

## HODNOTENIE PÚZDIER VYTVORENÝCH METÓDOU FLOWDRILL EVALUATION OF BUSHES MADE BY FLOWDRILL METHOD

**Ing. Lýdia Sobotová, PhD.**

Katedra technológií a materiálov  
Strojnícka fakulta  
Technická univerzita v Košiciach  
Slovenská republika  
e- mail:Lydia.Sobotova@tuke.sk

### Abstract

The contribution deals with joining of materials, with using of new joining technologies by Flowdrill method. This method is using at joining of materials such as sheets, pipes, hollow profiles, etc. We can compare this technology with production of smooth cylindrical and conical bushings, and threads in thin materials with classical technologies.

This paper was made with cooperation with firm Commerc Service spol.s.r.o.Prešov.

**Key words:** Flowdrill method, thermal drilling, material, cylindrical and conical bushings, threads

### Úvod

Dôležitým a preferovaným trendom v technológií spájania materiálov v ostatných rokoch je dosiahnutie čo najjednoduchšieho spojenia dvoch alebo viacerých materiálov. Spoj musí odolávať stále väčším zaťaženiám a to v najrozličnejších podmienkach.

Príspevok sa zaoberá prípravou materiálov metódou termálneho vrtania Flowdrill, ich skúmaním a vytvorením následného mechanického spoja a vznikol na základe spolupráce s firmou Commerc Service spol. s.r.o. Prešov.

### Spájanie materiálov

Súčasnými technologickými metódami je možné spojiť materiály rovnakého druhu, ale aj rôzne druhy materiálov. V strojárskych praxi je veľmi dôležité zvládnuť spájanie plechov, pretože sú progresívne a sú veľmi často využívané. Ich uplatnenie je všeobecné, dôležitá je však technológia výroby. Z hľadiska rozoberateľnosti sa spoje rozdeľujú na rozoberateľné a nerozoberateľné.

Z technologického hľadiska spoje materiálov rozdeľujeme podľa spôsobu ich výroby:

- vytvarovaním spojovaných častí – tvarové spoje,
- nasmerovaním pôsobiacich síl na spájané časti – silové spoje,
- za použitia spojovacej hmoty (napr. lepenie),
- spájanie pomocou liatia,
- za použitia pevného spojovacieho prvku, prídavného materiálu (napr. nit).

V strojárskych praxi sa často stretáme so spájaním materiálov rozoberateľnými spojmi. Existujú rôzne alternatívy výroby otvorov so závitmi pre mechanické spájanie skrutkami ako:

- Rezanie závitov priamo do materiálu,
- Preťahovanie otvorov a následné tvárnenie závitov,
- Preťahovanie otvorov a následné rezanie závitov,
- Privarenie matice na základný materiál plech,
- Použitie nitovacej matice na spájanie dvoch plechov.

K najnovším metódam technológie spájania materiálov patrí technológia termálneho vrtania metódou Flowdrill, ktorú môžeme porovnať s technológiou tvárnenia a to technológiou preťahovania otvorov a následným tvárnením závitov za studena.

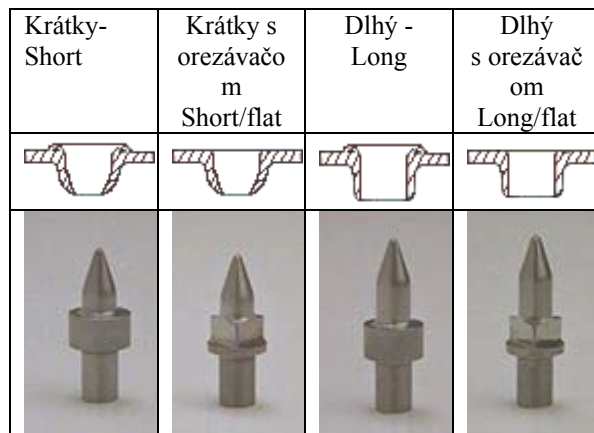
Preťahovanie otvorov môžeme definovať ako zväčšovanie vystrihnutého otvoru za súčasného vytvárania kolmej valcovej plochy. Pri preťahovaní otvorov dochádza ku zložitej plastickej deformácii. Avšak na takto vyrobené puzdro potrebujeme väčší počet operácií, čo je zároveň ekonomicky nákladnejšie. [1]

Termálne vrtanie Flowdrill spočíva v možnosti výroby hladkých valcových resp. kuželových puzdirov a závitov v tenkostenných materiáloch, ako sú plechy, duté profily a rúrky. Znalosť tejto technológie v čase odľahčených konštrukcií a nových technológií znamená výrazný pokrok v produktivite a technickej prepracovanosti. Vplyv na kvalitu otvoru má predovšetkým výkon stroja a jeho technický stav, počet otáčok, axiálna sila, vhodný nástroj a použitie mazacej pasty.

Rotujúci vrtací trň je zodpovedajúcim tlakom pritlačený axiálnou silou na konštrukčnú súčiastku, tým vzniká veľké trecie teplo a spracovávaný materiál sa stáva mäkkým, plastickým. Teplota nástroja je v rozsahu 650 – 750 °C a materiálu súčiastky okolo 600 °C. Popri vrtacom trni je malé množstvo materiálu vytlačané smerom hore, ale väčšia časť materiálu stečie v smere posuvu a vytvorí puzdro. Celková dĺžka vytlačeneho materiálu môže byť až trojnásobok pôvodnej hrúbky súčiastky. Konečný tvar a veľkosť otvoru je závislý od priemeru a od kuželového tvaru nástroja. Materiál, ktorý tečie späť (hore) smerom k nástroju môže byť formovaný do „goliera“, alebo odrezaný zároveň s povrchom súčiastky. V tab.1 sú znázornené jednotlivé typy puzdirov a k nim prislúchajúce nástroje.

Tab.1. Tvar puzdier a prislúchajúce nástroje termálneho vrtania Flowdrill [4]

Tab. 1. Shape of bushing and tools for thermal drilling Flowdrill [4]



Po vytvorení otvoru a puzdra je možné vyrobiť závit konvenčným spôsobom (rezaním) alebo prednostne tvárnením za studena pomocou tvárniaceho závitníka. Pracovná teplota oveľa nižšia a oproti rezaniu závitov tu nevznikajú triesky. Môžeme vytvoriť dostatočne veľký závit na to, aby vydržal zaťažujúce sily a lepšie odolával statickým aj dynamickým zaťaženiám. Tvárnenie závitov je vďaka tvaru uzatvoreného polygónu presnejšie a stabilnejšie ako pri rezaní, kde nestabilitu spôsobujú drážky vrtáka. Vlastnosti materiálu plechu sa vplyvom pôsobenia tlaku tvárnika Flowdrill menia, stávajú sa tvárnymi a vzniká požadovaný profil. [3]

Na obr.1 je znázornené puzdro so skrutkou ako rozoberateľný spoj.



Obr.1 Detail termálneho vrtania- rozoberateľný spoj [4]  
Fig.1 Detail of thermal drilling-demountable joining [4]

### Metodika experimentu

Experimentálny výskum bol zameraný na overenie vhodnosti technológie termálneho vrtania Flowdrill pre rôzne materiály, na vyhodnotenie kvality

vyrobených otvorov, puzdier a závitov pri rôznych technologických podmienkach a na pozorovania makro a mikroštruktúry daných materiálov. Experimenty boli vykonané na TU v Košiciach, SĽF, KTaM a vo firme Commerc Service spol.s.r.o. Prešov.

Pre experimentálne účely boli navrhnuté tri druhy materiálov:

- Vzorka č.1 – Hliník, AlMgSi, STN 42 4401, Jackel 30 x 30 x 2 mm
- Vzorka č.2 – Meď, STN 42 3001, U profil hrúbky 2 mm,
- Vzorka č.3 – Oceľ, S2356JR, STN 11 373, Jackel 30 x 30 x 2 mm

Chemické zloženie materiálov je uvedené v tab. 2 , tab.3 a tab.4.

Tab. 2. Chemické zloženie materiálu 1 - AlMgSi, STN 42 4401

Tab. 2 Chemical structure of material 1 - AlMgSi, STN 42 4401

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Ostat.
0,58	0,18	0,10	0,12	0,53	max	max	max	max
-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,63	0,22	0,20	0,20	0,58	0,02	0,02	0,08	0,1 %
%	%	%	%	%	%	%	%	%

Tab 3. Meď 99,9 E Cu ,STN 42 3001

Tab. 3 Copper 99,9 E Cu ,STN 42 3001

O	Pb	Ag
0,06	0,05	

Tab 4. Oceľ STN 41 1373

Tab. 4 Steel STN 41 1373

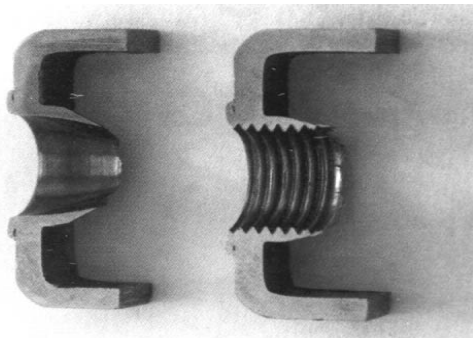
C	P	S
0,22	0,05	0,05

K výrobe otvorov bol použitý vrták Flowdrill Short priemeru 8 mm a vrták Flowdrill Short Flat priemeru 8 mm s frézou. Pri experimente sa použili dva druhy mazív, doporučené výrobcom, aby nedošlo k poškodeniu nástrojov.

Pre termálne vrtanie sa použila pasta pre termálne vrtanie typ FTMS a pre vytvorenie závitov valcovaním sa použil olej s označením FDKS.

Použitím týchto vrtákov vznikol kužeľový otvor, ktorý sa následným tvárnením závitov menil na cylindrický. Pri termálnom vrtaní vznikol nákrúžok, ktorý bol nevyhnutnou súčasťou procesu. Pri použití vrtáku Flowdrill priemeru 8 mm Short/Flat s frézou môže byť

nákrúžok následne odfrézovaný. Na tvárnenie závitú sa použil tvárniaci závitník priemeru 8 mm. Prierez závitú je zobrazený na obr.2.

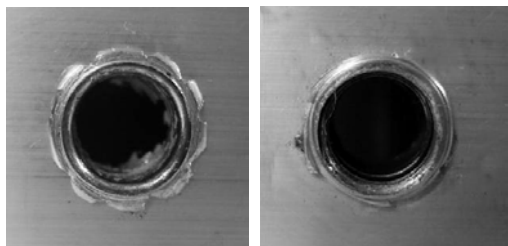


Obr. 2 Prierez puzdra bez závitú a so závitú  
Fig. 2 Cross section of bushing without thread and with thread

Cieľom experimentov bolo overiť správanie sa materiálu pri rôznych technologických podmienkach-otáčkach vrtáku Flowdrill a ich vplyv na kvalitu puzdra a nákrúžku..

Vybrané puzdra boli následne rozrezané a vyhodnotila sa kvalita vzniknutého puzdra, prípadne závitú.

Na obr. 3 je znázornený nákrúžok zo vzorky č.1, zliatiny hliníka, pri technologických otáčkach 1470 ot/min. Kvalita okrajov je nevyhovujúca, okraje sú necelistvé, prerušované.. Na obr. 4 je znázornený nákrúžok z tej istej skúšobnej vzorky pri otáčkach 3520 ot/min. Okraje sú kvalitnejšie, celistvejšie. Tepelne ovplyvnená oblasť bola nebadateľná.. Na obr.5 A je odstránený nákrúžok nástrojom s orezávaním (Short/ Flat ) pri otáčkach 2530 ot/min.



Obr.3 Al, 1470 ot/min Obr.4 Al, 3520ot/min  
Fig.3 Al ,1470 sp/min Fig.4 Al, 3520sp/min.

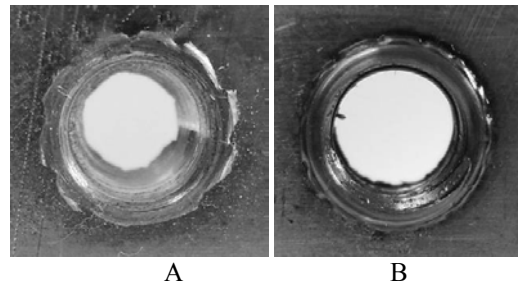


Obr.5 Orezaný nákrúžok – material Al  
Fig.5 Cut collar – material Al

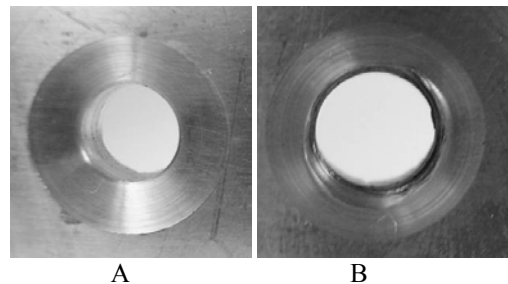
Na obr.6 sú znázornené nákrúžky vytvorené termálnym vrtaním do vzorky č.2, medi, pri otáčkach 1470 ot/min a 3520 ot/min. Pri nižších otáčkach je okraj necelistvý, pretrhaný.

Na obr. 6 B je puzdro so závitú. Tepelne ovplyvnená oblasť bola v okolí nákrúžku asi 3 mm.

Na obr. 7 je odstránený nákrúžok nástrojom Short-Flat pri otáčkach 2530 ot/min.

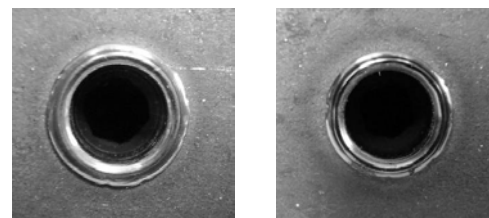


Obr.6 A-1470 ot/min, B-puzdro so závitú  
Fig. 6 A-1470 sp/min, B-bushing with thread



Obr.7A-Odstránený nákrúžok, B-puzdro so závitú  
Fig.7 A- Cut collar, B- bushing with collar

Na obr.8 je pohľad na nákrúžok zo vzorky č.3, ocele, pri otáčkach 1470 ot/min. Nákrúžok je kvalitný, bez viditeľného porušenia. Tepelne ovplyvnená oblasť v okolí nákrúžku bola 2mm. Pri otáčkach 3 420 ot/ min (obr.9), bola tepelne ovplyvnená oblasť v okolí nákrúžku asi 5 mm. (obr.10).



Obr.8 Ocel -1470 ot/min Obr.9 Ocel'-3420 ot/min  
Fig. 8 Steel -1470 sp/min Fig.9 Steel- 3420 sp/min

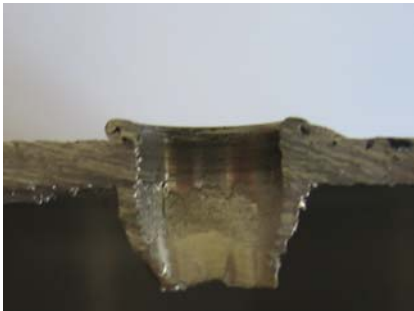


Obr.10 Závit- oceľ- 2490 ot/min  
Fig.10 Thread - steel – 2490 sp/min

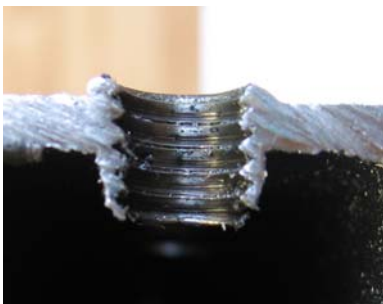
Po rozrezaní jednotlivých otvorov sa vyhodnotila kvalita vzniknutých puzdier. Na obr. 11 až 16 sú znázornené rezy jednotlivých puzdier bez závitom a so závitom.

Najkvalitnejší závit sa vytvoril pri vzorke č.3, z ocele, obr. 12. Dĺžka puzdra so závitom bola 7,2 mm.

Pri závite zo vzorky č.1, hliníka, obr. 15, bol závit nekvalitný, na konci nerovnomerne ukončený, natrhnutý. Dĺžka vzniknutého puzdra bola 7,6 mm. Dĺžka puzdra zo vzorky č. 2, medi bola 7,3 mm.



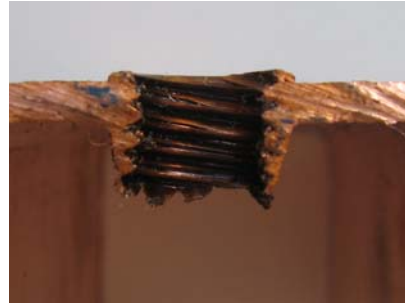
Obr.11 Oceľové puzdro , 2490 ot/min  
Fig. 11 Steel bushing , 2490 sp/min



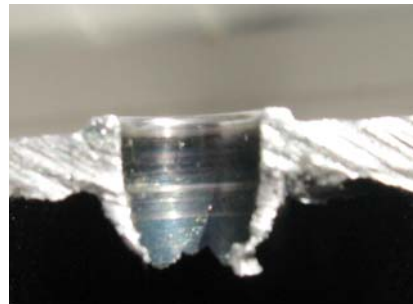
Obr. 12 Vyvalcovaný závit , oceľ  
Fig. 12 Roll thread, steel



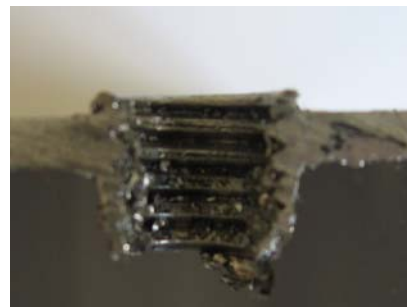
Obr.13 Medené puzdro , 2490 ot/min  
Fig. 13 Copper busher , 2490 sp/min



Obr. 14 Vyvalcovaný závit, meď  
Fig.14 Roll thread, copper



Obr.15 Hlinikové puzdro, 2490 ot/min  
Fig. 15 Aluminium busher, 2490 sp/min



Obr. 16 Vyvalcovaný závit. Hliník  
Fig. 16 Roll thread, aluminium

Metalografickým výbrusom sa ohodnotila kvalita nákrúžkov z jednotlivých materiálov. Na obr 17 je znázornený detail metalografického výbrusu nákrúžku skúšaného materiálu z medi.



Obr.17 Detail nákrúžku z medi  
Fig.17 Detail of copper collar

## Záver

Na základe experimentov môžeme konštatovať, že predstavená technológia termálneho vrtania Flowdrill len potvrdila súčasný trend hľadania relatívne cenovo nenáročných a vysokoproduktívnych technológií.

Analýzou technologických podmienok sa zistilo:

- Podstatný vplyv na kvalitu vytvoreného puzdra mali skúšaný materiál a otáčky stroja. Pri nižších otáčkach termálnych vrtákov boli menej kvalitné nákrúžky, zatečenie materiálu do puzdra nebolo dostatočné.
- Porovnaním dĺžky puzdiel skúšaných materiálov sa zistilo, že vytvorené puzdra z ocelí mali menšiu dĺžku ako z hliníka alebo z medi, čo je spôsobené vyššou pevnosťou ocele.
- Vytvorením puzdra sa vytvorila oblasť pre vyvalcovanie závitov s väčším počtom stúpaní závitov, čo zaručí pri mechanickom spájaní dvoch materiálov pevnejší spoj.
- Vyvalcovaním závitov sa prebytočný materiál nestratil, upechoval sa, vlákna závitov sa neprerušili, čím kvalita závitov stúpla oproti závitom rezaným.

S technológiou termálneho vrtania Flowdrill sa najčastejšie stretávame v automobilovom, teplárenskom priemysle (potrubné, vodárenské, plynárenské, vykurovacie systémy), v nábytkárskom priemysle, pri výrobe kovového nábytku a osvetľovacej techniky a v iných oblastiach priemyslu.

Jednoduchosť obsluhy a dostupnosť vybavenia, ako aj ďalšie výhody predurčujú túto technológiu nielen k využitiu vo veľkých výrobných podnikoch (hromadná výroba), ale aj v menších strojárskych subdodávateľských firmách vyrábajúcich výrobky v malých a stredných sériách.

## Literatúra

[1] HRIVŇÁK, A., EVIN, E., SPIŠÁK, E.: Technológia plošného tvárnenia. Bratislava: ALFA, 1990. 255 s. ISBN 80 – 05 – 00439

[2] PALO, M.: Termálne vrtanie Flowdrill, In.: Nové technológie a postupy v automobilovom priemysle, február 2001, Bratislava, 2001, s.49- 52

[3] PALO, M.: Experimentálne posúdenie technológie Flowdrill v rôznych druhoch hliníka: Výrobné inžinierstvo - Manufacturing engineering, roč. 3, č. 2 (2004), s. 59 - 61

[4] [www.flowdrill.nl](http://www.flowdrill.nl)

**Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantového vedeckého projektu VEGA č. 1/2202/05.**