

POVLAKOVANÁ ZÁVITOVKA VYTLAČOVACEJ LINKY KAUČUKOVÝCH ZMESÍ

Milan OLŠOVSKÝ^A, Boris BUŠÍK^A, Milan VAJČNER^B

^A *Fakulta priemyselných technológií TnUAD, I. Krasku 491/30, 020 01 Púchov
e-mail: milan.olsovsky@fpt.tnuni.sk*

^B *Continental Matador Rubber, s. r. o., T. Vansovej 1054/45, 020 01 Púchov*

ABSTRAKT

Práca sa zaoberá porovnaním dvoch závitoviek. Prvá je bez povrchovej úpravy a druhá ma na svojom povrchu povlak na báze CrN. V teoretickej časti sú spracované poznatky o rôznych typoch vytlačovacích linkách a o závitovkách používaných na vytlačovanie polymérnych zmesí. V experimentálnej časti sú hodnotené výstupne hodnoty oboch závitoviek priamo vo výrobnom procese na vytlačovacej linke Troester (Duplex – dva vytlačovacie stroje). Konkrétne sa práca zaoberá kolíkovým typom závitovky na kolíkovom vytlačovacom stroji, ktorý sa využíva na vytlačovanie profilu bočníc. V závere práce sú porovnávané výsledky výstupných hodnôt povlakovanej závitovky a závitovky bez povrchovej úpravy.

Kľúčové slová: *extrúder, vytlačovacia linka, závitovka, bočnica, kaučuk*

ABSTRACT

The work deals with comparing the two screws. The first is uncoated and the other has on its surface coating of CrN base. The theoretical part is processed knowledge of the different types of extrusion lines and screws used in the extrusion of polymer blends. In the experimental part are assessed output values both screws directly in the production process on extrusion line Troester (Duplex - two extruders). Specifically, the work deals with the pin type screw on pin extruder, which is used for extrusion profile sidewall. In conclusion, the results are compared output values of coated screw and uncoated screw.

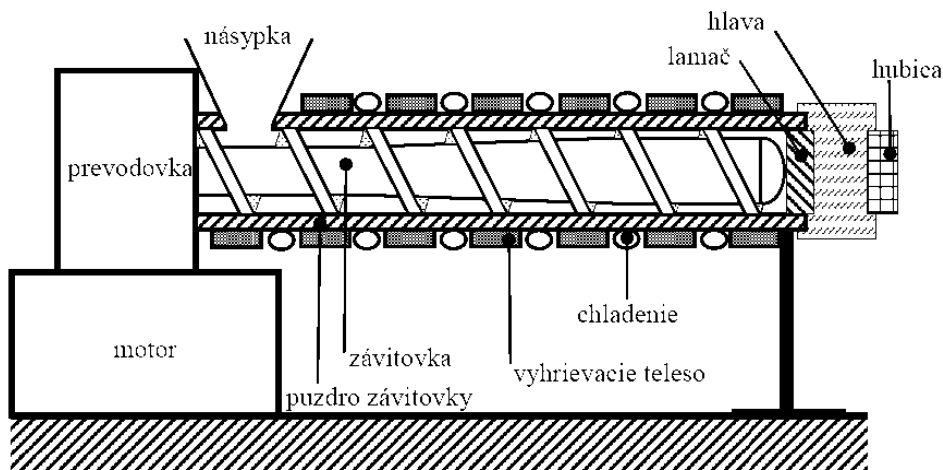
Key words: *extruder, extrusion line, screw, sidewall, rubber*

ÚVOD

Vytlačovacie stroje sú vyrábané ako laboratórne, poloprevádzkové a ťažké prevádzkové. Konštrukcia stroja je vždy masívna, chladenie je zaistené tak pre komoru ako aj pre závitovku.

Podľa typu hlavného činného prvku, ktorý je zdrojom tlaku tvarovania materiálu, rozdeľujeme vytlačacie zariadenia na piestové, závitkové a diskové. V súčasnom období najrozšírenejším typom zariadení používaných na vytlačanie polymérov sú závitkové vytlačacie stroje. Z hľadiska konštrukčného riešenia môžu byť jednozávitkové alebo viaczávitkové. Jednozávitkové stroje sa delia na obyčajné a špeciálne, resp. na pomalybežné ($v \leq 0,5$ m/s) a rýchlobežné ($v \geq 0,5$ m/s). Viaczávitkové stroje majú dve, tri alebo štyri závitovky.

Hlavné časti vytlačovacieho stroja sú rám, púzdro závitovky, závitovka s chladením, vytlačovacia hlava, prevodovka s motorom, ovládacie zariadenie s riadiacim panelom.



Obr. 1: Schéma závitkového vytlačovacieho stroja [5]

Základné parametre vytlačacieho zariadenia, ktoré významne ovplyvňujú proces spracovania sú:

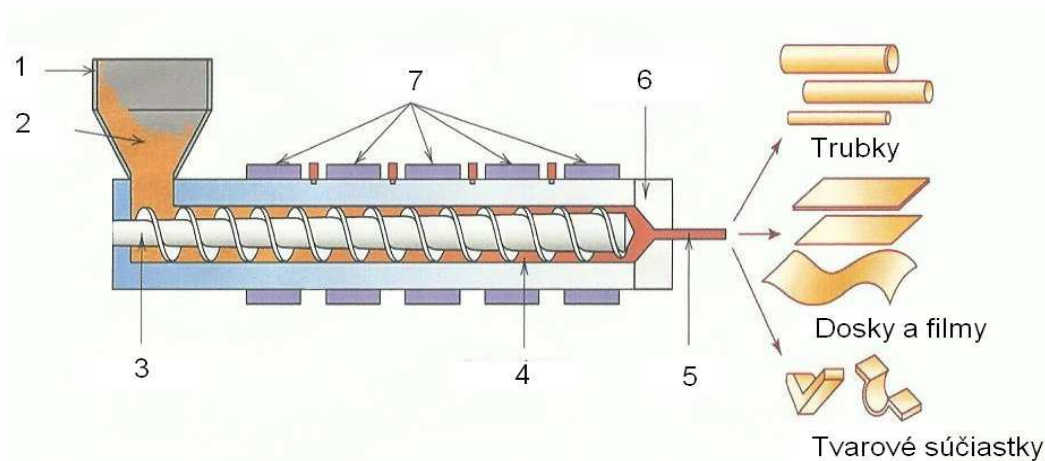
- pomer dĺžky a priemeru závitovky (L/D);
- stúpanie závitov;
- hĺbka závitov;
- kompresný pomer (pomer objemu jedného závitu na konci závitovky k objemu jedného závitu pod násypkou);
- tvar jadra závitovky (rovné jadro, jadro s plynulým stúpaním, jadro s viacstupňovým stúpaním);
- typ závitu (jednočinný, viacčinný, plynulý, prerušovaný);
- prítomnosť homogenizačných elementov na jadre (výstupky – kolíky a pod.);
- otáčky závitovky.

Podľa procesu, ktorý prebieha v závitovke možno ju rozdeliť na dávkovaciú, kompresnú a zmiešavaciú zónu. V dávkovacej zóne sa zmes dostáva cez pomocný valček medzi závit a plášť závitovky. Minimalizuje sa tým prípadné trenie medzi zmesou a stenou plniaceho komína a proces nie je prerušovaný pretŕhaním pásiku

zmesi. Veľkosť dávkovacej zóny závisí od kapacity vytlačovacieho zariadenia. Posunom materiálu dochádza následne ku kontaktu i so stenou puzdra závitovky.

Zmes sa dostáva do kompresnej zóny. Medzi zmesou a závitovkou vzniká stlačením zmesi a jej presunom trenie, ktorým sa vyvíja teplo. Toto spôsobuje zahriatie zmesi až na teplotu 100 – 110 °C, materiál začína tiecť a zmes sa dostáva do zmiešavacej zóny.

V zmiešavacej zóne vzniká počas toku zmesi v jej jednoduchých častiach rotácia. Intenzita rotácie závisí od rýchlosti rotora, výšky závitú, vzdialenosti závitov, veľkosti štrbiny. Základom rovnomerného toku po celej dĺžke závitovky je trenie medzi stenou a zmesou. Trením zmesi o stenu závitovky a jej vnútorným trením vzniká teplo. Toto je potrebné odvádzať, čo sa dosahuje účinným chladením (temperovaním). Nakoľko extrémne chladenie nie je žiadúce po celej dĺžke závitovky, je chladenie rozdelené na viac sekcií, v ktorých sú nezávisle regulované teploty povrchu steny závitovky. Rotáciou zmesi sa zvyšuje stupeň disperzie plnív a zlepšuje sa vzájomné zmiešanie polymérov.

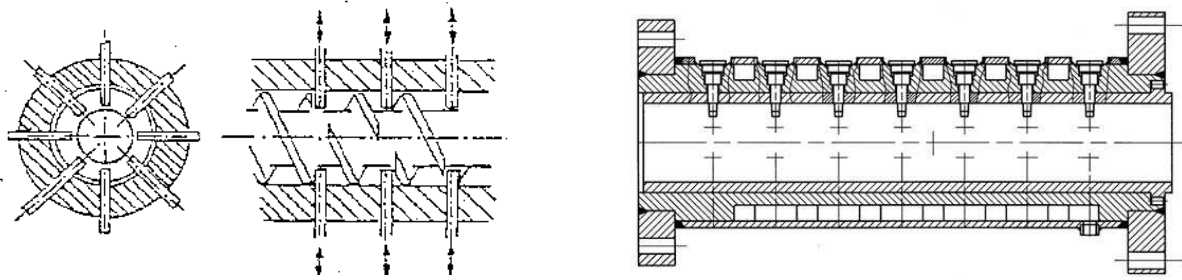


Obr. 2: Princíp práce závitovky vo vytlačovacom stroji [10]
 1 – násypka, 2 – granulát, 3 – závitovka, 4 – roztavená hmota, 5 – výtlačok, 6 – vytlačovacia hlava, 7 – výhrevné telesá

Pre vytlačovanie náročných profilov, ktoré môžu tvoriť dve, tri a viac zmesí sa používa špeciálna zostava vytlačovacích liniek (triplex, quadroplex).

Novým prístupom k riešeniu vytlačovacieho zariadenia pre rýchle studené vytlačovanie je zabudovanie kolíkov do valca závitovky. Kolíkový vytlačovací stroj spája proces vytlačovania zmesi s procesom miešania a homogenizácie plnív a polymérnych zložiek. Pri tomto spôsobe vytlačovania je kompresný pomer veľmi nízky 1,5 : 1, často blízky 1.

Počet a umiestnenie kolíkov závisí od veľkosti vytlačovacieho stroja a jeho využitia. Kolíky spôsobujú vratný a rozrušovací efekt na vytláčovanú zmes a tým ju mechanicky a tepelne homogenizujú. Pri toku viskoelastického materiálu dochádza k rozvrstveniu toku a vytváraniu trecích plôch. To spôsobuje väčšie vnútorné trenie materiálu sprevádzané adiabatickým teplom. Počet kolíkov je preto možné nastaviť už v zostavenej linke podľa špecifických požiadaviek na spracovanú zmes.



Obr. 3: Princíp kolíkového vytlačovacieho stroja

TESTOVANIE ZÁVITOVIEK

Porovnanie závitoviek sa vykonalo na vytlačovacej linke Troester duplex, extrúder vybavený VS150 a VS200 (číslo znamená priemer závitovky v mm). Linka Troester sa používa na spracovanie zmesi a vytlačovanie komponentov plášťov pneumatík, konkrétne bočnice. Povlakovaná závitovka bola testovaná priamo vo výrobe na VS150. Obidva VS používajú kolíkový typ extrúderu.

Vytlačovacie stroje VS150 a VS 200 sú zásobované „studenou“ kaučukovou zmesou (vo forme pásov) zásobovacím dopravníkom. Oba zásobovacie dopravníky sú vybavené detektormi kovu. Pri zistení kovovej častice v páse kaučukovej zmesi (ďalej materiál) je nutné túto časť materiálu vyrezať.

Zmes je vytlačovaná cez vytlačovaciu hlavu. Z hornej vytlačovacej hlavy (VS150) aj z dolnej vytlačovacej hlavy (VS200) je zmes vytlačovaná cez predšablónu. Za predšablónou je umiestnená šablóna, ktorá dáva zmesi potrebný profil bočnice. Šablóna obsahuje dva profily bočnic čiže paralelne sa vytlačujú dve bočnice. Zmesi prechádzajúce cez predšablónu sú potom vytlačované cez šablónu kde sa spájajú do jedného celku.

Po vytlačení profilov bočnic cez šablónu prechádzajú radom pásových a valčekových dopravníkov. Nasleduje meranie rozmerov bočnic externým meracím zariadením, chladenie bočnic na teplotu 23 °C, perforovanie a nakoniec profily bočnic idú do navíjacích staníc, kde sa navíjajú do zábalu alebo cievky.

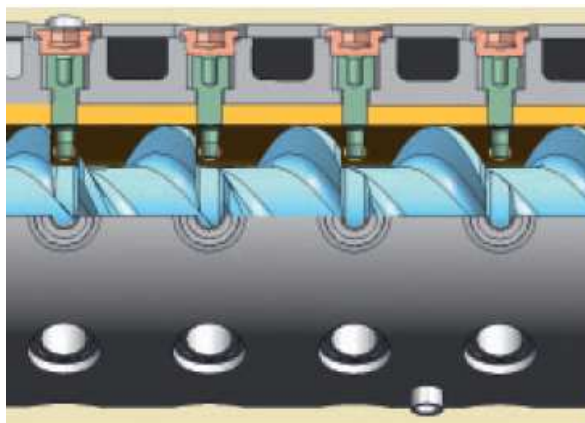
Po každej zmene zmesi vo vytlačovacom stroji, je nutné vyčistiť vnútro púzdra a závitovku od pôvodnej zmesi. Používa sa na to butadiénový kaučuk (typ BUNA). BUNA sa dávkuje do extrúdera a nechá sa prejsť výrobný proces vytlačovania. Keďže má BUNA bledú farbu znak dostatočného vyčistenia je jej zachovanie pôvodnej farby, ktorá je vytlačovaná z vytlačovacej hlavy bez znečistenia pôvodnej zmesi používanej na vytlačovanie bočnice.

SPRACOVANIE ZMESI

Zmes sa spracúva v kolíkovom extrúdere, ktorý sa používa na vytlačovanie jadier (jeden kolíkový extrúder), bočnic (duplex – dva kolíkové extrúdere), behúňov (triplex, quadroplex – tri alebo štyri kolíkové extrúdere).

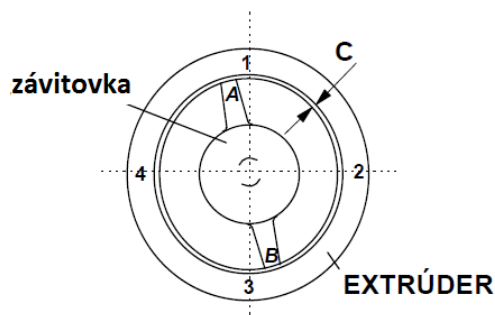
Behúne sa vytlačujú na troch až štyroch vytlačovacích strojoch (Triplex, Quadroplex) pretože sú zložené z troch alebo štyroch rôznych zmesí. Bočnice na dvoch vytlačovacích strojoch (Duplex) pretože sú zložené z dvoch rôznych zmesí.

Niektoré zmesi majú tendenciu nedostatočnej homogenizácie (rôzne zloženie chemikálií a iných prísad). Z tohto dôvodu sa na dokonalejšie premiešanie vkladajú do extrúdera kolíky (obr. 4). Je nutné dbať na to aby kolíkov nebolo zbytočne veľa. Pri vysokom počte kolíkov dochádza k napaľovaniu zmesi a k tvoreniu nepoužiteľného rework-u (znehodnotená zmes, ktorá sa nedá opätovne zapracovať do procesu vytlačovania).



Obr. 4: Detail kolíkov v extrúderi

Na meranie vzdialenosti medzi púzdom a závitom závitovky (vôle) extrúderu sa použili meracie prístroje tzv. „špáromiery“. Názorne je merané miesto uvedené na obr. 5 a namerané hodnoty v tab. 1 a 2.



Obr. 5: Meranie vôle

Tab. 1: Namerané hodnoty vzdialenosti extrúderu VS150

	merací bod	C (mm)	merací bod	C (mm)	vôľa A + B (mm)
1	A1	0,31	B3	0	0,31
2	A2	0,31	B4	0	0,31
3	A3	0	B1	0,31	0,31
4	A4	0	B2	0,28	0,28

Tab. 2: Namerané hodnoty vzdialenosti extrúderu VS200

	merací bod	C (mm)	merací bod	C (mm)	vôľa A + B (mm)
1	A1	0,18	B3	0	0,18
2	A2	0,12	B4	0	0,12
3	A3	0	B1	0,12	0,12
4	A4	0	B2	0,12	0,12

Tolerancia pre priemer závitovky 150 mm je 1,8 mm. Tolerancia pre priemer závitovky 200 mm je 2,4 mm. V súčasnosti sa používa kolíková závitovka priemerom 150 mm a dĺžkou 18D. Závitovka bola vyrobená vo firme Konštrukta Industry, a. s. Trenčín, ktorá sa zaoberá výskumom, vývojom, výrobou a dodávkami technologických zariadení pre gumárenský priemysel. Avšak pre zachovanie know-how firmy nemôžeme použiť materiál týkajúci sa výroby tejto závitovky.

ZÁVITOVKA BEZ POVRCHOVEJ ÚPRAVY

Na vytlačovacej linke Troester sa vytláčajú hlavne bočnice. Závitovka bez povrchovej úpravy vydržala v prevádzke vytlačovania kaučukových zmesí 8 – 10 mesiacov. Hlavnými faktormi vplývajúce na výrobu profilov bočníc sú:

- zmena rozmeru (výmena predšablóny a šablóny);
- profil bočnice;
- typ zmesi (používajú sa 3 typy zmesí);
- odpad pri nábehu a ukončení rozmeru (rework);
- nedostatok materiálu (zábalov, kaziet, cievok, zmesi, ...);
- porucha (elektrická, strojná, MART);
- skúšky na vytlačovacej linke;
- plánovanie TPM (totálne produktívna údržba).

Tab. 3: Maximálna rýchlosť vytlačovania vzhľadom na šírku bočnice

šírka bočnice (mm)	max. rýchlosť vytlačovania (bm.min ⁻¹)	počet vytlačených bm	
		za 7,5 h	za 1 deň
do 169	33	10 000	30 000
170 - 190	25	8 500	25 500
191 – 210	17	5 000	15 000
nad 210	13	3 500	10 500

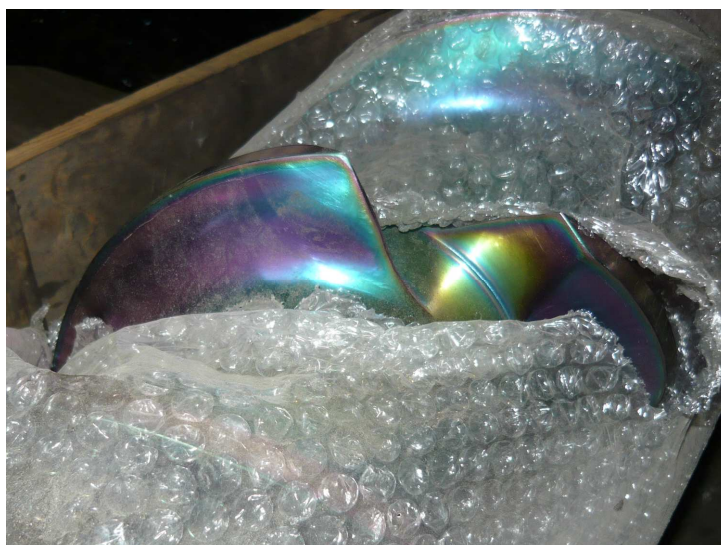
ZÁVITOVKA S POVLAKOM

Závitovka s povrchovou úpravou vydržala v procese vytlačovania kaučukových zmesí 12 – 15 mesiacov. Povlak závitovky sa robil vo firme BOCO MACHINES, s. r. o. Pardubice. Firma sa zaoberá výrobou a renováciou nitrídaných a pancierovaných závitoviek, komôr a ostatných komponentov pre plastikárske, gumárenské a potravinárske jednozávitovkové a dvojzávitovkové extrúder, vstrekolisy a vyfukovacie stroje.

Povlak bol nanesený technológiou PVD povlakovania na báze CrN. PVD procesy prebiehajú vo vysokom vákuu za teplôt 150 – 500 °C. Hrúbka povlaku bola 5 – 8 µm.

Vysoko čistý, pevný materiál povlaku (kovy ako titan, chróm, hliník) sa uvoľňuje (odparuje) teplom alebo sa rozprašuje ostreľovaním iónmi (naprašovanie). Súčasne sa privádza reaktívny plyn (napríklad dusík, plyn obsahujúci uhlík), ktorý sa zlučuje s parami kovu a zráža sa na nástrojoch prípadne súčiastkach ako tenká, pevne priľnutá vrstva. Aby bolo dosiahnuté všade jednotnej hrúbky vrstvy, musia sa diely počas procesu povlakovania rovnomerne otáčať okolo niekoľkých osí.

Vlastnosti povlaku (ako tvrdosť, štruktúra, chemická a tepelná odolnosť, priľnavosť) možno cielene ovplyvňovať.

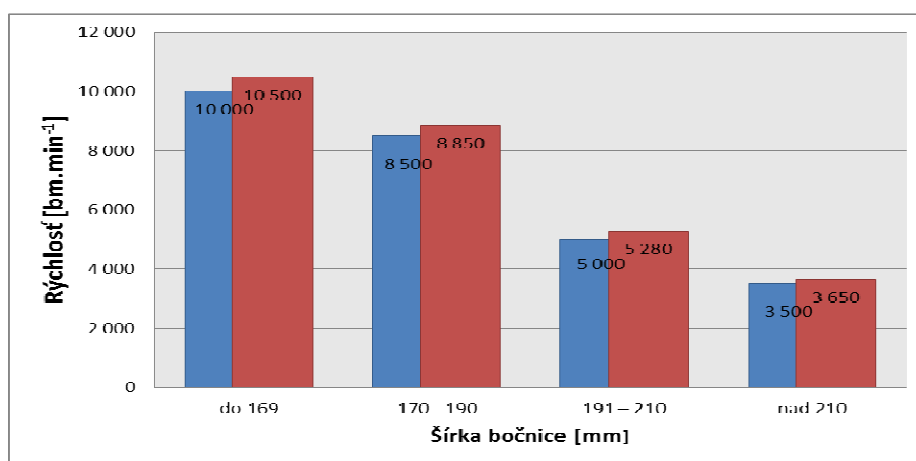


Obr. 6: Povlakovaná závitovka VS150

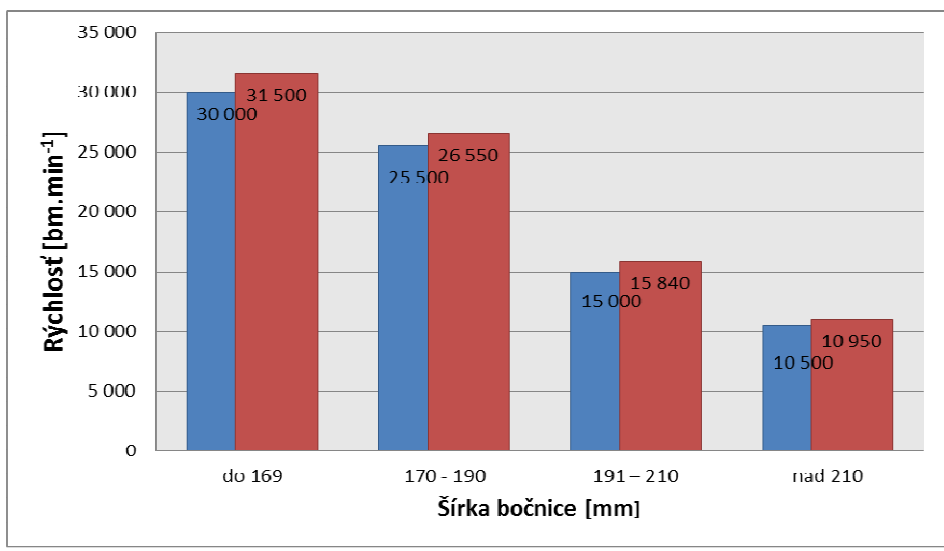
Tab. 4: Počet vytlačených bm s povlakovanou závitovkou

šírka bočnice (mm)	počet vytlačených bm	
	za 7,5 h	za 1 deň
do 169	10 500	31 500
170 - 190	8 850	26 550
191 – 210	5 280	15 840
nad 210	3650	10 950

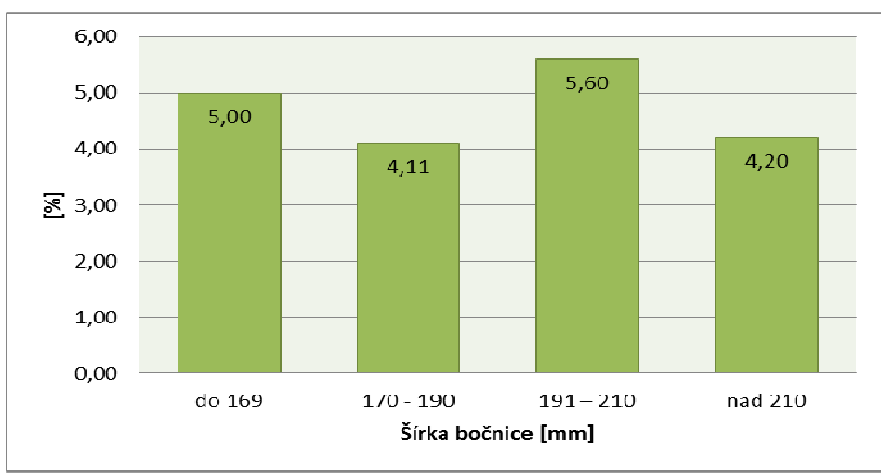
POROVNANIE VÝSLEDKOV ZÁVITOVIEK S A BEZ POVRCHOVEJ ÚPRAVY



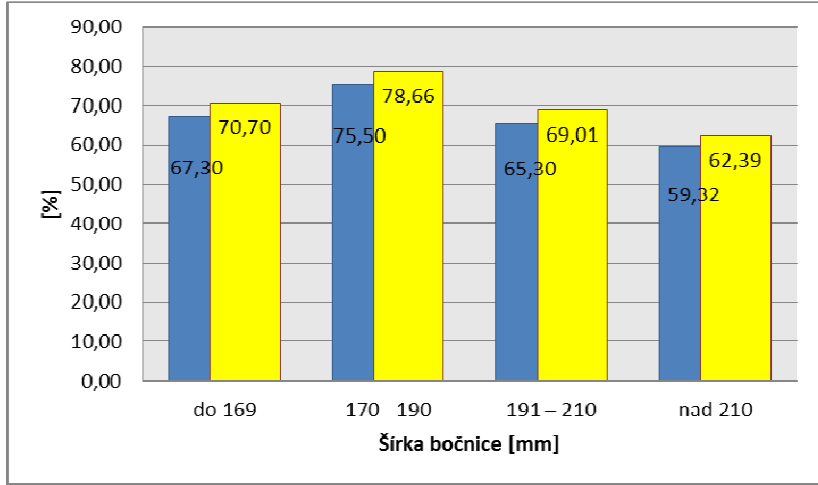
Obr. 7: Počet vytlačených bm za jednu pracovnú zmenu (7,5 h)
 ■ - povlakovaná závitovka; ■ - závitovka bez povrchovej úprav



Obr. 8: Celkový počet vytlačených bm za 1 deň
 ■ - povlakovaná závitovka; ■ - závitovka bez povrchovej úprav



Obr. 9: Percentuálny nárast vytlačených bm povlakovanou závitovkou



Obr. 10: Percentuálne využitie výtlačovacieho stroja vzhľadom k max. rýchlosti výtlačovania
 ■ - povlakovaná závitovka; ■ - závitovka bez povrchovej úprav

Z grafov na obrázkoch 7 - 10 je názorne vidieť, že výmenou závitovky za závitovku s povlakom sa zvýšia všetky kvantitatívne ukazovatele výroby bočníc. Okrem toho sa predĺžila životnosť závitovky z pôvodných 8 – 10 na 12 – 15 mesiacov. Všetky tieto ukazovatele majú hlavne ekonomický prínos a zvyšujú produktivitu práce. Na druhej strane si treba uvedomiť, že každá dodatočná úprava zariadenia (v našom prípade povlakovanie závitovky) tiež zvyšuje obstarávacie náklady stroja a premieta sa do ceny konečného produktu.

Z technologického hľadiska, ale môžeme jednoznačne preukázať, že povlakovanie (povrchová úprava) závitovky má význam, zvyšuje sa životnosť závitovky a aj jej výkon.

ZÁVER

Experimentálnymi meraniami sme potvrdili, že úprava povrchu nástroja, teda nanosenie povlaku z kvalitnejšieho materiálu predĺži životnosť materiálu. Tým, že povrch závitovky je pokrytý špeciálnym povlakom zvýši sa jeho odolnosť voči opotrebeniu, abrázii, korózii, oxidácii a rôznym druhom chemického opotrebenia. Z nameraných hodnôt testovaných závitoviek vyplýva, že použitie povlaku na závitovke možno zvýšiť aj výstupné hodnoty celého zariadenia čo je pre výrobnú firmu veľké pozitívum.

Avšak výstupné výkony neboli až tak vysoké aby toto bola cesta ktorou sa treba hlavne uberať. Druhé také riešenie by bolo vymeniť VS150 za väčší a to VS200 čím by sa dosiahol želaný efekt, kde by nebola nutná špeciálna technológia na úpravu povrchu závitovky.

LITERATÚRA

1. PREKOP, Š. a kol.: *Gumárska technológia I*. Žilina: EDIS, 1998. 279 s. ISBN 80-7100-483-9.
2. OLŠOVSKÝ, M. – VAJDOVÁ, J. – STRAPKO, M.: *Gumárenské výrobky a výroby*. Trenčín: TnUAD, 2004. 120 s. ISBN 80-8075-028-9.
3. ŠPIRK, E.: *Spracovanie polymérov*. Bratislava: SVŠT, 1982. 248 s.
4. *Vytlačování* [online]. 96 s. [cit. 2012. 06. 2.]. Dostupné na internete: http://web.ft.utb.cz/cs/docs/3._Vytla__ov__n__.pdf.
5. Konštrukta-Industry: *Manufacturing equipment for tyre industry* [online]. 2008. 20 s. Dostupné na internete: http://www.kotaind.sk/sk/pdf/inner_liner_production.pdf.
6. *Gumárenská technologie* (interný učebný test) Otrokovice: Barum Continental, 100 s., 2008.
7. MALÁČ, J.: *Gumárenská technologie – 8. Inženýrství*. Dostupné na internete: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/inzenyrstvi.pdf>.
8. PEKAŘ, V.: *Výpočet průmyslového potrubí a nádob z plastů*. In: Chemagazín 2012. Roč. XXII, č. 1, s. 20 – 23. ISSN 1210-7409.
9. TOMIS, F.: *Přehled publikovaných společných gumárenských problémů a jejich řešení*. In: Gumárenské listy 2008. Roč. 12, č. 2, s.18 – 22. ISSN1212-9704.
10. ALEXY, P.: *Procesy spracovania polymérov*. Bratislava: STU, 2011. ISBN 978-80-227-3470-7.
11. ŠPIRK, E.: *Reológia polymérnych systémov. Základné pojmy a zákonitosti toku*. (učebný text). Púchov: FPT TnUAD, 2004.
12. KUTA, A.: *Technologie a zařízení pro zpracovávání kaučuků a plastů*. Praha: VŠCHT Praha. 2007. 203 s. ISBN 978-80-7080-367-7.