

## MODERNÍ NÁSTROJE PRO VYSTRUŽOVÁNÍ

Fiala Stanislav, Kouřil Karel, HAM-FINAL s.r.o. Vlárská 22, 627 00 Brno, ham-final@ham-final.cz

**Význam řezných nástrojů a přípravků, jejich potřeba a rozsah použití jsou obecně známé a uznávané. Základem úspěšnosti výrobců řezných nástrojů je schopnost využít všech nových technických poznatků a v souladu s potřebami uživatelů v relativně krátké době připravit konkrétní nástroj a ve vhodném sortimentu jej uvést na trh.**

→ Klíčová slova: vystružování, cermet, PVD povlaky, PKD

### 1. Výměnná vystružovací hlavice MT3

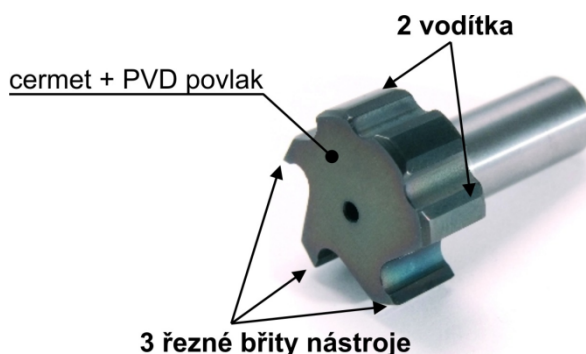
Tradičním výrobcem nástrojů pro přesné obrábění děr v ČR je německo-česká strojírenská firma HAM-FINAL s.r.o. Společnost se zabývá vývojem, výrobou a prodejem moderních nástrojů pro vystružování, vyvrtávání a obrábění velmi přesných děr. Za dobu své existence firma HAM-FINAL uvedla na trh celou řadu nových nástrojů pro vystružování. Většina těchto nástrojů je produktem vlastního výzkumu a vývoje. Jednou z posledních novinek je vystružovací hlavice MT 3, viz. obr. 1.

Hlavice je tepelně upnutá do tělesa nástroje. Tepelné upnutí zajišťuje spolehlivé a přesné ustavení vystružovací hlavy bez nutnosti seřizování. Jednoduchá výměna hlavice v tělese nástroje je srovnatelná s VBD (vyměnitelnou břitovou destičkou) v držáku. To přináší také stejné výhody: rychlost, snadnost a přesnost výměny řezné části nástroje. Pracovní kapalina je přiváděna tělesem nástroje nejen k jednotlivým zubům, ale po celém obvodu hlavice i k vodítkům. Při vystružování neprůchozích děr je kapalina přiváděna středem vystružovací hlavice.

Produktivní nástroj je vždy spojením optimální volby geometrie, řezného materiálu a v dnešní době téměř vždy i povlaku.

Geometrie hlavice MT3 je nové, původní řešení vystružovacího nástroje. Vystružovací hlavice MT3 má 3 zuby a 2 vodítka. Válcová plocha mezi vodítky slouží jako technologická základna a pro kontrolu rozměrů. Na základě měření řezných sil a modelování procesu vystružování bylo provedeno optimální rozmístění zubů a vodítek po obvodu hlavice, což zajišťuje podporu zubů v řezu a zamezuje vibracím. Klidný chod nástroje má příznivý vliv na dosahované výsledky obrábění, tzn. kruhovitost, válcovitost a drsnost obrobeného povrchu. Takové řešení zároveň zvyšuje životnost, a to i v porovnání s vícebřitými nástroji.

V současné době může HAM-FINAL standardně nabídnout MT3 vystružovací hlavice ze slinutého karbidu a cermetu. Na oba uvedené materiály jsou nanášeny povlaky PVD. Bylo také realizováno i provedení MT3 vystružovacích hlavíc s břity z PKD a CBN.



Obr. 1. Hlavice MT3  
Fig. 1 MT3 Head



Obr. 2. Hlavice MT3 v držáku.  
Fig. 2 MT3 head in tool holder

## 2. Praktické nasazení MT3

Mezi významné aplikace výměnné vystružovací hlavice MT3 patří nasazení u předního výrobce hydraulických systémů a komponent firmy Sauer Danfoss. Společnost Sauer Danfoss se svými dvaceti výrobními závody po celém světě patří k celosvětové špičce v oblasti konstrukčních návrhů, výroby a prodeje integrovaných řešení výrobcům mobilních pracovních strojů. Ve svých výrobních závodech se mimo jiné zabývá výrobou převodovek, hydrostatických pohonů, zubových hydrogenerátorů apod. Ve většině případů se jedná o obrábění dílů, kde právě přesné obrábění děr, patří mezi klíčové parametry ovlivňující funkci produktu. Vysoká přesnost ovlivňující výslednou funkci výrobku je také základním kritériem obrábění otvorů válce hydromotoru viz. Obr.3, kde je nástroj MT3 společnosti HAM-FINAL používán.



Obr. 3. Těleso hydromotorů  
Fig. 3 Hydraulic motor body

### 2.1. Požadované technické parametry

Požadovaná rozměrová přesnost vystružovaných děr je stanovena s ohledem na zaručenou montáž v tolerančním stupni IT5. Stanovená drsnost povrchu po válečkování je  $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ . Tomu dle zkušeností pracovníků firmy odpovídá mezní hodnota po vystružování  $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ . Tolerance kruhovitosti je  $0,01 \text{ mm}$ , válcovitost  $0,02 \text{ mm}$ .

Tab. 1 Požadovaná rozměrová přesnost vystružovaných děr  
Table 1 Required dimensional accuracy of reaming holes

Průměr + tolerance (mm) dle výkresu	17,8+0,031+0,008
Požadavek CPK (mm) požadavek kontroly	17,8 +0,029 +0,016
Zvyklost výroby (mm) zaručená montáž	17,8 +0,027 +0,018*

\*Dosažená přesnost v tolerančním stupni IT5 zaručuje 100 % smontovatelnost bez potřeby časově náročného členění dle výsledných úchylek rozměrů a následné vzájemné montáže.

Stanovené omezující parametry:

- Průměr: 17,818-17,827 mm
- Drsnost povrchu po vystružování Ra = 0,4µm
- Kruhovitost: 0,01 mm
- Válcovitost: 0,02 mm

## 2.2. Očekávané přínosy MT3

### 2.2.1 Provozní spolehlivost

Původní technologie obrábění děr tělesa hydromotorů byla realizována seřiditelným nástrojem s VBD. Seřízení nástroje na speciálním zařízení je nutné před obráběním i v průběhu obrábění. To vyžaduje patřičnou kvalifikaci obsluhy a určitý čas. Provozní spolehlivost, přesnost vystružené díry, je tedy ovlivněna jak lidským faktorem, tak řezným odporem, teplotou a dalšími faktory procesu obrábění, které mohou zapříčinit změnu nastaveného rozměru.

### 2.2.2 Životnost nástroje

Původní seřiditelný nástroj s VBD dosahoval průměrné životnosti 24 kusů válců hydromotorů. Uživatel s ohledem na zvýšení produktivity a snížení nákladů požadoval vyšší životnost nástroje.

### 2.2.2 Pracovní podmínky

Pracovní podmínky vystružování zůstaly nezměněny. Ke snížení neproduktivních časů došlo zvýšením rychlosti výjezdu nástroje z díry.

Tab. 2 Pracovní podmínky pro hlavice MT3.

Table 1 Cutting Conditions for MT3 head

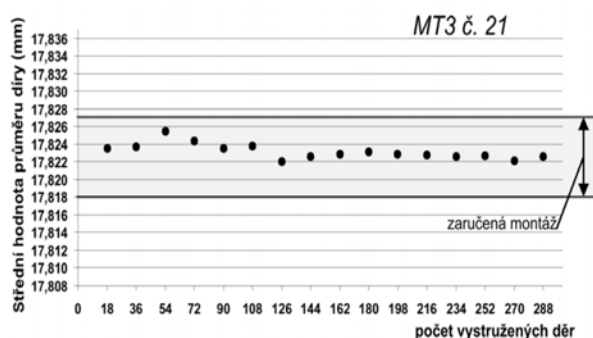
Stroj	CNC frézovací centrum GROB
Upnutí nástroje	6355-100 SK 50 (vložený držák MT3 hlavice, tepelné upnutí)
Chlazení	Středem nástroje rozvedené k zubům, p= 50 Bar.
Nástroj	MT3 hlavice (cermet + PVD)
$v_c$	200 m.min <sup>-1</sup>
$v_f$	1 430 mm
$v_f$ výjezdu	1 4000 mm
$a_p$	0,08 mm
Hloubka obrábění h	65,48 mm

Otvor je předvrtán šroubovitým vrtákem Ø 17,5 mm s VBD ( $v_c = 155 \text{ m.min}^{-1}$ ,  $f_{ot} = 0,11 \text{ mm}$ ). Následně dochází ke zpřesnění otvoru pomocí vyvrtávací tyče Ø 17,65 mm osazené VBD ( $v_c = 200 \text{ m.min}^{-1}$ ,  $f_{ot} = 0,4 \text{ mm}$ ).

## 2.3 Výsledky MT3

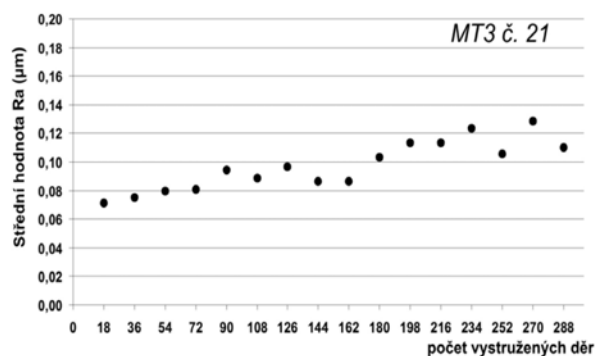
### 2.3.1 Životnost, spolehlivost MT3 a jejich zvyšování

Dosažená životnost nástrojů byla nejčastěji limitována překročením přípustných parametrů rozměrů díry, ale především drsností obrobeneho povrchu díry viz obr. 4 a 5.



Obr. 4. Střední hodnota průměru díry v závislosti na počtu vystružených děr nástrojem MT3.

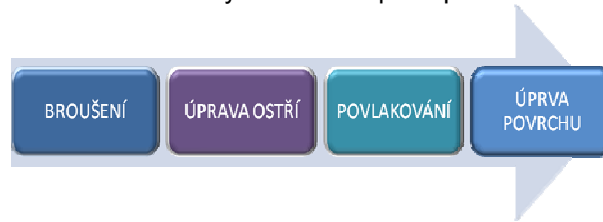
Fig. 4 Hole's diameter means value depending on number of reaming holes by MT3 tool



Obr. 5. Střední hodnota Ra v závislosti na počtu vystružených děr nástrojem MT3.

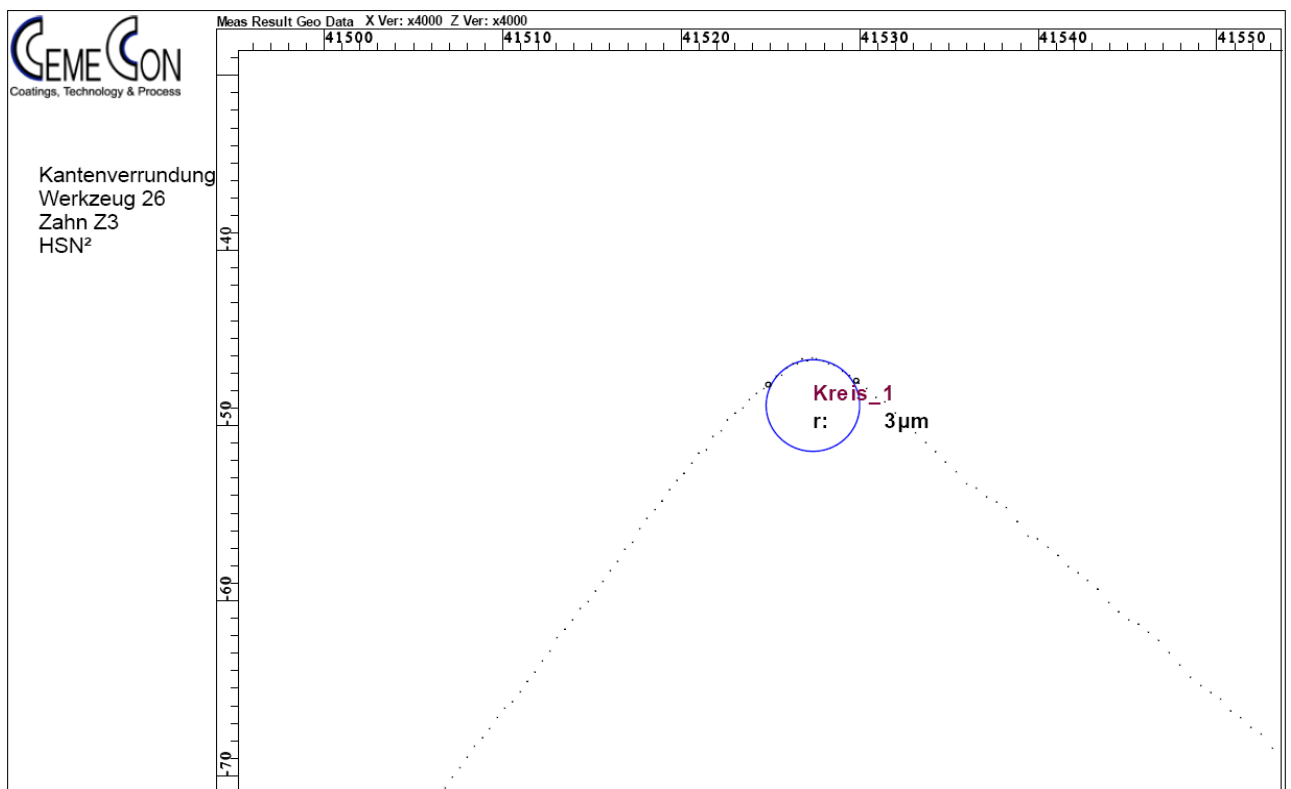
Fig. 5 Ra means value depending on number of reaming holes by MT3 tool

Vysoké požadavky na výkon nástroje, tvarovou i rozměrovou přesnost a především drsnost obrobeneho povrchu děr si vyžádaly konstrukční a technologické změny ve výrobě vystružovacích hlavic MT3. Celý proces se dá schematicky shrnout do postupu viz. obr. 6.



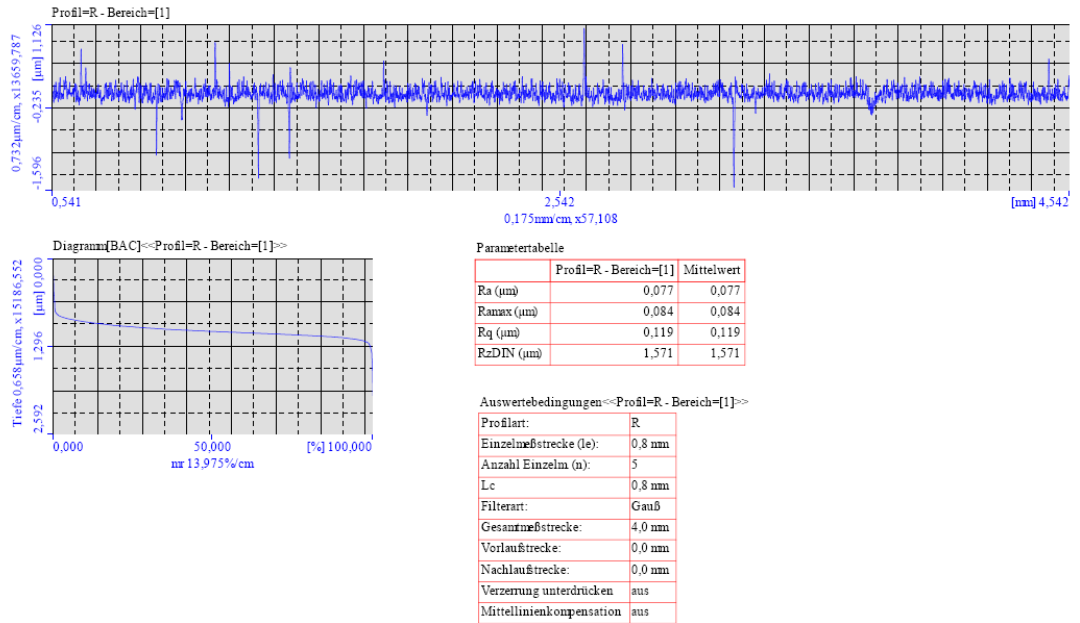
Obr. 6. Postup výroby vystružovacích hlavic MT3  
Fig. 6 Production process of MT3 reaming heads

Inovace zvyšující výkon MT3 byly zaměřeny i na parametry břitu - mikrogeometrii. Optimalizací prošlo zaoblení břitu viz. obr. 7 a podélná drsnost břitu viz. obr. 8.



Obr. 7. Protokol z měření zaoblení ostří MT3  
Fig. 7 Measurement protocol of MT3 rounding

Messung 2  
Hyperlox



Obr. 8. Protokol z měření podélné drsnosti ostří  
Fig. 8 Measurement protocol of longitudinal edge roughness

### 2.3.2 PVD povlaky

V další fázi optimalizace výkonu vystružovacích hlavic MT3 byly zkoušeny nástroje s vybranými PVD povlaky. Nástroje byly rozděleny do skupin a každá napovlakována jiným PVD povlakem. Jednalo se o povlaky firmy CemeCon: TINALOX SN, HYPERLOX, HSN<sup>2</sup> a C++. Nejlepších výsledků v průměrné životnosti dosáhly MT3 s povlakem HYPERLOX SN.

Tabulka č. 3. Výsledky testů MT3 s povlaky  
Table 3 Coating MT3 Test Results

	Průměrná trvanlivost	
	ØT	ØL
	(ks)	(m)
HSN <sup>2</sup>	36	21,22
TINALOX SN	26	15,32
HYPERLOX	55	32,41
C++	18	10,61

Při výrobě MT3 byly podrobně monitorovány vybrané parametry s důrazem na kvalitu nanesených povlaků, viz. obr. 9.

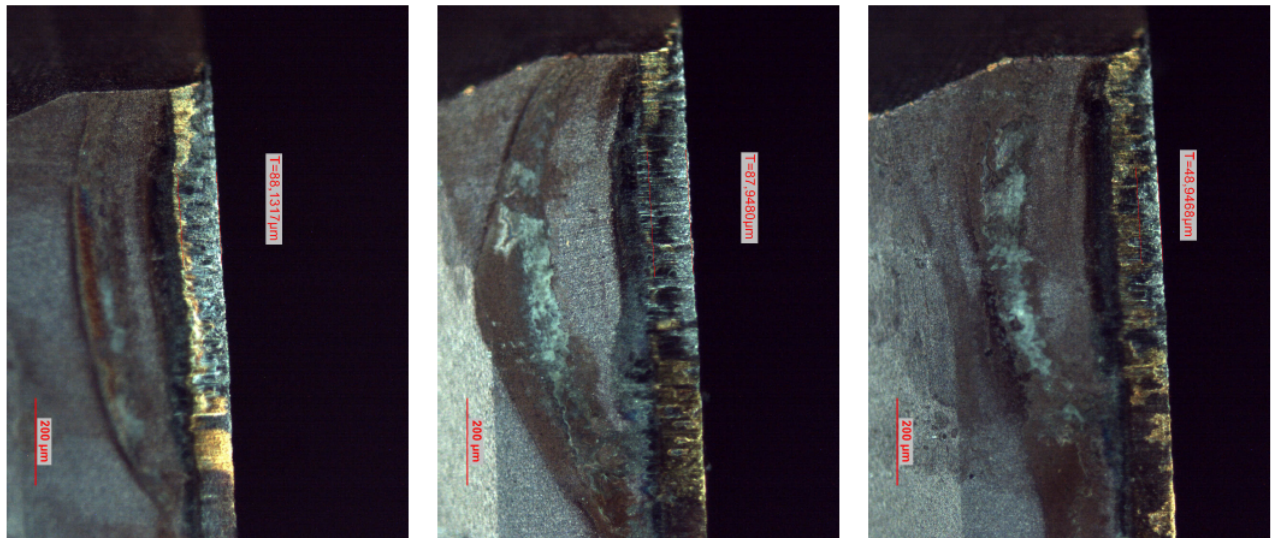
Beschichtung MT3 Reibahlen mit HSN<sup>2</sup>  
Kontrolle Werkzeug Nr. 26



Obr.9. Fotografie kaloty na MT3 s povlakem HSN<sup>2</sup>. Fotografie břitů MT3-II před povlakem, nepískováno

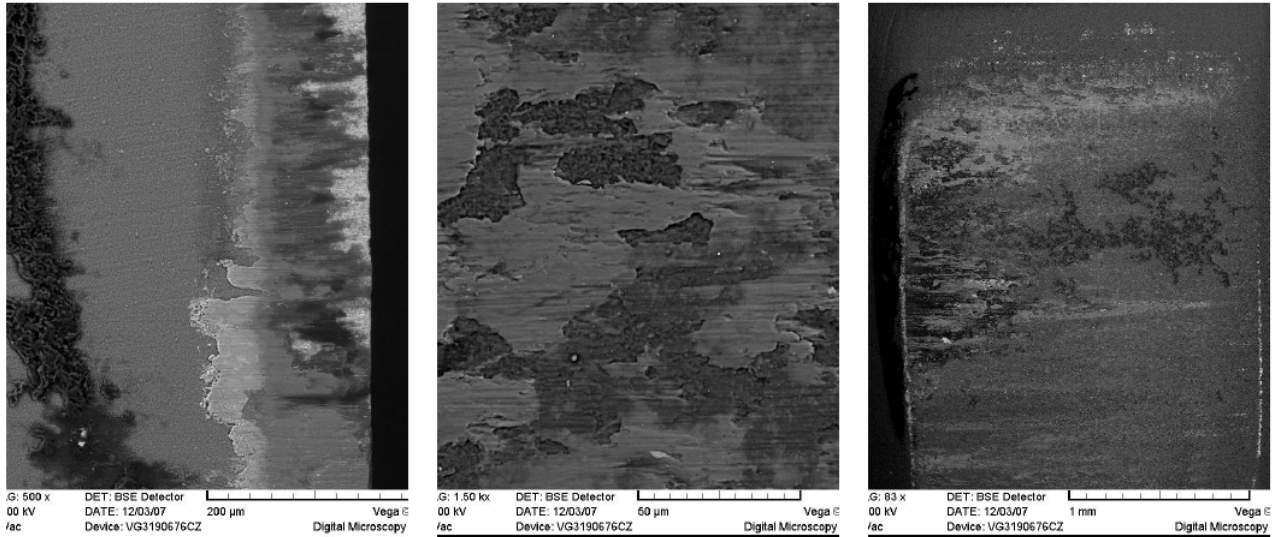
Fig. 9 Calotte picture on MT3 with SHN2 coating MT3 cutting edge picture before coating, no sand blasting

V průběhu testu bylo sledováno opotřebení břitů vystružovacích hlavic MT3. Příklad opotřebení otěrem na hřbetu tří zubů MT3 je uveden na obr. 10.



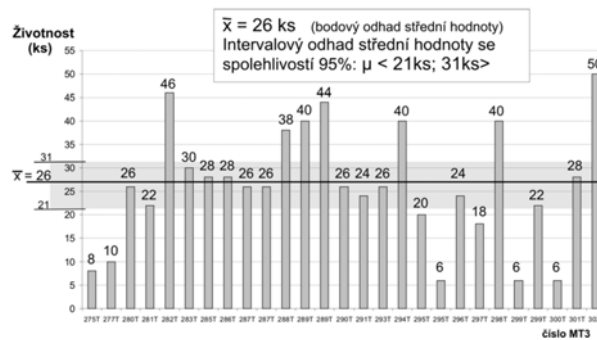
Obr. č. 10: Příklad opotřebení hřbetů MT3  
Fig. 10 Sample of MT3 flank tool wear

Klíčové pro kvalitu obrobených povrchů jsou i procesy na povrchu vodítek vystružovací hlavičky MT3. Příklad opotřebení vodítek je na obr. 11.

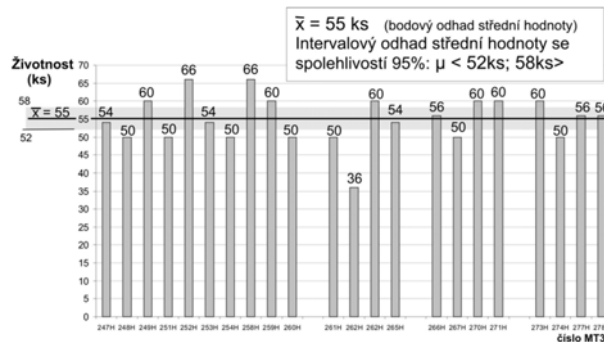


Obr. 11. Příklad opotřebení vodítek  
Fig. 11 Sample of slide tool wear

Opakovatelnost a provozní spolehlivost byla ověřena celou řadou testů. Grafická vyhodnocení s uvedením průměrné hodnoty životnosti pro MT3 s povlakem TINALOX SN a HYPERLOX jsou uvedena na obr. 12 a 13.



Obr. 12. Grafické zpracování dosažené životnosti s povlakem TINALOX SN  
Fig. 12 Graphical processing of achieved tool life with TINALOX SN coating



Obr. 13. Grafické zpracování dosažené životnosti s povlakem HYPERLOX  
Fig. 13 Graphical processing of achieved tool life with HYPERLOX



### 2.3.3 Vyhodnocení

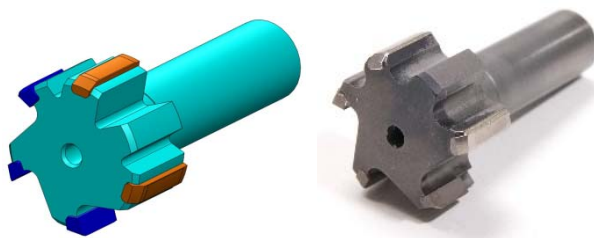
Graf na obr. 15 prezentuje dosahované životnosti nástrojů MT3 reprezentované délkou vystružené díry. Varianta MT3 s povlakem Hyperlox obrobila v průměru 55 ks hydromotorů, čemuž odpovídá 33,42 m vystružené díry. To je o 90% lepší výsledek oproti původnímu stavu. Přesto, že dosažené výsledky byly uživatelem považovány za velmi dobré, vývoj vystružovací hlavičky MT3 v HAM-FINAL pokračoval.

Všechny vystružovací hlavičky byly podrobeny podrobnému rozboru opotřebení.

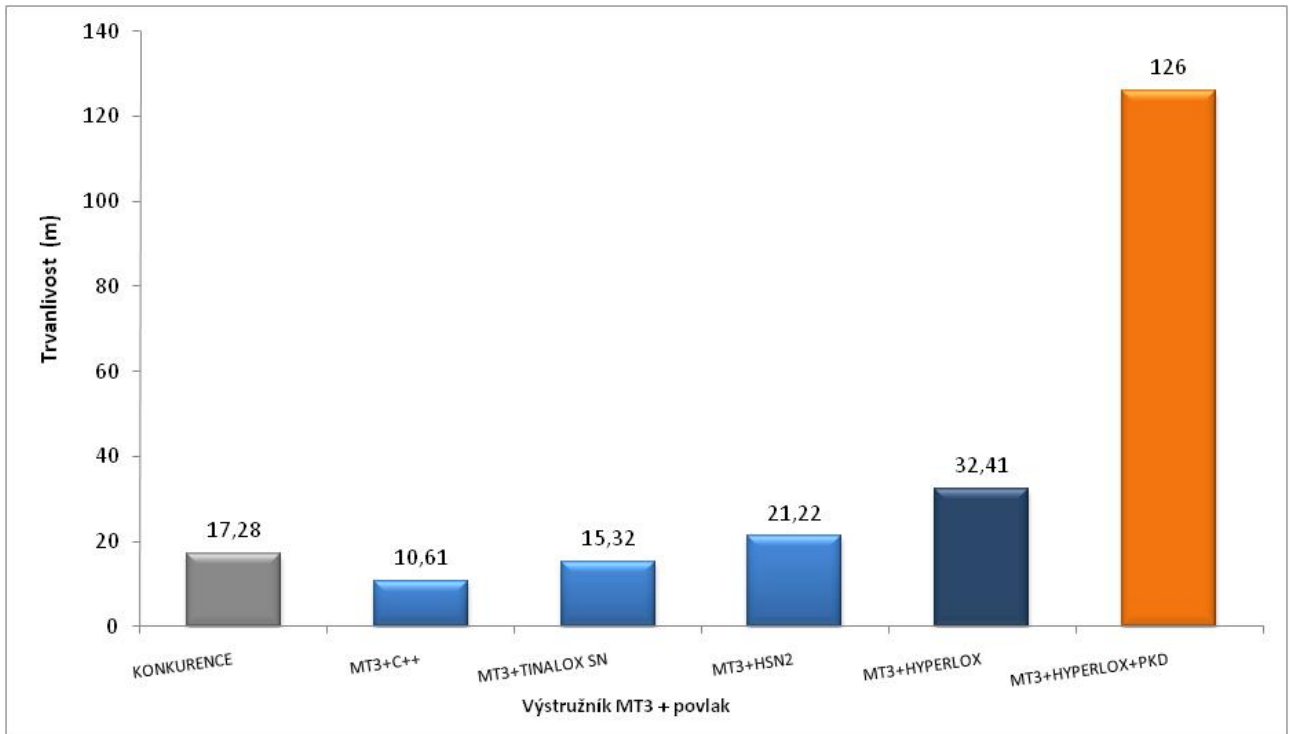
Byly zjištěny tyto závěry:

- opotřebení na hřbetě zubů MT3 hlavičky se pohybuje do 0,08 mm.
- nejčastějším důvodem ukončení životnosti je překročení kritéria požadované drsnosti povrchu.
- na vodičkách vystružovací hlavičky, dochází k „nalepování“ obráběného materiálu.

Uvedená zjištění byla promítnuta do dalšího postupu inovace vystružovací hlavičky MT3. Společnost HAM-FINAL zúročila své know – how z oblasti pájení a zpracování PKD. V další verzi MT3 hlavičky byly vodičky na hlavičce vyrobeny z PKD připájených destiček jak je uvedeno na obr. 14. Při praktických testech se tato inovace projevila zvýšením životnosti nástroje o 390% na 126 m vystružené díry. To je zvýšení životnosti o 730 % oproti výchozímu stavu. Koncepce MT3 vystružovací hlavičky opatřená 3 břity a 2 vodičky je nástroj, který při své práci kombinuje odřezávání vrstvy obráběného materiálu břity a tváření obrobené plochy vodičky. Dosažené výsledky výrazně převyšují požadavky na životnost, které byly v testu stanoveny.



Obr. 14. MT3 vystružovací hlavičky s vodičkami z PKD.  
Fig. 14 MT3 reaming head with PKD slides



Obr. 15. Porovnání délky vystružené díry s původně nasazeným nástrojem (konkurence) a nástroji MT3.

Fig. 15 Comparison of reaming hole's length with original cutting tool (competition) and MT3 tools

### 3. Závěr

Minimalizace výrobních nákladů zákazníka při dodržení požadovaných funkčních předpokladů vyráběné součásti patří k základním faktorům současného vývoje řezných nástrojů. Ekonomické hledisko vývoje se stává stále důležitějším prvkem i u takových technologií třískového obrábění, kde výsledná kvalita obrobené plochy představuje prioritní výstup daného procesu. V tomto ohledu také vývoj vysoce výkonných vystružovacích nástrojů směřuje ke zvyšování produktivity a snižování výrobních nákladů aplikováním nových konstrukčních řešení vyráběných nástrojů. V souladu se současnou tendencí výroby vysoce produktivních vystružovacích nástrojů vyvinula společnost HAM-FINAL výměnnou vystružovací hlavici MT3.

### Literatura

- 1 BILÍK, Oldřich. Obrábění I – 1. díl. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001. 136 s. ISBN 80-7078-811-9.
- 2 PÍŠKA, Miroslav. Všeobecný vývoj a testování řezných nástrojů a materiálů, *MM Průmyslové spektrum*, 2005, č. .4, s..14-16., ISSN 1212-2572.
- 3 KOČMAN, Karel., PROKOP, Jaroslav. Technologie obrábění. 1.vyd., Brno : Akademické nakladatelství CERM,s.r.o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996 -2.



