

## Možnosti technologie vystružování

Stanislav Fiala<sup>1</sup>, Karel Kouřil<sup>1</sup>, Jan Řehoř<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HAM-FINAL s.r.o, Vlárská 22, 628 00 Brno, Česká republika. E-mail: fiala@ham-final.cz, kouril@ham-final.cz.

<sup>2</sup> Regionální technologický institut, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň, Česká republika. E-mail: rehor4@kto.zcu.cz.

Na velmi přesné díry jsou kladeny vysoké požadavky rozměrové, tvarové přesnosti a drsnosti povrchu. Po vrtání respektive vyvrtávání následuje vystružování, v některých případech pak ještě válečkování, broušení nebo honování. Všechny tyto dokončovací metody jsou technologicky i finančně velmi náročné. Předkládaný článek se zabývá možnostmi dosažení velmi dobrých parametrů obrobených ploch pouze vystružováním.

**Klíčová slova:** vystružování, honování, válečkování

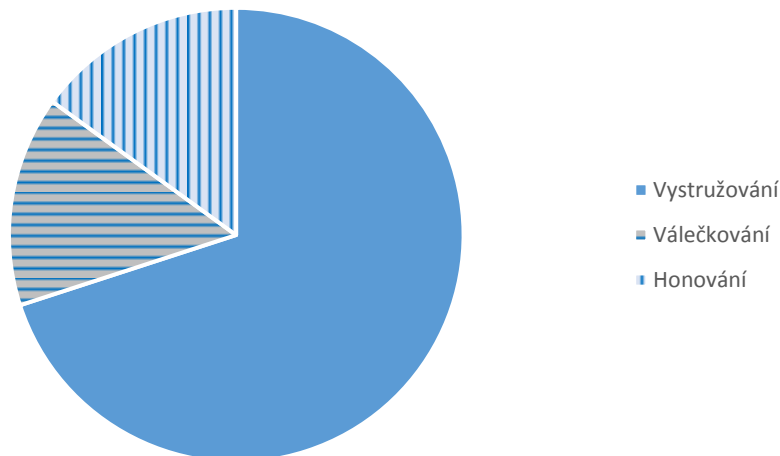
### 1 Úvod

Na velmi přesné díry jsou kladeny vysoké požadavky rozměrové, tvarové přesnosti a drsnosti povrchu. Po vrtání respektive vyvrtávání následuje vystružování, v některých případech pak ještě válečkování, broušení nebo honování viz graf č. 1. Všechny tyto dokončovací metody jsou technologicky i finančně velmi náročné.

*Graf 1 Rozdělení výskytu typu dokončovací technologie obrábění velmi přesných děr (vystružování, válečkování, honování).*

*Chart 1 Partion of occurance of finishing technology for the accurate holes (reaming, rolling, honing).*

Dokončovací technologie velmi přesných děr

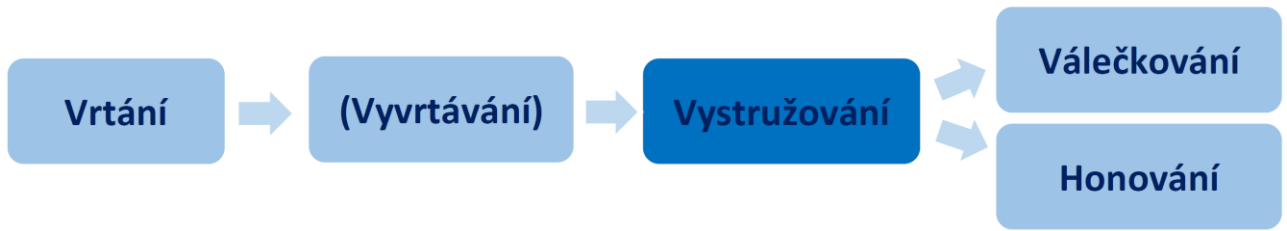


Vzhledem k požadavkům uvedeným na výkresové dokumentaci postačuje většinu velmi přesných děr v poslední operaci vystružovat. Jsou však případy, kde s ohledem na požadované hodnoty na výkresové dokumentaci, nebo z důvodu zaručené montáže a podobně je potřebné velmi přesné díry ještě po vystružování honovat nebo válečkovat. Schematicky jsou tyto postupy znázorněny na obr. č. 1 a obr. č. 2.



*Obr. 1 Nejčastěji používaný technologický postup pro dokončování velmi přesných děr.*

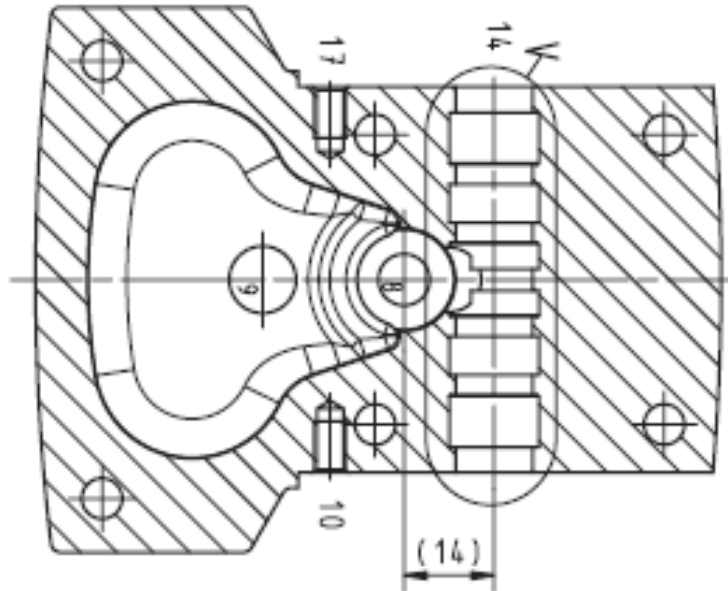
*Fig. 1 Most used technological process for finishing very precise holes.*



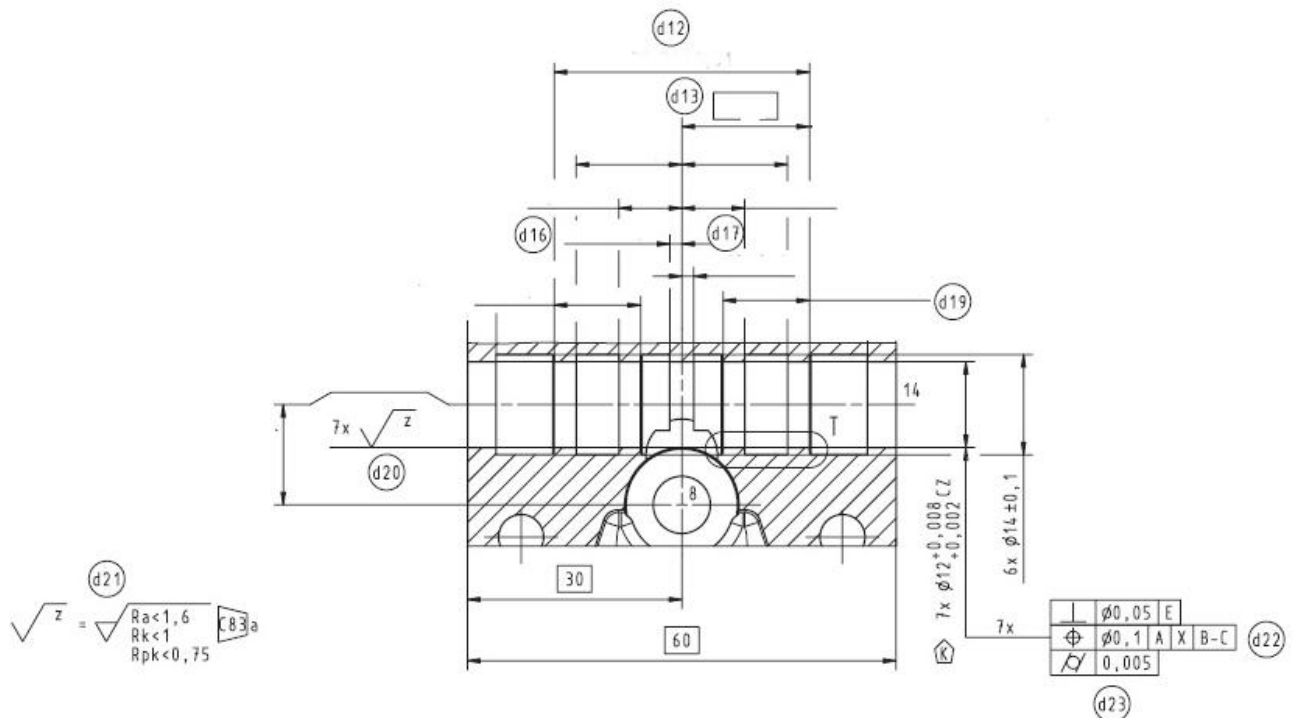
Obr. 2 Technologický postup pro dokončování velmi přesných děr, na které jsou kladeny nejvyšší požadavky.  
 Fig. 2 Technological proces for finishing very precise holes with highest demands.

Na obrobené ploše díry lze sledovat celou řadu parametrů. V praxi se pak převážně jedná o tyto: rozměrová přesnost, drsnost povrchu (Ra, Rz), válcovitost, kruhovitost. Dále v některých případech přibývají parametry jako nosný profil, zpevnění, povrchové napětí, atd.

Na následujícím praktickém příkladu vystružování hydraulického komponentu, viz Obr. 1 a 2, je zřejmý potenciál vystružování.



Obr. 3 Výkres hydraulického komponentu.  
 Fig. 3 The drawing of hydraulic component.



Obr. 4. Detail vystružované díry na hydraulickém komponentu.  
Fig. 4 The detail of reamed hole in hydraulic component.

## 2 Popis původního stavu technologie obrábění

### Stroj:

Vícevřetenové obráběcí centrum ELHA FMX+3, výkon: 60kW, rok výroby 2010  
Pracovní kapalina: ARAL Sarol CL 100 Plus koncentrace 7%  
Pracoviště je plně automatizované.

### Nástroje:

Vrták  $\phi D = 11,8$  mm - SK

**Výstružník  $\phi D = \phi 12,008-0,006$ , SK+ povlak TiAlN, 8 zubů,**

Nástroje upínány v hydroupínači s upínáním do vřetena HSK 63

Řezné podmínky výstružníku:  $n = 796$  ot.min<sup>-1</sup>

$f_{ot} = 200$  mm.min<sup>-1</sup>,  $f_z = 0,031$  mm

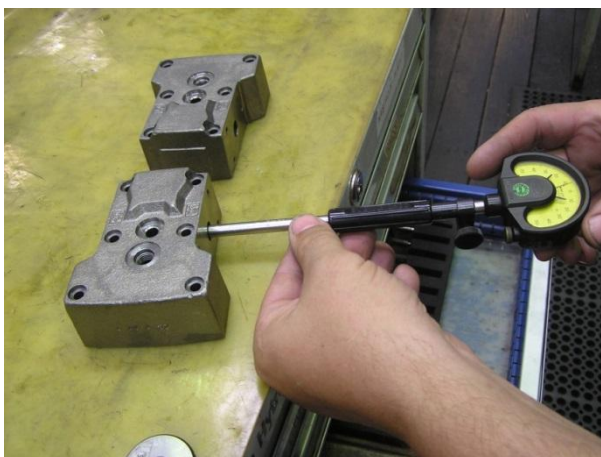
$v_c = 30$  m.min<sup>-1</sup>

čas vystružování  $t = 18,9$  s

### Definice problému:

1. Udržení předepsané kvality opracování bez honování –  $Ra$ ,  $Rpk$ ,
2. Udržení tolerance rozměru (jen vystružováním).
3. Udržení geometrických tolerancí (jen vystružováním).

Špatně opracované otvory pak brání správné funkci servoventilu. Kontrola probíhá hned na pracovišti, kde jsou pomocí komparačního dutinoměru namátkově každé 2-3 hodiny kontrolovány rozměry otvorů.



Obr. 5 Kontrola komparačním dutinoměrem přímo na pracovišti.  
Fig. 5 The comparative gauge used for checking right on the workplace.

Vizuální kontrola opracování se pak provádí na pracovišti s Endoskopem Karl-Storz, kde se odhalují případně výrazné otřepy či vrypy. Probíhá u každého kusu. V definovaném cyklu pak dochází ke komplexnímu proměřování 2 namátkově vybraných kusů v metrologickém oddělení. V rámci této kontroly se nejprve kontroluje drsnost vystružených ploch na drsnoměru Hommel Wave ETAMIC 8000. Poté jsou na souřadnicovém měřicím stroji Prismo 7 kontrolovány rozměry součásti. Kontrola vystruženého otvoru probíhá v šesti místech. V každém z nich je kontrolován průměr a kruhovitost, celkově pak ještě válcovitost otvoru. Poslední kontrola, kde je možné odhalit nevyhovující součást je po montáži, kde se zkouší funkčnost celé jednotky.

### 3 Popis nového stavu technologie obrábění:

#### Stroj:

Vícevřetenové obráběcí centrum ELHA FMX+3, výkon: 60kW, rok výroby 2010

Pracovní kapalina: ARAL Sarol CL 100 Plus koncentrace 7%

Pracoviště je plně automatizované.

#### Nástroje:

Vrták  $\varnothing D = 11,8$  mm - SK

**Výstružník  $\varnothing D = \varnothing 12,008-0,006$  mm Ham-Final, cermetové pájené destičky, 12 zubů**

Nástroje upínány v hydroupínači s upínáním do vřetena HSK C63

Řezné podmínky výstružníku:  $n = 4000 \text{ min}^{-1}$

$f_{01} = 4000 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_z = 0,083 \text{ mm}$

$v_c = 150 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

čas vystružování  $t = 0,95 \text{ s}$

Nevýhody:



- *Vyšší náklady na ostření*

Výhody:

- *Výrazně nižší čas operace, tzn. vyšší produktivita,*
- *Nejsou problémy s drsností => zmetkovitost je do 2% oproti původní 25%,*
- *Vzhledem k větší spolehlivosti procesu vystružování a automatizaci je možné využít noční směnu v bezobslužném procesu,*
- *Větší trvanlivost nástrojů,*
- *Možnost až 7x přeostrit výstružník*

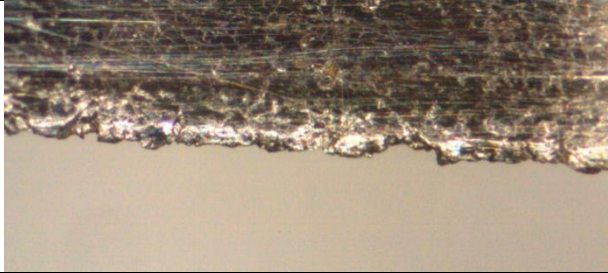

Tab. 1 Porovnání dosažených výsledků dvou výstružníků (původní osazení a výstružník HAM-FINAL) bez konečné operace honování.

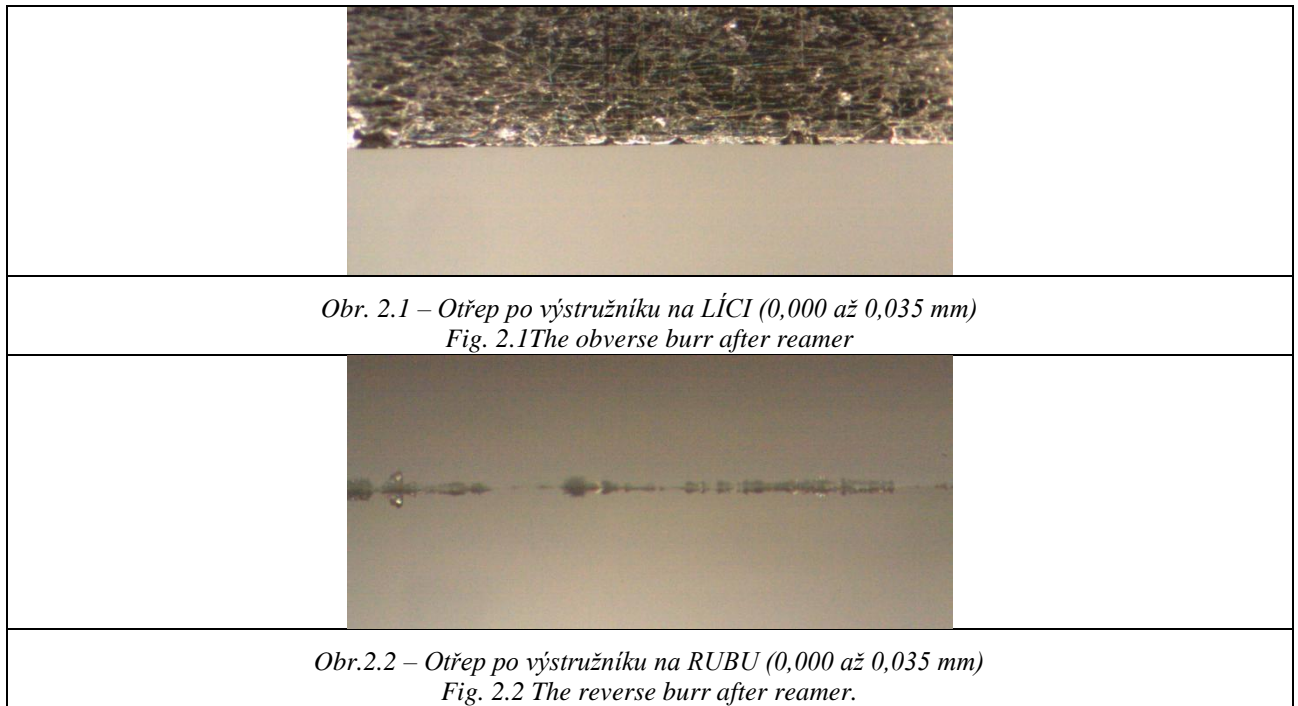
Tab. 1 Comparing of results of two reamers (the original mount and HAM-FINAL reamer) without final operation - honing.

Porovnání:	Původní řešení	HAM-FINAL
Otáčky (n)	796	4000
Posuv (mm/min)	200	4000
Čas operace (s)	18,9	0,95
Denní produkce (ks)	270	300
Trvanlivost (ks)	450	450
Trvanlivost nástroje v řezu (min)	141,75	7,125
Trvanlivost po 1. přestřžení	250	450
Počet ostření	3	7
Fotografie povrchu díry		

Tab. 2 Fotografie s porovnáním dosažených výsledků obrobené plochy s detailním pohledem na tvorbu nežádoucích otřepů.

Tab. 2 The comparison of photos with achieved results with detail view on the undesirable burrs

Výstružník $\varnothing 12,008-0,006$	
Fotky č.1 velikost otřepu 0,061 až 0,135 mm měřeno na rubu – původní řešení (nelze odjehlit výbuchem)	
	
Obr. 1.1 – Otřep po výstružníku na LÍCI (0,061 až 0,135 mm) Fig. 1.1 – The OBVERSE burr after reamer	
	
Obr. 1.2 – Otřep po výstružníku na RUBU (0,061 až 0,135 mm) Fig. 1.2 The REVERSE burr after reamer.	
Fotky č.2 velikost otřepu 0,000 až 0,035 mm měřeno na rubu Cermetový, 12 zubý nástroj HAM-FINAL	



#### 4 Závěr

Ve specifických případech dokončování velmi přesných děr i při velmi vysokých požadavcích na rozměrovou, tvarovou přesnost i drsnost povrchu lze dosáhnout těchto hodnot vystružováním. Uvedené dokládají výsledky v tabulkách 1 – 3. V těchto případech dochází k snížení nákladů na obrábění, snížení času výroby a zvýšení produktivity. Tím se v konkrétních případech, posouvají hranice vystružování k lepším hodnotám.

#### Poděkování

*Výsledky praktického příkladu uvedené v příspěvku vznikly v rámci řešení projektu č. TA022010236 s názvem „Výzkum a vývoj vysoce přesných produktivních řezných nástrojů nové generace s využitím inovativních technologií a progresivních materiálů“, který byl finančně podpořen TA ČR.*

#### Literatura

- [1] FIALA S., KOUŘIL K., ŘEHOŘ J., a kol., Výzkum a vývoj vysoce přesných produktivních řezných nástrojů nové generace s využitím inovativních technologií a progresivních materiálů. Průběžná zpráva k projektu TA02010236 za rok 2014, HAM-FINAL s.r.o., Brno, 2014.
- [2] ŘEHOŘ, J., KOUŘIL, K., KROFT, L., SKLENIČKA, J. Trendy v konstrukci výstružníků. *Strojírenská technologie*, 2014, roč. 19, č. 3,4, s. 227-232. ISSN: 1211-4162
- [3] FIALA S., KOUŘIL K., ŘEHOŘ J., a kol., Výzkum a vývoj vysoce přesných produktivních řezných nástrojů nové generace s využitím inovativních technologií a progresivních materiálů. Průběžná zpráva k projektu TA02010236 za rok 2013, HAM-FINAL s.r.o., Brno, 2013.
- [4] FIALA S., KOUŘIL K., ŘEHOŘ J., a kol., Výzkum a vývoj vysoce přesných produktivních řezných nástrojů nové generace s využitím inovativních technologií a progresivních materiálů. Průběžná zpráva k projektu TA02010236 za rok 2012, HAM-FINAL s.r.o., Brno, 2012.

Tab. 3 Závěrečné vyhodnocení dosažených výsledků v porovnání původního a nového osazení výstružníky.  
 Tab. 3 Final evaluation of achievements comparing the original and the new mount by reamers.

<b>Praktický příklad - techncko-ekonomické vyhodnocení</b>			
<b>Původní technické řešení</b>		<b>Nové technické řešení (TA02010236)</b>	
Počet vystružených děr za rok 1 mil.			
Obráběcí stroj: Robotizovaný CNC stroj			
Obrobek Hydraulický rozvaděč, materiál GG30			
Drsnost povrchu Ra ( $\mu\text{m}$ )	1,2 ÷ 2,6	Drsnost povrchu Ra ( $\mu\text{m}$ )	0,15 ÷ 0,3
Kruhovitost ( $\mu\text{m}$ )	0,002 ÷ 0,006	Kruhovitost ( $\mu\text{m}$ )	0,001 ÷ 0,004
Válcovitost ( $\mu\text{m}$ )	0,004 ÷ 0,020	Válcovitost ( $\mu\text{m}$ )	0,003 ÷ 0,010
Trvanlivost břitů (děr)	150 ÷ 400	Trvanlivost břitů (děr)	400 ÷ 500
Reprodukovatelnost přesnosti	75 %	Reprodukovatelnost přesnosti (%)	98 %
<b>Vyhodnocení</b>			
Kvalita na povolených hranicích	Významné zlepšení parametrů kvality díry		
Nízká provozní spolehlivost (velké prostoje)	Vysoká provozní spolehlivost		
Vysoké výrobní náklady	Umožňuje bezobslužný provoz		

**Abstract:**

**Article:** **Possibilities of reaming technology**

**Authors:** Fiala Stanislav<sup>1</sup>  
Kouřil Karel<sup>1</sup>  
Řehoř Jan<sup>2</sup>

**Workplace:** <sup>1</sup>HAM-FINAL s.r.o, Brno.  
<sup>2</sup>Faculty of Mechanical Engineering, UWB in Pilsen.

**Keywords:** Reaming, Honing, Rolling

Very precise holes are closely related to high demands on dimension and shape accuracy and surface roughness. After drilling resp. boring followed reaming, in some cases even rolling, grinding or honing. All these finishing methods have big demands on technology knowledge and finance. This article deals with possibilities how to achieve very good performance of machined surfaces only with reaming.

