno polje preše na početku kampanje prerade suncokreta (prethodnim ispitivanjima [8] [9] je utvrđeno da su najintenzivnijem trošenju izloženi noževi upravo u ova dva radna polja). Od svake vrste navara u radna polja su ugrađena po tri noža – zajedno s ostalim noževima koji su u organizaciji uljare izrađeni s cementiranim zaštitnim slojem. Od tih je cementiranih noževa slučajnim izborom odabранo i obilježeno njih 6 te su po tri ugrađena odmah pored navarenih. Varijantni noževi izvađeni su iz preše nakon što su djelatnici uljare, praćenjem udjela sitnih čestica mliva u iscjeđenom ulju, procjenili da je potrebno izvršiti periodički remont preše. Masa noževa, kao i prije ugradnje,

kontrolirana je na vagi preciznosti 10^{-2} g. Rezultati izračunatog gubitka mase prikazani su u Tablici 2.

Radno polje	Srednji gubitak mase Δm , g			
	Zaštitni sloj			
	navar A	navar B	navar C	Cementirani
III	14,83	6,53	9,38	16,41
IV	17,90	8,75	12,11	18,58

Tablica 2. Gubitak mase noževa nakon rada u preši za završno prešanje

3. ANALIZA REZULTATA

Iz rezultata dobivenih snimanjem stanja originalnih – uvoznih i zamjenskih dijelova preša (Tablica 1.) uočava se slijedeće:

- originalni dijelovi preša isporučivani su najčešće sa zaštitnim slojem dobivenim nanošenjem dodatnog materijala. U slučaju ruskih preša (jedna uljara) radne površine su bile karbonitrirane, a kod njemačkih (starija rješenja) cementirane,
- debljina (zaštitnog) sloja dodatnog materijala na pužnoj zavojnici kretala se između 4 i 5 mm, a na tijelu pužnih segmenata ≈ 2 mm, kao i na gornjoj radnoj površini noževa cijedilne korpe,
- efektivna dubina karbonitriranih slojeva (prema kriteriju Edc = 550 HV1), kako na pužnim segmentima tako i na noževima cijedilne korpe ruskih preša iznosila je $\approx 1,8$ mm. Po istom kriteriju efektivna dubina cementiranih slojeva kretala se u rasponu 0,6 do 1,8 mm,
- kod zamjenskih rješenja, pored navarenih slojeva sličnih dubina kao kod originalnih dijelova, ističu se dva pristupa:
 - 1 – cementiranje na efektivnu dubinu 0,6 - 1,2 mm (ovisno o isporučiocu dijelova), i
 - 2 – kaljenje alatnog čelika za hladni rad (i naknadno propuštanje) uz dubinu prokaljenog sloja 2-3 mm.

Analizom rezultata ispitivanja otpornosti trošenju navarenih slojeva uočava se slijedeće:

- pri ispitivanju u labaratorijskom simulatoru rada pužnih preša najveću otpornost trošenju imali su navareni uzorci s W-karbidom u martenzintnoj matrici (navar C), zatim uzorci s navarenim Stellit-om 1(navar B), pa cementirani, a najmanju uzorci s Cr-Mo navarom (navar A),
- ispitivanjem na noževima cijedilne korpe pri cijeđenju ulja utvrđeno je da najveću otpornost trošenju ima navar B, zatim slijedi navar C, pa navar A, dok su se cementirani noževi najviše trošili.

Za uočene razlike u otpornosti trošenju slojeva pri ispitivanju na uzorcima u labaratorijskom simulatoru i na noževima pri uporabi u pužnim prešama može se reći da su dobrim dijelom posljedica utjecaja veličine pritiska "abraziv" – radna (ispitna) površina. U pužnim prešama za završno prešanje kontaktni pritisak u III, IV i V radnom polju doseže vrijednosti 350 – 400 bara [9] [10], a u uvjetima dinamičkog opterećenja s permanentno nadolazećim svježim mlivom (djelomično oljušten suncokret – "kondicioniran") "abrazivom" zasigurno do izražaja

dolazi utjecaj prisustva karbida tvrđih od ($\text{SiO}_2 \times n \text{H}_2\text{O}$) ali i kvaliteta njihove veze s okolnom matricom.

Debljine (dubine) površinskih slojeva treba dovesti u vezu s dimenzionalnim kriterijem istrošenja radnih dijelova preša. Trošenje pužne zavojnice rezultira povećanim ostatkom ulja u pogači, a trošenje noževa cijedilne korpe porastom udjela sitnih čestica mliva u iscjeđenom ulju. Na temelju praćenja rada pužnih preša [11] može se reći da je ta tzv."rezerva trošenja" – nakon koje prestaje funkcionalni rad preša 20 do 30 puta veća kod pužnih segmenata nego kod noževa cijedilne korpe.

4. ZAKLJUČAK

Moguće uštедe izradom i primjenom dijelova pužnih preša sa zaštitnim slojevima otpornijim trošenju ogledaju se u smanjenju indirektnih gubitaka tribonaravi . Na izbor vrste zaštitnog sloja djeluje i dimenzionalni kriterij otkaza dijelova preko tzv."rezerve trošenja" koja treba biti veća od maksimalno dopuštenog istrošenja. Pri tome nositelji otpornosti trošenju (karbidi/karbonitridi) ne samo da trebaju biti tvrđi od abraziva sadržanog u uljnom sjemenju nego moraju biti što ravnomjernije raspoređeni u čim žilavijoj matrici sposobnoj da ih zadrži (od ispadanja) u uvjetima dinamičkih opterećenja koja vladaju u pužnim prešama pri cijeđenju ulja.

5. LITERATURA

1. Singer M. Seifen-Öle-Fette-Wächse, 1976; 16: 462-463
2. Schneider F H, Khoo D. Fette-Seifen-Anstrichmittel, 1986; 9: 329-340
3. Turkulov J, Dimić E. Technical-technological characteristic of domestics sunflower hybrids, Uljarstvo 1983; 1: 19-24
4. Mašić Ž., Bogdan V., Đurđev S. Uljarstvo, 20 (1983) 49-44.
5. DIN 50190
6. Marušić V. Magistarski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 1994
7. Marušić V., Kladarić I., Rosing G. Mogućnost zamjene cementiranih slojeva navarenim otpornim na abraziju, 2. Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje "Specijalni postupci i proizvodi u tehnici zavarivanja", Slavonski Brod, 2003, 303-309.
8. Marušić V. Doktorska disertacija, FSB, 1999., Zagreb
9. Buhr N. Mechanical pressing, World Conference Proceedings Edible Fats and Oils Processing, Champaign Illinois USA 1990; CIP 1029: 43-48
10. Homann Th., Knuth M., Miksche K.D., Stern W. Fette, Anstrichm. 80 (1978) 146-149.
11. Marušić V., Volmut K., Štrucelj D. The Effect of Newly Introduced Protection Procedures of Screw Press Components on Oil Throughput Increase, 4th Croatian Congress of Food Technologists, Biotechnologists and Nutrionists, central European Meeting, Opatija, 2001, 244-253.

Napomena uz rad: Izradu uzoraka, za potrebe ispitivanja koja su prvo poslužila za završetak moje doktorske disertacije a potom bila osnov za nastavak istraživanja opisan u ovome radu, pomogli su brojni djelatnici iz "Đure Đakovića": mr.sc. Josip Bucić, Ankica Bogdanović, Franjo Čičak, Božo Despotović, Ilija Džepina, Vladimir Pecić, Drago Starčević, Jozo Šimić, Nikola Veočić, Adam Wurzberg, Stjepan Žilak...
Ovo je prigoda da im se svima od srca zahvalim.

Prof.dr.sc. Vlatko Marušić