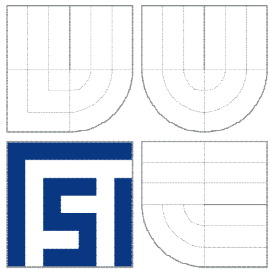


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA VÁLCE VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY

PRODUCTION OF THE CYLINDER INTO THE INJECTION UNIT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Josef LEXA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Josef Lexa

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba válce vstříkovací jednotky

v anglickém jazyce:

Production of the Cylinder into the Injection Unit

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Rozbor konstrukční sestavy.
3. Rozbor součásti "těleso válce".
4. Technologický proces.
5. Technicko-ekonomické vyhodnocení včetně ekologie.
6. Diskuze.
7. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Technologický projekt předkládající reálné podmínky výroby náročné součásti.

Seznam odborné literatury:


1. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
2. PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.
3. PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-
4. FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.
5. SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.
6. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
7. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

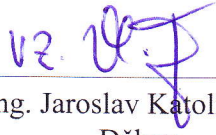
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 21.11.2014





prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

Tato práce se soustředí zejména na výrobu válce vstřikovací jednotky jako jednoho ze dvou hlavních komponentů k elementu a vstřikovací jednotky do vstřikovací sestavy před a po tepelné úpravě vzhledem ke dvěma alternativám výroby, soustředící se na alternativu výroby obráběcím centrem. Zmíněny jsou jak následné, tak dokončovací operace jakož i finální kompletace včetně montáže s funkčním uvedením do čerpadla. Dále je zde zmíněna výroba vzorků válce vstřikovací jednotky, její návrhy na zlepšení a ekologie celé výroby.

Klíčová slova

Obráběcí centrum, válec vstřikovací jednotky, vrtání, lapování, vstřikovací souprava,

ABSTRACT

This work mainly focuses on the manufacture of the cylinder of injection unit as one of the two major components to the element and the injection unit to the injector pump before and after the heat treatment relative to the two alternatives of production, concentrating on the alternative of production on machining center. There are mentioned as the subsequent and finishing operations such as well as final assembly including mounting with a functional commissioning into the pump. There is also mentioned a production of samples of cylinder of injection unit, the proposals for improving and ecology of the whole production.

Key words

Machining center, cylinder of injection unit, drilling, lapping, injection pump,

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LEXA, Josef. *Výroba válce vstřikovací jednotky*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 47 s. 5 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výroba válce vřtřikovací jednotky** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

26.3.2015

Josef Lexa

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji Kamilu Volavkovi z OTK a Rostislavu Drápalovi z TPV za technické podklady, nápady a připomínky a vedoucím výroby závodu Motorpal Batelov Ing. Zdeňku Kulhánkovi a Pavlovi Pilátovi za umožnění vypracování bakalářské práce na téma jednoho z produktů tohoto podniku.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 ROZBOR KONSTRUKČNÍ SESTAVY.....	10
1.1 Píst	10
1.2 Válec	10
1.3 Element	11
2 ROZBOR SOUČÁSTI "TĚLESO VÁLCE"	12
2.1 Polotovar a materiál	12
2.2 Sériovost	12
3 STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE VÁLCE	13
3.1 Opracování před tepelnou úpravou.....	13
3.1.1 Obráběcí centrum.....	13
3.1.2 Nástrojové využití.....	16
3.1.3 Druhá technologie.....	19
3.1.4 Příprava k tepelné úpravě	19
3.2 Opracování po tepelné úpravě	19
3.2.1 Broušení průměrů	20
3.2.2 Honování a finišování	21
3.2.3 Ostatní operace	21
4 PÁROVÁNÍ SESTAVY A VZNIK VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY	22
4.1 Dokončovací operace a kontrola.....	22
4.2 Montáž, balení a značení vstřikovací jednotky.....	22
4.3 Montáž do čerpací soupravy	23
5 VÝROBA VZORKŮ	24
5.1 Porovnání s příbuznými kusy	24
5.2 Zhodnocení teoretických výsledků a zlepšovací opatření	25
6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VČETNĚ EKOLOGIE	26
6.1 Ekonomické vyhodnocení.....	26
6.2 Ekologický dopad	27
6.2.1 Ekologie procesních kapalin.....	27
6.2.2 Recyklace náradí.....	27

7	DISKUZE	29
7.1	Výhled do budoucna	29
7.2	Návrhy na zlepšení.....	30
	ZÁVĚR	31
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	32
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	33
	SEZNAM PŘÍLOH.....	34

ÚVOD

Na přelomu roků 2007/2008 zasáhla strojírenství jako i světovou ekonomiku krize, po které se situace pomalu vrací do normálního stavu. Mnoho strojírenských firem ale díky tomu v té době přišla o spoustu zakázek a zaměstnanců. Zeštíhlily se, a spousta firem dokonce musela skončit svoje působení na trhu. V době kdy zakázek výrazně množstevně ubylo a spíše se rozšířila typová různorodost požadavků na výrobu od zákazníka, tak měla navrch firma, která byla i přes nepříznivé podmínky trhu, postavená na flexibilních, přesných a snadno seřiditelných strojích, možných zastat výrobu více operací na jedno upnutí kusu, tímto snížit náklady na výrobu a vyrobit značné typové rozšíření výrobků po malých množstvích. Omezil se tak čas potřebný k seřízení stroje a rozšířilo portfolio dalších možných variant vyráběných kusů. Nespornou výhodou těchto strojů je i určitá možnost opracovávání různých materiálů jako jsou korozivzdorná ocel a litina, díky neustále se rozvíjejícím technologiím, povlakům slinutých karbidů a lamačům výměnných břitových destiček nožových nástrojů pro obrábění či dalšího nářadí.



Obr. 1 Soustružnické centrum Nakamura WT100

Tato práce je primárně zaměřena na opracování polotovaru válce vstřikovací jednotky před tepelným zpracováním a popisuje jeho úpravu až po konečný výrobek, který je po spárování spolu s pístem nejdůležitější součástí vstřikovací soupravy. K takto nastavené výrobě, kdy na jednom stroji je kompletně opracován celý válec lze použít hned několik druhů strojů od různých výrobců. Tato výroba je popisována na stroji Nakamura WT100 (obr. 1). Tento stroj musí splňovat různé přísné, pro kus předepsané geometrické tolerance a rozměry v čele s kvalitou opracování hlavního funkčního otvoru pro budoucí párování s pístem a sacího otvoru (obr. 1.2), jakož i různé tvarové varianty válců, včetně jejich časové a výrobní náročnosti. Pro porovnání se zaběhnutou výrobou válce je uvedena a porovnává výroba nového vzorku válce.

1 ROZBOR KONSTRUKČNÍ SESTAVY

Firma vyrábějící popisované produkty se zabývá výrobou vstřikovacího zařízení různých forem pro vznětové motory užitkového, zemědělského a automobilového průmyslu pro zákazníky z celého světa. Hlavními produkty jsou převážně přímo čerpadla, vstřikovače a trysky používané do diesellových motorů a také i jako náhradní díly do těchto motorů. Popis výroby válce a vstřikovací jednotky, která je hlavní náplní výroby jednoho z pobočných závodů firmy je zaměřením této práce.

Konstrukční sestava se skládá ze dvou hlavních částí a tou je píst a válec (obr. 1.2). Píst a válec se po konečných úpravách párově brousí, aby díky hlavnímu otvoru válce (obr. 1.2) a průměru pístu vznikl element. Aby byla smontována vstřikovací jednotka, je zapotřebí, aby takto vzájemně spárované kusy tvořící element, byly ještě následně osazeny dalšími nezbytnými součástkami. Konečný výrobek je pak použit pro montáž do čerpadla, nebo distribuován jako náhradní díl do již zaběhnutého čerpadla.

1.1 Píst

Píst (obr. 1.1) je součást elementu, která vstupuje do hlavního otvoru válce a koná zde po montáži do čerpadlové skříně translační pohyb proti pístové pružině, která je přes dolní miskou a úplný zvedák stlačována a uvolňována otáčejícím se vačkovým hřídelem, na jehož nosném čepu je upevněn rotor regulátoru. K opracování je již dodáván v podobě předběžně tvarově osoustruženého polotovaru z tyčového materiálu 14 109, kde se před tepelnou úpravou kalit, zmrazit, popustit frézují křídla pístu, regulační drážky a stop drážky. Po tepelné úpravě se tyto drážky následně brousí, odjehlují a kontrolují. Důraz je kladen především na funkční rozměry pístu, jako jsou náběžné regulační hrany pístu a jeho průměr, který je takto připravován pro následné párové broušení s válcem.



Obr. 1.1 Polotovar pístu a píst v konečné podobě před párovým broušením

1.2 Válec

Válec je druhá hlavní část elementu, ve kterém uvnitř čerpadla zajišťuje funkčnost pístu konající periodický translační pohyb. Kromě tohoto je další funkcí válce zajistit přívod

dostatečného množství paliva a naopak případný odvod přebytečného množství odpadními otvory, dále pak zajistit těsnost vstřikovací jednotky osazenými vnějšími těsnícími 'o' kroužky ve skříni čerpadla a její připevnění upínacími maticemi za přírubu válce.

1.3 Element

Element (obr. 1.2) vzniká po párovém broušení pístu s válcem. Při této operaci je důležité dodržet přísné geometrické tolerance, jako jsou přímost pístu $1\ \mu\text{m}$ a kruhovitost $0,6\ \mu\text{m}$, následně pak vůle mezi průměrem pístu a průměrem otvoru válce, která je v rozmezí $1,5\ \mu\text{m} - 3\ \mu\text{m}$. Celý postup je pro každý pár individuální a záleží zde především na zručnosti, pro kontrolu vůle mezi pístem a válcem slouží vzduchové měřidlo značky Etamic, které měří odchylky od nulové nastavné měřky. Správně spárovaný píst by měl za přítomnosti maziva mezi stěnami válce a pístu klesnout svojí vahou až na doraz křídla pístu o hlavu válce.



Obr. 1.2 Element vstřikovací jednotky

2 ROZBOR SOUČÁSTI "TĚLESO VÁLCE"

2.1 Polotovar a materiál

Vstupní těleso popisovaného válce (obr. 2.1) je výkovek z materiálu 14 220 (příloha 1 – nedokládá přímo současný stav), značení dle ČSN 42 0002. Výkovek (příloha 3) je předběžně tvarově osoustružený polotovar z důvodu okamžitého použití k dalšímu zpracování soustružnickým centrem před tepelnou úpravou. Varianty polotovarů a materiálů pro různé řady válců nejsou jednotné, dalším hojně používaným materiálem je 14 109 tyčového tvaru.



Obr. 2.1 Polotovar válce a dokončený válec před tepelnou úpravou

2.2 Sériovost

Pro konečné rozměry válce před tepelnou úpravou je rozhodující počáteční tvar výkovku, ovšem i přes různé varianty provedení válců je jednotný tvar výkovku pro úběr materiálu dané řady válců dostačující. Tato provedení válců se od sebe navzájem liší tvarově, průměry hlavních, či sacích otvorů, nebo jejich umístěním v různých vzdálenostech na povrchu válce. Tyto jednotlivé rozdíly se odvíjejí především od širokého druhotného zastoupení vstřikovacích souprav, jejich velikostí, daných emisních požadavků zákazníka, které jsou sestavy schopny splnit, požadovaných vstřikovacích tlaků, maximálních otáček apod. Díky takto nastaveným požadavkům a technologickému vývoji vstřikovacích jednotek je typové zastoupení značně rozsáhlé.

3 STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE VÁLCE

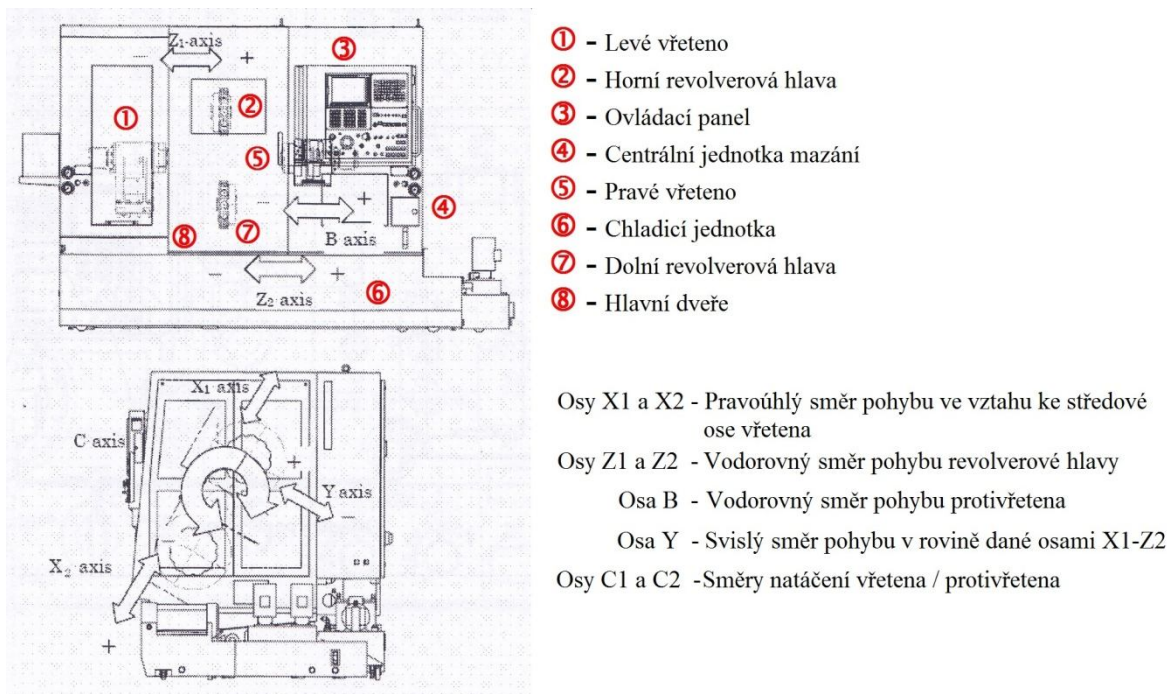
Momentálně platná technologie má dva alternativní postupy. První a běžnou je výroba válce na obráběcím centru. Pokud ovšem nastane jakýkoli problém jak z hlediska nedostačující výrobní kapacity stroje nebo technického opotřebení či nutné údržby, je zahájen proces druhé alternativy výroby válce, kterou je výroba jednotlivých operací na různých pracovištích. Po tepelné úpravě je následný postup operativně sjednocen bez ohledu na předchozí variantu provedení.

3.1 Opracování před tepelnou úpravou

Opracování před tepelnou úpravou znamená vytvoření určitého tvaru obrobku pomocí technologických procesů, jako jsou obrábění, frézování, vrtání a jiných z předem daného výkovku.

3.1.1 Obráběcí centrum

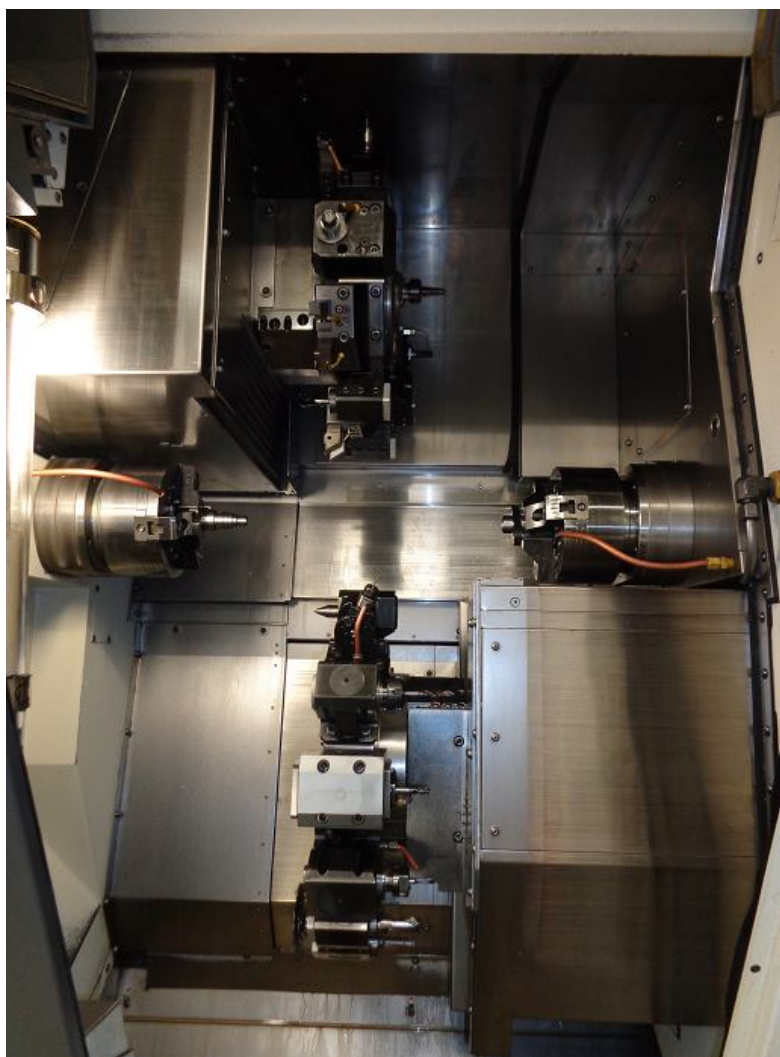
Stroj Nakamura Tome WT100 je dvou vřetenové, dvou revolverové CNC obráběcí centrum s osmi osami pohybu (obr. 3.1) s možností naháněných nástrojů na všech 12/24 pozicích horní či spodní revolverové hlavy. Obě vřetena jsou osazena tříčelist'ovými sklíčovými Rota NCK Plus 165–45 od firmy Schunk (obr. 3.2). Stroj je primárně určen pro obrábění z tyčového materiálu maximálního průměru 42 mm. Přestavbou ho lze využívat i k obrábění výkovků nekruhového tvaru naložením či vyložením kusů pomocí portálového manipulátoru Nakamura GR201 a paletovým zásobníkem dílů pro 30 ks výkovků a 30 ks hotových obrobků. Stroj je řízen systémem Fanuc 31i.



Obr. 3.1 Jednotlivé části stroje a definice os [3]

Obsluha stroje nejprve vyplní výkovky paletový zásobník. Následně je výkovek naložen portálovým manipulátorem, který je sám osazen dvěma pneumatickými tříčelist'ovými upínači z palety výkovků do levého hlavního vřetene, kde je upnut a zde je zahájeno jeho

opracování. Po vyhotovení sledu úkonů oběma revolvery osazenými nástroji (tab. 3.1) je napůl opracovaný válec uchopen a upnut volným protivřetenem, již připravený manipulátor opět naloží další výkovek do prázdného levého vřetena. Nyní začnou opracovávat souběžně obě revolverové hlavy jak výkovek v levém vřetenu, tak i napůl hotový kus v protivřetenu podle zvoleného programu a jednotlivé sledy musí být ošetřeny z pohledu kolizního nebezpečí. Po vyhotovení práce se opracovaný válec odebere manipulátorem z protivřetene, toto opět uchopí napůl hotový kus z hlavního vřetene a do něj znovu manipulátor nabije výkovek. Následně manipulátor přemístí obrobený válec do připravené pozice na zásobníku a připraví si upnutím další výkovek, přičemž se celý cyklus opakuje do vyprázdnění palety kusů.



Obr. 3.2 Pracovní prostor stroje Nakamura Tome WT100

Tímto pracovním sledem se překrývají některé úkony obou revolverových hlav potřebné k obrobení kusu i jejich strojní časy, zjištěné ze systému stroje (tab. 3.1). Jedná se o součet časů, vykonaných na jednotlivých obou vřetenech, není zde započítán časový prostož, kdy jeden nástroj vyčkává na dokončení sledu druhé nástrojové hlavy, proto je tento některý čas v závorce. Z porovnání časů obou vřeten vyplývá, že jednotlivé sledy na protivřetenu v součtu trvají téměř stejně dlouho jako na vřetenu hlavním, z důvodu zahájení obrábění už během nakládání do vřetene hlavního.

Tab. 3.1 Rozložení úkonů na obou větenech.

Hlavní věteno				Protivěteno			
Horní revolver		Spodní revolver		Horní revolver		Spodní revolver	
Č. op.	Název úseku	Název úseku	t_{AS} [min]	Č. op.	Název úseku	Název úseku	t_{AS} [min]
1.	Navrtat hlavní otvor		0,074	1.		Soustružit hrdlo	0,191
2.	Vrtat hlavní otvor		0,157	2.		Vrtat šachtu	0,112
3.	Příprava frézy		0,02	3.		Dovrtat šachtu	0,08
				4.		Hrubovat šachtu	0,241
4.		Podepření hrotem	(0,308)	5.	Frézovat křídlo válce		0,527
5.	Hrubovat tvar		0,175				
6.	Tvar na hotovo		0,233				
7.	Soustružit zápich 1		0,07				
8.	Soustružit zápich 1		0,09				
9.	Soustružit zápich čelní		0,16				
10.		Okartáčování kusu	0,106				
11.	Navrtání odpadních o.		0,192	6.		Soustružení odlehčení	0,23
12.	Vrtání odpadního o.		0,481	7.		Tváření závitu	0,157
13.	Vrtání sacího o.		0,207	8.		Šachta na hotovo	0,107
14.	Sražení sacích otvorů		0,095	9.		Vrtání otvorů na křídle	0,388
15.	Pročištění hlavního o.		0,072	10.		Frézování drážek křídla	0,34
16.	Vystružení sacího otvoru		0,376	11.		Odjehlení drážek křídla	0,256 (0,2)
17.	Zarovnání délky kusu		0,092				
18.	Přečistit zápich		0,063				
19.	Sražení do hlavního o.		0,075				
20.		Vrtání úhl. odpadního o.	0,407	12.		Odjehlení křídla válce	0,496
Σt_{AS}			3,145	Σt_{AS}			3,125

Pokud se uvažuje i naložení (25 sekund) a vyložení (15 sekund) kusu s jeho uchopením protivřetenem (5 sekund), musí se připočíst dalších 45 sekund. Výsledný čas kusový t_K je poté 3,895 minuty. Vzhledem k jednotlivým časově rozdílným náročnostem jednotlivých úseků a pozic nástrojů by byla i z důvodů kolize vyváženější zatížení velmi časově náročná na provedení.

3.1.2 Nástrojové využití

Všechny úkony jsou na stroji chlazeny řeznou kapalinou AG COOL B 643. Na tomto obrábění je jedním z důležitých rozměrů průměr hlavního otvoru 9,9 mm s jeho válcovitostí 0,04 mm. Vizuální kontrola povrchu opracování tohoto otvoru musí zajistit povrch bez viditelných rýh po vrtání povlakovaným vrtákem se dvěma fazetkami, s přídavným vysokotlakým čerpadlem pro šroubovicové vnitřní chlazení se 40 – 60 bary (obr. 3.3). Kontrola měření velikosti průměru je měřena dutinoměrem Mitotuyo. Vyosení os sacích otvorů vůči ose hlavního otvoru nesmí být větší než 0,1 mm. Souosost os protilehlých sacích otvorů a opracování jejich povrchu R_a 3,2 zajistí vystružení těchto otvorů (obr. 3.4). Vícevrstvý povlak KC7315 vrtáku se dvěma fazetkami značky Kennametal umožňuje na základě TiAlN s velkou tvrdostí rozsah řezné rychlosti od 80 – 160 $m \cdot min^{-1}$ a toleranci otvoru IT9 – IT11 [4]. Hodnota řezné rychlosti vrtání se spočte podle rovnice (3.1) [1].

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} \quad (3.1)$$

kde: v_c [$m \cdot min^{-1}$] - řezná rychlost,
 D [mm] - průměr obrobku,
 n [min^{-1}] - otáčky obrobku.



Obr. 3.3 Vysokotlaké čerpadlo značky Chip Blaster pro vnitřní chlazení vrtáku

Důležitým faktorem je zde i posuv f_r , který je v rozmezí 0,11 – 0,26 mm. Z tohoto se spočte rychlost posuvu (3.2) [1] vrtáku, který se, upnut v kleštině a utažen maticí neotáčí, naopak zde pracovní otáčky koná obrobek upnutý ve sklíčidle.

$$v_f = f_r \cdot n \quad (3.2)$$

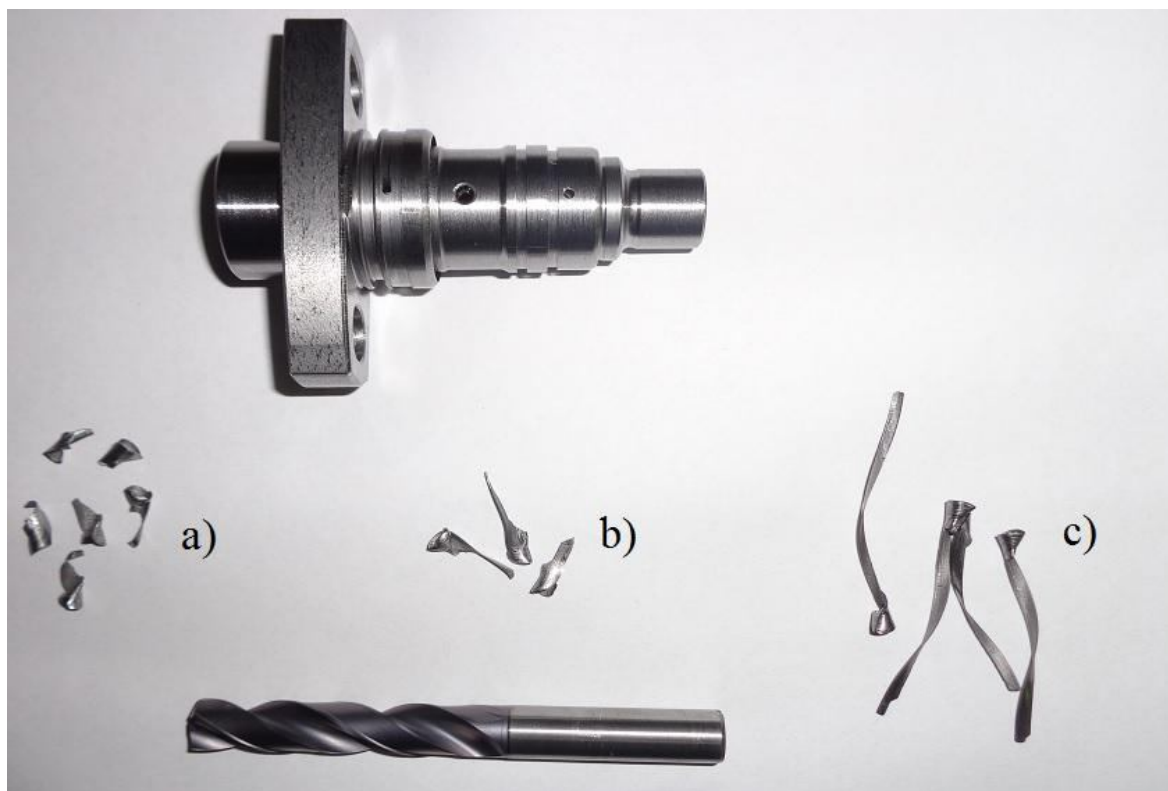
kde: v_f [mm.min⁻¹] - rychlost posuvu,
 f_r [mm] - posuv na otáčku,
 n [min⁻¹] - otáčky nástroje, případně obrobku.



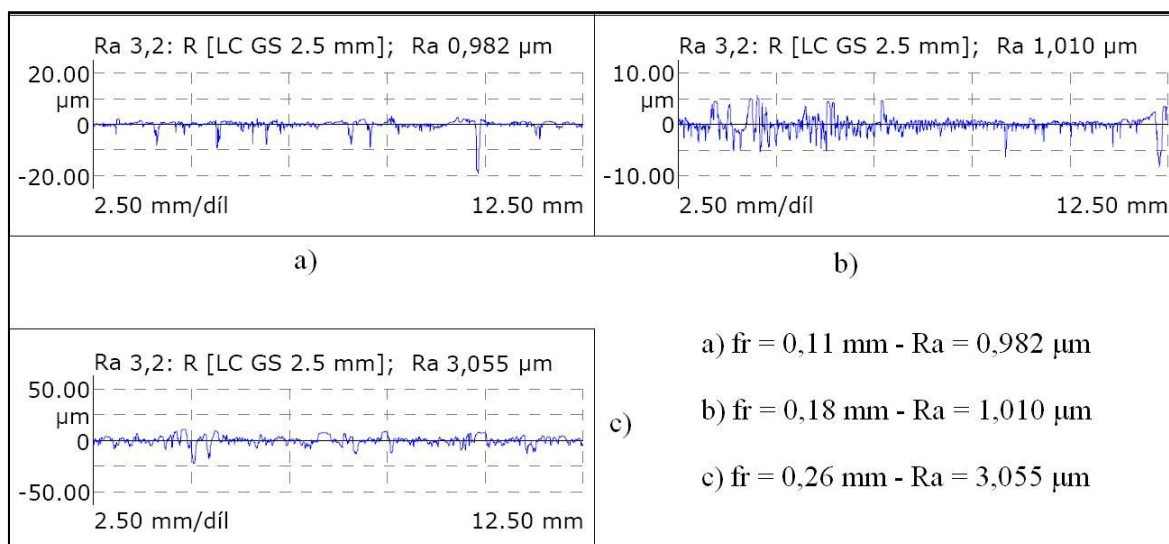
Obr. 3.4 Použité nástroje při opracování válce: a) tvářecí závitník, b) vrták hlavního otvoru, c) vrták sacího otvoru, d) výstružník sacího otvoru, e) vrták odpadních otvorů, f) srážecí sacích otvorů, g) fréza drážek na křídle, h) vrták pro otvory na křídle, i) fréza křídla, j) srážecí hran drážek na křídle, k) srážecí korunka na křídlo, l) vrtací korunka šachty, m) hrubovací VBD povrchu šachty, n) dokončovací VBD povrchu šachty, o) hrubovací VBD tvaru válce, p) dokončovací VBD tvaru válce, q) VBD čelního zapichování, r) VBD zapichovací Penta

V závislosti na posuvu vznikají různě dlouhé třísky (obr. 3.5). Pro kvalitnější opracování otvoru, které pro dokončovací operace není tolik žádoucí je třeba malý posuv, nebo vyšší řezná rychlost vrtání, která ovšem způsobí dlouhé třísky, čímž hrozí v extrémním případě ucpání odvádějící šroubovice a zlomení vrtáku souběžně s jeho jinak vysokou životností. Naopak při vysokém posuvu nebo nižší řezné rychlosti vznikají krátké, lánané třísky, čímž se zajistí kvalitní výplach a odvedení třísek z otvoru za cenu nízké životnosti vrtáku a rychlého vzniku nárůstku na břit vrtáku [1]. Cílem vrtání je vždy najít optimální řešení,

kompromis mezi životností vrtáku, otvoru bez viditelných rýh a velikostí třísek. Doporučené řezné rychlosti jsou nejvyšší obvodové rychlosti [5], proto jsou podmínky vrtání nastaveny na $v_c = 98 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a $f_r = 0,18 \text{ mm}$.



Obr. 3.5 Poměrové velikosti třísek vzhledem k různým řezným podmínkám: a) $f_r = 0,26 \text{ mm}$, b) $f_r = 0,18 \text{ mm}$, c) $f_r = 0,11 \text{ mm}$



Obr. 3.6 R_a povrchu vrtaného válce při různých řezných podmínkách

Porovnání parametrů R_a povrchu hlavních otvorů po vrtání jednotlivými posuvy (obr 3.6) jsou změřeny přístrojem Mahr LD 260 při nastavených parametrech: $L_t = 12,5 \text{ mm}$, $L_c =$

2,5 mm, $V_t = 0,5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, filtr ISO 11562. Volba mezní vlnové délky dle ISO 4288 a ISO 3274.

3.1.3 Druhá technologie

Varianta druhé technologie (tab. 3.2) byla v minulosti jedinou výrobní technologií, v současnosti je pouze jako nouzové opatření pro případ markantního nárůstu objednávek kusů nebo havarijního odstavení strojů první alternativy, jelikož se ve většině případů jedná o jednoúčelové stroje nespĺňující parametr schopnosti stroje C_p , $C_{pk} \geq 1,67$. Jediný automatický stroj je zde soustruh SPT 16.

Tab. 3.2 Operace druhé alternativní technologie

Číslo operace	Stroj	Název operace	t_k [min]
1.	SIG RC 866	Vrtat hlavní otvor	0,896
2.	Vrtačka A40	Předvrtat otvory	1,145
3.	Lis	Prostříhnout drážky	0,391
4.	Soustruh SPT16 CNC	Soustružit tvar	2,980
5.	Vrtačka VS32	Odjehlit drážky	0,264
6.	Soustruh SV18R/1000	Soustružit přírubu	0,725
7.	Ruční	Odjehlit	0,162
8.	Soustruh SPT 16 CNC	Soustružit šachtu	3,472
9.	Soustruh SV18R/1000	Zarovnat, zahloubit	0,468
10.	Vrtačka RC 551/2	Vrtat, vystružit sací otvory	2,330
11.	Vrtačka JS-B-12	Vrtat šikmý odpadní otvor	0,650
Σt_k			13,48

3.1.4 Příprava k tepelné úpravě

Před tepelnou úpravou je ještě potřeba zajistit několik dodatečných operací v případě první i druhé alternativy technologie (tab. 3.3).

Tab. 3.3 Operace pro přípravu na tepelné zpracování

Číslo operace	Stroj	Název operace	t_k [min]
1.	Vrtačka JS-B-12	Odjehlit otvory	0,236
2.	Pračka Z00011	Vyprat	0,113
3.	Vypalovačka RC 571	Vypálit proniky otvorů	0,536

Odjehlení kusů je potřeba z důvodu předejití následného problematického připečení ořepu ke stěně v otvoru v kalírně, stejně tak vypálení proniku odpadních otvorů, které musí být pro tepelné zpracování čisté a průchozí.

3.2 Opracování po tepelné úpravě

Konečná podoba válce (příloha 2) je po opracování po tepelné úpravě, kdy je válec po operaci kalit, popustit na tvrdost 58 – 61 HRC ještě cementován do hloubky 0,4 – 0,6 mm. Poté jsou kusy tryskány kvůli dokonalému odmaštění a nahrubo předhonován hlavní otvor s přídavkem 0,06 – 0,07 mm na konečný rozměr jeho průměru s maximální kruhovitostí a přímostí 4 μm . Následně je v hlavním otvoru, ponořeného kusu v elektrolytu, elektrodou vypalován zápich, do kterého ústí šikmý odpadní otvor z povrchu válce, odvádějící při

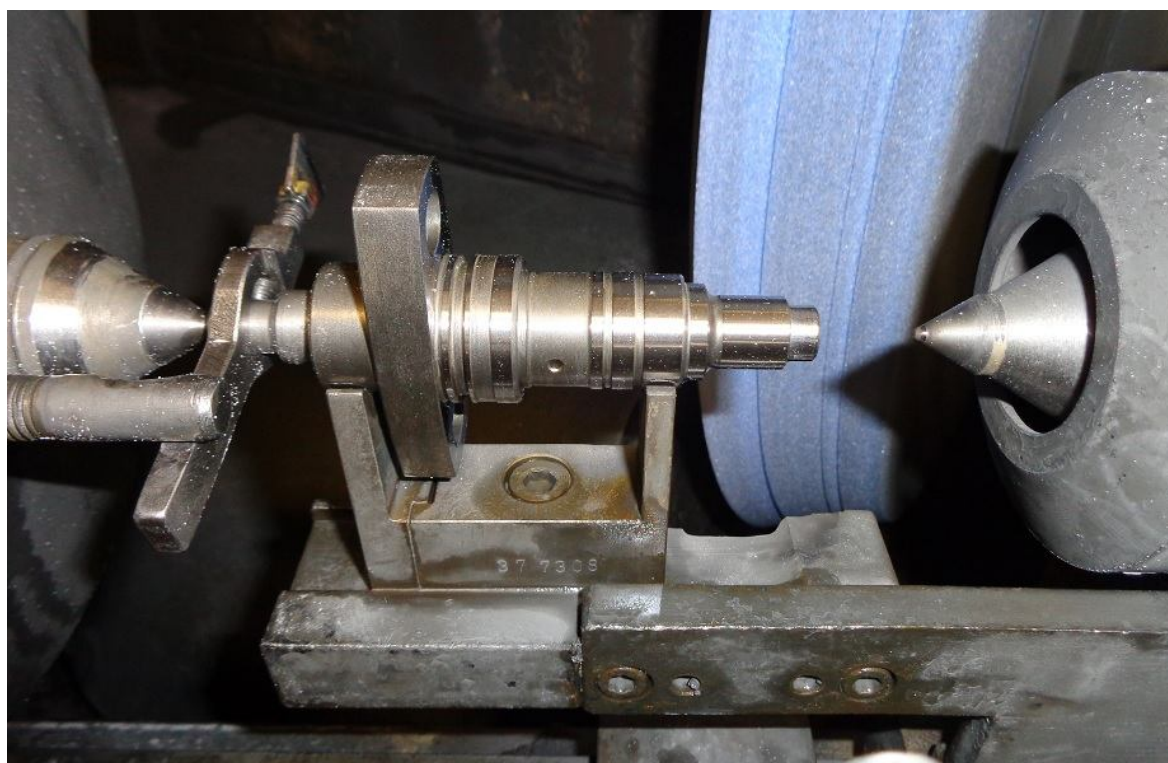
plnění funkce přebytek paliva. Poté je kus povrchově broušen a finišován jeho hlavní otvor. Celkový sled operací po tepelné úpravě ukazuje tabulka 3.4.

Tab. 3.4 Operace kusu po tepelné úpravě

Číslo operace	Stroj	Název operace	t_k [min]
1.	Pec TQFR 4 EM	Cementovat, kalit, popustit	0,660
2.	TMSO 2.4 / 6	Tryskat	0,138
3.	Honovačka DVA 10	Předhonovat	2,249
4.	Vypalovačka RC 581	Vypalovat zápich	0,458
5.	Bruska RC 1035	Brousit průměry a čelo	1,323
6.	Pračka RC 880	Vyprat, konzervovat	0,137
7.	Linka	Fosfátovat	0,312
8.	Honovačka DVA 10	Honovat otvor	2,433
9.	Honovačka MDR 120E	Honovat jemným diamantem	1,260
10.	Ruční	Celkově odjehlit	0,560
11.	Lapovací stroj BH 11	Dokončit válec	2,206
Σt_k			11,736

3.2.1 Broušení průměrů

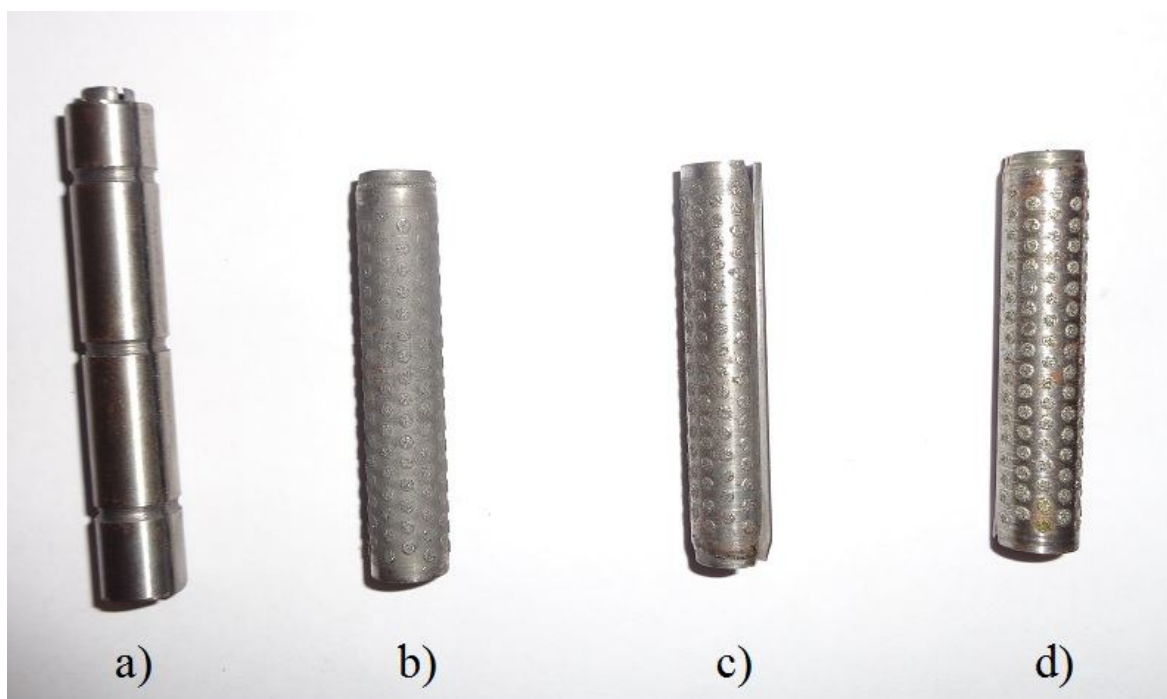
Broušení průměrů povrchu válce (obr. 3.6) zaručuje jeho následnou těsnost a montáž do skříně čerpadla. Předepsané obvodové házení vnějších průměrů vůči ose hlavního otvoru zajistí broušení při upnutí kusu za trn v tomto otvoru a broušení čela křídla – dosedací plochy válce předepsané opracování s přesnou vzdáleností sacího otvoru.



Obr. 3.6 Broušené povrchy kusu

3.2.2 Honování a finišování

Konečné opracování povrchu hlavního otvoru je rozděleno na několik operací. Nejprve jsou operace honování – hrubé, střední, jemné (obr 3.7) a na samotný závěr operace lapování, která před párovým broušením s pístem má parametr $R_a = 0,1$. Jednotlivé operace honování mají různě velký úběr materiálu, podle velikosti diamantových zrn nanesených na použitém honovacím pouzdru. Během úběrů se otvory rozměrují dle svojí velikosti pro konečné lapování. Při operaci lapovat je kus upnut do přípravku a na zavedené litinové lapovací pouzdro do hlavního otvoru se nanáší lapovací pasta. Po skončení lineárního pohybu pouzdra v otvoru válce by měl mít otvor díky seřízení stroje a jeho úběru 4 – 6 μm ze stěny otvoru předepsanou kruhovitost 0,6 μm a přímost 1 μm .



Obr. 3.7 Pouzdra pro: a) lapování, b) jemné honování, c) střední honování, d) hrubé honování

3.2.3 Ostatní operace

Náplní závěrečné operace dokončit válec je kromě finišování hlavního otvoru také praní a odstranění zbytků lapovací pasty z otvoru s následnou vizuální kontrola jeho povrchu a následné rozměření do skupin podle velikosti průměru k následnému párování.

Celková doba výroby kusu se tedy liší podle alternativy využití technologie. Při použití alternativy první s obráběcím centrem je celkový kusový čas $\Sigma t_K = 3,9 + 0,885 + 11,736 = 16,516$ minut.

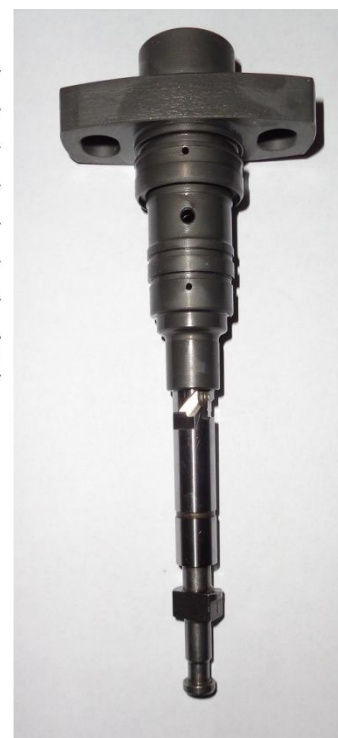
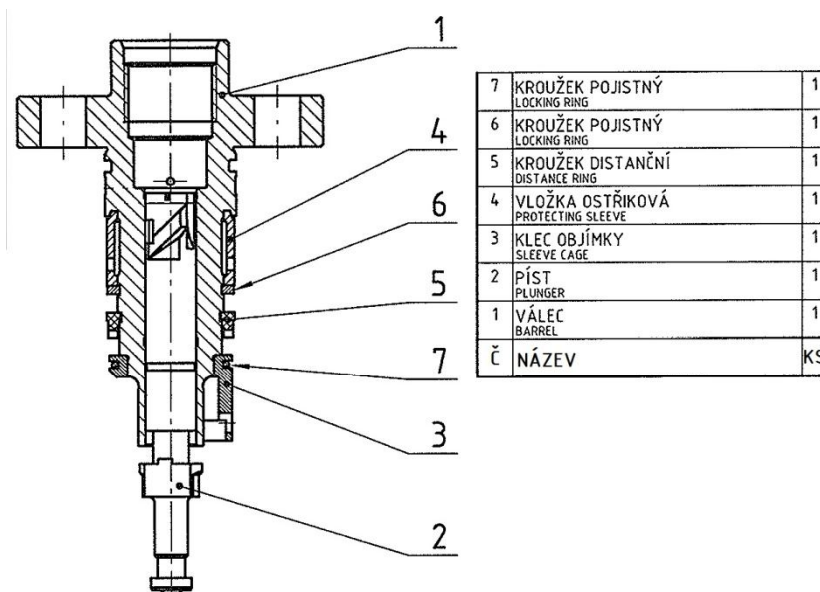
Druhá alternativa má celkový kusový čas $\Sigma t_K = 13,48 + 0,885 + 11,736 = 26,104$ minut. Časy jednotlivých operací se získají záznamem snímku pracovního dne při zavádění výroby na jednotlivých operacích, kdy se vyhodnocuje čas potřebný na výrobu kusu s ohledem na seřízení stroje, výměnu náradí, nepřítomnost obsluhy z důvodu oběda, nebo zdravotní hlukové přestávky a jiných důvodů.

4 PÁROVÁNÍ SESTAVY A VZNIK VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKY

Spárovaný válec a píst má dvojí využití, element může být dodáván jako servisní, náhradní díl do některého z již používaných čerpadel, nebo je na něj namontováno další příslušenství a poté slouží už jako kompletní vstříkovací jednotka k montáži do čerpadla.

4.1 Dokončovací operace a kontrola

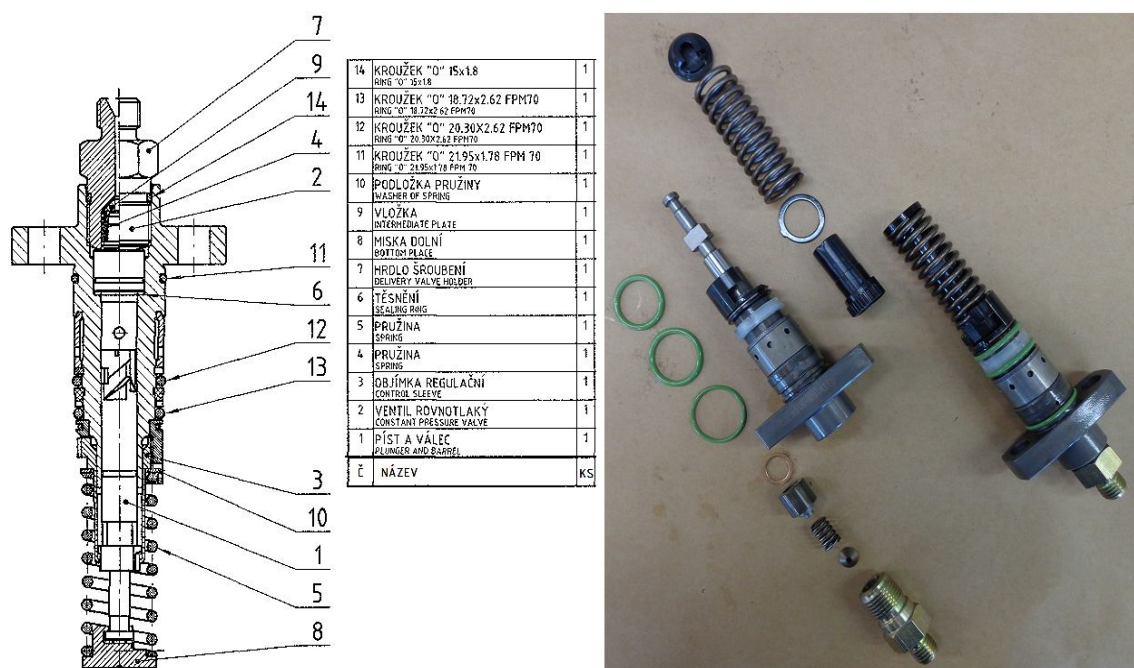
Při párovém broušení se nejprve rozměří válec podle velikosti průměru hlavního otvoru. Poté se seřídí kontrolní přístroj Etamic, podle nastavujícího, nulového etalonu pro měření vůle na ručičkovém ukazateli rozpoznatelné unikající vzduch okolo povrchu průměru etalonu. Po seřízení se proměřují vzduchové úniky mezi již nastaveným průměrem etalonu a průměrem měřeného pístu. Pokud není vůle dostatečná, provede se obroušení průměru pístu dle automatického cyklu v porovnání s jeho měřidlem. Následně se porovnává vůle podle výchylky ručičkového ukazatele mezi daným otvorem válce a jeho pístem, pokud vyhovuje, pak je možné spárovat a kontrolovat klesání pístu ve válci svojí vahou za přítomnosti maziva unášečem pístu až na čelo válce, pokud nevyhovuje, provede se další korekce obroušením průměru pístu. Po spárování (obr. 4.1), již není žádoucí tyto komponenty rozdělovat. Následně se typově element značí na křídlo válce. V případě prodeje se na element již pouze montují další komponenty.



Obr. 4.1 Popis a umístění komponentů elementu včetně reálného zobrazení bez osazení

4.2 Montáž, balení a značení vstříkovací jednotky

Při montáži elementu na vstříkovací jednotku (obr. 4.2) se element navíc osazuje dalšími komponenty. Poté je krátkodobě zabalen pro převoz k montáži do skříně čerpadla.



Obr. 4.2 Popis a umístění komponentů vstříkovací jednotky včetně reálného zobrazení

4.3 Montáž do čerpací soupravy

Montáž vstříkovací jednotky se provádí na montážním páse v Jihlavské lokalitě závodu. Zcela dle přání zákazníka lze celou vstříkovací sestavu doplnit, nebo komponentně odlišit o vybrané příslušenství od typu regulační skříně přes umístění stopovacího zařízení až po způsob konzervace a expedování. V současné době se typové zastoupení vstříkovacích sestav dělí na cca 600 typů. Popisovaný typ vstříkovací jednotky je typ PP.M.e.

Tab. 4.1 Typové zastoupení vstříkovacích souprav. [2]

Typ	PP.M.e	PP.M.i	PP.M.f
Emisní norma	EURO/TIER I	EURO IV/TIER III	EURO/TIER II
Zdvih pístu	8 mm	10 (8) mm	12 (14) mm
Rozteč vstříkovacích sekcí	26 mm	26 mm	27 mm
Průměr pístu	6 – 9,5 mm	7 – 10 mm	8 – 10 mm
Počet vstříkovacích sekcí	3, 4, 6	3, 4, 6, 8	3, 4, 5, 6, 8
Max. vstříkované množství paliva	128 mm ³ /zdvih	176 mm ³ /zdvih	270 mm ³ /zdvih
Maximální otáčky	2 200 min ⁻¹	2 200 min ⁻¹	2 200 min ⁻¹
Maximální vstříkovací tlak	60 MPa	80 MPa	100 MPa
Specifická dodávka	21,5 mm ³ .grad ⁻¹	26,5 mm ³ .grad ⁻¹	35,3 mm ³ .grad ⁻¹

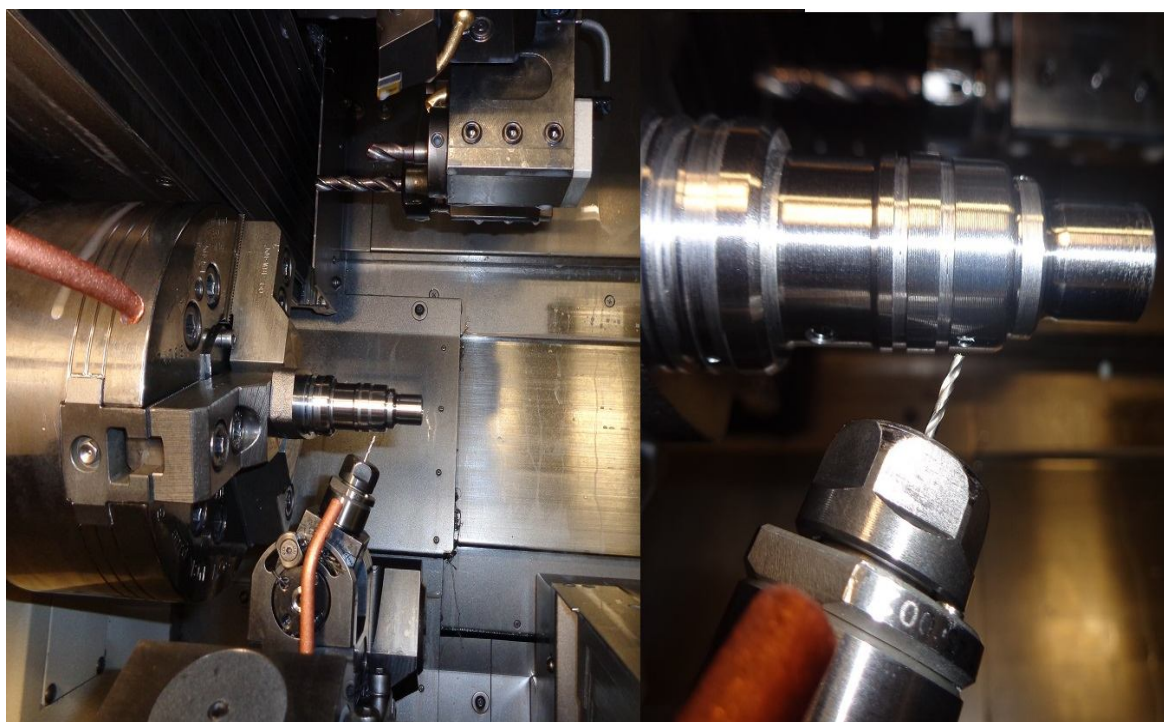
Montáží vstříkovací jednotky do vstříkovací soupravy končí jakákoli její úprava či výrobní pohyb nebo úprava jejího válce.

5 VÝROBA VZORKŮ

Kromě výroby stávajících typů válců někdy dojde na výrobu vzorků a vstřikovacích jednotek dle přání zákazníka, většinou kvůli výkonnostním nebo dlouhodobě funkčním zkouškám čerpadel osazenými těmito kusy. Pokud vzorky splní požadavky dle představ zákazníka, udělí se jim sériové číslo a výroba takovýchto kusů je trvale zavedena. Před stabilním zavedením do výroby je ovšem potřeba odladit výrobu prvotních vzorků, která zde bude popsána.

5.1 Porovnání s příbuznými kusy

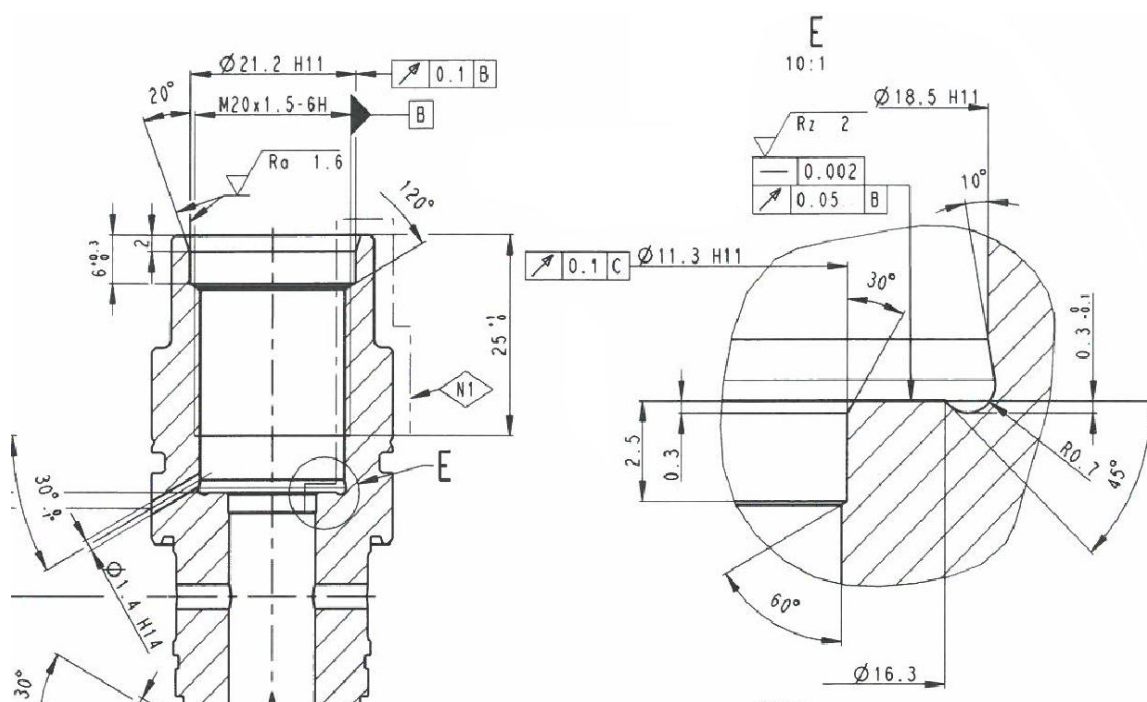
Stávající zatím teprve výrobně nabíhající vzorky (příloha 5) válců vstřikovací jednotky jsou tvarově příbuzné kusu popisovanému v kapitole 3 (příloha 2), nejsou ovšem totožné, čili nebudou totožné ani časové, strojové úkony (tab. 3.1). Hlavní rozdíl je v průměru otvoru pro píst, celkové délce kusu a větších vnějších průměrech. Nesouhlasí zde ani tvar šachty, velikost jejího závitu pro hrdlo šroubení a ani velikost křídla válce. Možný problém zde může nastat při soustružení čelního zápichu v šachtě pod úhlem a vrtání druhého odpadního otvoru pod jiným úhlem než na stávajícím válci. Odpadní otvory jsou předvrtány navrtávkem průměru 5 mm s vrcholovým úhlem 90° do hloubky 0,4 mm na požadovaný tvarový průměr. Poté do něj, dle programu, pod již nastaveným úhlem držáku najíždí pracovním posuvem vrták průměru 1,4 mm z HSS materiálu značky Gühring (obr. 5.1).



Obr. 5.1 Vrtání šikmého odpadního otvoru, vpravo detail HSS vrtáku Gühring

Kvůli malému průměru vrtáku je tato operace choulostivá na dodržení úhlu 30° vrtaného otvoru (příloha 4), tím také na danou vzdálenost vyvrtaného otvoru ústícího do hlavní díry kvůli vypalování vnitřního zápichu elektrodou a v neposlední řadě při špatném odladění hrozí zalomení vrtáku. Dodržení malého posuvu f_r při zavrtávání vrtáků je zde nutností. Další nezbytnou nutností je kvalitní, přímé chlazení procesní kapalinou do místa vrtání.

Na dně šachty válce je okótován čelní zápich s nájezdem od stěny šachty pod úhlem 10° a výjezdem z čela pod 45° . Dodržení takovéto kontury provedení zápichu bude muset řešit vnitřní tvarový nůž a následné dostatečné měření jak hloubky zápichu, tak i jeho průměr ve stěně šachty.



Obr 5.2 Detail E čelního zápichu na dně šachty

5.2 Zhodnocení teoretických výsledků a zlepšovací opatření

Při porovnání polotovarů válců popisované výroby a výroby vzorků je zřejmé, že polotovar vzorků je nařezaná, předběžně povrchově osoustružená tyč o průměru 75 mm. Z tohoto důvodu bude frézování křídla vzorku několikanásobně delší z důvodu úběru velkého množství materiálu. Výrazné časové zlepšení by se projevilo, pokud by polotovar vzorku měl alespoň podobný tvar křídla jako výkovek válce.

Pokud by toto nebylo možné, tak další zlepšení by nastalo při znovu seřazení operací na obráběcím centru, kdy by se časy úseků obou revolverů pracovně překrývaly co nejvíce.

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VČETNĚ EKOLOGIE

S nežádoucími ekologickými produkty, které během výroby vzniknou, se nakládá dle vnitřních předpisů.

6.1 Ekonomické vyhodnocení

Dle porovnání obou kusových časů výroby válce alternativy 1 a 2 je také různá i jejich závěrečná cena, která se stanoví součtem nákladů na jednotlivých operacích (tab. 6.1). Operace na stroji Nakamura je v závorce proto, aby se odlišila od označených operací, které sama obsahuje ve sledu svých úseků. Označené operace poté znázorňují opracování válce před tepelnou úpravou pomocí druhé technologie, neoznačené jsou následné operace společné pro obě technologie.

Tab. 6.1 Náklady na jednotlivé operace

Číslo operace	Stroj	Název operace	t_k [min]	Částka [Kč]
(1.)	Nakamura Tome	Obrobit válec	3,895	26,91
1.	SIG RC 866	Vrtat hlavní otvor	0,896	5,244
2.	Vrtačka A40	Předvrtat otvory	1,145	2,971
3.	Lis	Prostříhnout drážky	0,391	1,705
4.	Soustruh SPT16 CNC	Soustružit tvar	2,980	12,377
5.	Vrtačka VS32	Odjehlít drážky	0,264	1,1
6.	Soustruh SV18R/1000	Soustružit přírubu	0,725	3,083
7.	Ruční	Odjehlít	0,162	0,52
8.	Soustruh SPT 16 CNC	Soustružit šachtu	3,472	14,42
9.	Soustruh SV18R/1000	Zarovnat, zahloubit	0,468	1,99
10.	Vrtačka RC 551/2	Vrtat, vystružit sací otvory	2,330	8,568
11.	Vrtačka JS-B-12	Vrtat šikmý odpadní otvor	0,650	0,95
12.	Vrtačka JS-B-12	Odjehlít otvory	0,236	0,864
13.	Pračka Z00011	Vyprat	0,113	0,55
14.	Vypalovačka RC 571	Vypálit proniky otvorů	0,536	2,418
15.	Pec TQFR 4 EM	Cementovat, kalit, popustit	0,660	6,704
16.	TMSO 2.4 / 6	Tryskat	0,138	1,21
17.	Honovačka DVA 10	Předhonovat	2,249	4,653
18.	Vypalovačka RC 581	Vypalovat zápich	0,458	2,066
19.	Bruska RC 1035	Brousit průměry a čelo	1,323	6,887
20.	Pračka RC 880	Vyprat, konzervovat	0,137	1,206
21.	Linka	Fosfátovat	0,312	1,456
22.	Honovačka DVA 10	Honovat otvor	2,433	5,033
23.	Honovačka MDR 120E	Honovat jemným dia.	1,260	3,691
24.	Ruční	Celkově odjehlít	0,560	2,05
25.	BH 11	Dokončit válec	2,206	10,07
$\Sigma t_k; \Sigma K\check{c}$			26,104	101,786
$\Sigma t_k; \Sigma K\check{c}$			16,28	74,904

Údaje ve sloupci částka jsou převzaty z firmy. Jejich hodnoty jsou dány koeficienty jednotlivých operací, které jsou složené z nákladů na nářadí, nákladů na provoz stroje a mzdu pracovníka dle výrobního času a tyto jsou násobeny výrobním časem dané operace. Každým rokem se tyto koeficienty mění, z důvodu změn v cenách energií, nářadí potřebných na operaci a jiných změn, jejichž konkrétní podobu má na starosti oddělení Facility.

6.2 Ekologický dopad

Firma díky jejím vnitřním předpisům a přímo určeným pracovníkům dodržuje ekologické zacházení s tříděnými odpady, komunálními odpady, procesními látkami a oleji, jejich skladování a následnou recyklaci za pomoci několika externích firem.

6.2.1 Ekologie procesních kapalin

Výměnu procesních kapalin a jejich likvidaci provádí v celém podniku firma Aknel Group a.s. Stroj Nakamura Tome používá jako procesní kapalinu AG Cool B 643, jejíž základní údaje jsou uvedeny v tabulce 6.2 a při její manipulaci se jedná dle bezpečnostního listu podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a Nařízení Komise (EU) č. 453/2010. S užíváním všech kapalin pro dotyčné pracoviště jsou vždy seznámeni všichni zaměstnanci, kteří mohou s těmito látkami přijít do styku, stejně tak proškoleni v bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a v poskytnutí případné první lékařské pomoci.

Tab. 6.2 Základní údaje používané procesní kapaliny

Klasifikace směsi podle 1999/45/ES	Dráždí oči, dýchací orgány a kůži
Nebezpečné látky	N-Butyl-diethanolamine (CAS: 102-79-4) N,N' Methylenebismorpholine (CAS: 5625-90-1) Poly (oxy-1,2--ethenedil),alpha-(2-(1-oxo-9-octadecenyl) amino) ethyl)-hydroxy-,(Z) (CAS: 26027-37-2)
skupenství kapalné při 20°	bod vzplanutí >150 °C (ISO 2592)
barva žlutohnědá	bod hoření >170 °C
zápach aromatický	viskozita 58
hodnota pH 9,3 5% roztok při 20 °C	hustota 0,999 g/cm ³ při 15 °C (DIN 12185)
teplota tání <-20 °C	rozpustnost ve vodě mísitelná
teplota vznícení >300 °C	tlak páry < 0,01 kPa při °C

6.2.2 Recyklace nářadí

Vyřazené, ztupené nástroje (obr. 6.1), které se opotřebují, nebo dokonce olámou během výrobního procesu, se po jejich odepsání vracejí do výdejny nástrojů výměnou za nové a ostré. Následně se při větším množství sváží vnitřní dopravou do centrální výdejny hlavního závodu, kde se třídí podle druhu materiálu. Poté je tento materiál externí firmou odkoupen a recyklován nebo dále prodán do hutí. Nejběžnějšími materiály bývá rychlořezná nástrojová ocel 19810 a výměnné břitové destičky ze slinutého karbidu.



Obr. 6.1 Otupené a olámané nářadí po odepsání

Výdejna funguje také jako místo pro výměnu různých měřicích pomůcek a kalibrů, kterým vypršela doba platnosti, po kterou se mohou ve výrobě používat. Takto časově omezená měřidla mají viditelně barevné označení platnosti dle aktuálního měsíce a s přiblížením se jeho vypršení se po výměně zasílají k re-kalibraci, či seřízení na příslušné pracoviště OTK.

7 DISKUZE

S přihlédnutím na pokles současného množství požadavků a objednávek válců vstřikovacích jednotek se dá soudit, že se situace nezlepší, dokud nezačnou platit přísnější ekologické limity pro zemědělskou techniku se vznětovými motory v místech používání. Do té doby bude mít paradoxně kvalitou horší, ale cenově levnější konkurence výroby čerpadel výhodu.

7.1 Výhled do budoucna

Tab. 7.1 Počty vyrobených elementů a vstřikovacích jednotek

Roky	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Elementy EA	18 950	47 769	51 076	51 737	15 554	48 711
Elementy EB	2 483	1 610	543	689	879	828
Elementy EM	2 573	3 438	2 036	1 730	7 465	3 835
Elementy EK	5 084	7 280	5 454	3 429	2 949	3 367
Elementy ostatní Motorpal	540	528	0	582	0	0
Elementy M1	15 240	29 144	29 950	27 018	35 429	21 129
Elementy M2	2 957	4 853	2 560	3 212	11 220	6 668
Elementy M3	2 570	2 366	3 663	4 160	4 945	5 590
Elementy WUXI	0	700	537	3 451	0	0
Elementy PC1M	55 716	176 885	264 768	275 076	206 681	124 942
Elementy Steyr	6 280	7 433	12 915	7 832	9 870	9 680
Elementy PEB	733	410	548	173	11 911	6 056
Elementy B,BDR	838	448	1 116	2 265	431	1 233
Elementy MD	51 717	46 742	64 198	59 025	47 426	55 700
Elementy VD	66 876	53 684	45 087	30 749	40 022	39 487
Elementy P 7000	28 549	30 986	32 525	39 490	38 973	40 377
Elementy P 8000	1 911	2 967	2 041	4 653	6 366	7 836
Elementy P 8500	1 539	464	1 541	2 665	1 366	2 536
Elementy MW	2 415	4 721	4 874	5 663	2 867	7 414
Elementy Delphi	33 317	239 087	236 341	201 947	160 681	121 072
Elementy ostatní	910	214	1 190	1 059	966	1 365
Elementy EZ	810	200	308	976	853	443
Elementy EC	1 298	1 459	1 377	1 644	1 093	1 283
Elementy EX	280	358	323	163	1 122	0
Elementy EY	201	171	225	0	133	0
Jednotky vstřikovací M1	5 278	2 693	5 138	43 325	66 008	111 334
Jednotky vstřikovací M2	55 166	106 705	154 936	143 285	103 267	87 870
Jednotky vstřikovací M3	75 409	104 839	133 330	120 053	111 684	96 869
Jednotky vstřikovací WUXI	0	102	509	229	1 770	240
CELKEM	439 640	878 256	1 059 109	1 036 280	891 931	805 865

Dle tabulky (tab. 7.1) má množstevně budoucnost výroby stávajících válců, elementů a vstřikovacích jednotek sestupnou tendenci. Příčinou jsou zejména ekologické limity zemědělských strojů v místech používání motorů s čerpadly osazenými těmito

vstřikovacími jednotkami a politicko – ekonomická situace v zemích bývalého východního bloku, kam se značné množství této techniky exportuje.

7.2 Návrhy na zlepšení

Jisté zlepšení firemního postavení by přineslo rozšíření působení do jiných směrů a odvětví strojírenství než jen čistá výroba čerpadel a trysek do zemědělské a jiné hospodářské techniky s obrovskou variabilitou a příslušenstvím pro klesající poptávku po těchto výrobcích. Bohužel strojní park společnosti je většinou velmi starý a neschopen se přizpůsobit různým jiným výrobám, než na které je určen a na který je používán.

Obrábění otvoru válce před tepelnou úpravou by zajisté pomohlo vyzkoušení vrtání s poháněným nástrojovým držákem pro vrták proti již rotujícímu, upnutému válci ve sklíčidle z důvodu lepšího zavedení vrtáku do čela válce. V případě vývoje upínání nástrojů do nástrojových držáků revolverových hlav obráběcích center by byla nejlepší varianta tepelného upínání vrtáku a tímto eliminace jakékoli, byť i minimální nerovnosti při stávajícím upnutí nástroje do kleštiny.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vytvořit technologický projekt předkládající reálné podmínky výroby náročné součásti a popis výroby válce vstřikovací jednotky. Vysoká flexibilita popisovaného obráběcího centra zachytila celou výrobu válce před tepelným zpracováním. Nechybí popis operací alternativní technologie a následující popis výroby po tepelném zpracování až po spárování, montáž a funkční zavedení do vstřikovací sestavy. Vzhledem k variabilitě různých nových vzorků válců vstupujících do výroby oproti již výrobě zavedené, teoreticky vyplynulo:

- minimalizovat co největší množství odebíraného materiálu ze vstupujícího polotovaru válce do výroby díky přizpůsobení jeho tvaru,
- rozvržení jednotlivých operací na obou revolverových hlavách stroje vždy rozložit tak, aby se překrývaly cyklové časy při práci na dvou vřetenech co nejvíce,
- využít kompromis v nastavení řezných podmínek nástrojů tak, aby bylo vždy dosaženo efektivního opracování za cenu vysoké životnosti nástroje,
- z ekonomického hlediska primárně plánovat výrobu vždy na stroj, který zastane více operací najednou a tímto ušetří výrobní náklady i čas potřebný k výrobě kusu,
- během celého pracovního postupu jsou dodržovány ekologické předpisy se zacházením s procesní kapalinou, jakož i dodržování platnosti předepsaných měřidel.

Z porovnání výrobních časů válce pomocí technologické alternativy jedna a dvě se dostáváme k rozdílu 36,7 %, kdy je rychlejší výroba pomocí obráběcího centra. Cenový rozdíl výroby obou technologií na kus je poté 35,8 % také ve prospěch obráběcího centra. Porovnání rovněž ukázalo, že stroje zastávající výrobu několika operací na jedno upnutí, namísto přímo určených jednoúčelových strojů jsou ekonomičtější a při velké sériové výrobě jsou také rychle zaplacený.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB Sandvik Coromant - Sandvik CZ, s.r.o. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. čes. vyd. Praha: Sandvik Coromant, 1997, 1 sv. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
2. *Katalog výrobků / Products catalogue*. Jihlava: MOTORPAL, a.s. , 2008. 40 s.
3. *Obráběcí centrum pro přesné obrábění WT-100: Uživatelský manuál*. 2005. Nakamura-Tome precision Industry CO., LTD.
4. *Vrtání, nástroje*. Latrobe: Kennametal Inc., 2009. 712 s.
5. *Technická příručka obrábění*. Sandviken: AB Sandvik Coromant, 2005. 602 s.
6. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
D	[mm]	Průměr nástroje
HRC	[-]	Tvrдость dle Rockwella
OTK	[-]	Oddělení technické kontroly
TPV	[-]	Technická příprava výroby
L_c	[mm]	Délka přeběhu a náběhu při měření
L_t	[mm]	Celková délka parametru Ra obrobeneho povrchu
V_t	[mm.s ⁻¹]	Rychlost měřicího dotyku


Symbol	Jednotka	Popis
Ra	[μm]	Průměrná aritmetická úchylka profilu
f_r	[mm]	Posuv na otáčku
n	[min ⁻¹]	Otáčky nástroje
t_{AS}	[min]	Čas strojní
t_K	[min]	Čas kusový
v_f	[mm.min ⁻¹]	Rychlost posuvu
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|-----------|----------------------------------|
| Příloha 1 | Válec M3 rozbor materiálu 14 220 |
| Příloha 2 | Výkres válce M3 |
| Příloha 3 | Výkres polotovaru válce M3 |
| Příloha 4 | Výkres válce M3+ |
| Příloha 5 | Výkres polotovaru válce M3+ |

PŘÍLOHA 1 (1/9)

Válec M3 rozbor materiálu 14 220

		Posudek laboratoře č.: 589/14					
Číslo vykresu:		V Jihlavě dne: 22.5.2014					
Počet:	Součást: válec M3 č. 1, 2	Počet listů:	Počet příloh:	Číslo zakázky: 589			
Objednavatel: Motorpal Batelov – p. Drápal							
Množství: 2 ks	Tavba č.:	Dod.list č.:	Příjemka:	Dodavatel:			
Předmět zprávy: chemický rozbor, tvrdost – špatná obrobitelnost hlavního otvoru (hrubý povrch – rýhy) Vzorek válec č. 1 je z doby, kdy nebyl problém s obrobitelností hlavního otvoru, č. 2 z poslední doby dodaný materiál CSN 14 220, viz atest vz. č. 1, př. č. 2 <u>Předepsáno:</u> materiál 14 220 tvrdost min. 152 HB							
<u>Nalezeno:</u> Vzorek č. 1							
<u>Tvrdost</u> 201 HBW (2,5/187,5) 212 HV30, tj. ~ 208 HV3							
<u>Chemický rozbor v %</u>							
C	0,192	Si	0,288	Mn	1,240	P	<0,001
S	0,005	Cr	1,090	Mo	<0,002	Ni	0,031
Al	0,023	Co	0,005	Cu	0,026	Nb	0,008
Ti	0,001	V	0,008	W	0,020	Pb	<0,003
Sn	0,006	Mg		As	0,028	Zr	0,003
Ca	0,003	Ce	0,008	Ta		B	0,000
Zn	0,002	La	<0,001	Fe	97,010		
Odpovídá na materiál: 14 220							
<u>Metalografické posouzení</u> <u>Neleptáno</u> Obr. č. 1, 2 – podélný řez, menší množství simiků							
<u>Naleptáno</u> Obr. č. 5, 6 – podélný řez, nepatrná podélná strukturální řádkovitost Obr. č. 7, 8 – příčný řez V obou případech je struktura tvořena pravděpodobně jemným vysoko popuštěným martenzitem (blíží se již žíhanému stavu na měkko).							
Datum příjmu:	Přijímací útvar: MLG	Rozdělovník: p. Lexa, p. Kupka, p. Pilát, pí. Kožiarská, p. Hlaváček, p. Haták, pí. Pitnerová, pí. Dohnalová, p. Kratochvíl, ing. Báča, ing. Dočekal St.		Zprávu zpracoval: Ing. Svoboda			

MLG-11-4-007-11-0

PŘÍLOHA 1 (2/9)

Válec M3 rozbor materiálu 14 220

Posudek laboratoře č.: 589/14						List č.: 2	
<p><u>Shmutí:</u> - chem. složení odpovídá 14 220 - tvrdost odpovídá pravděpodobně původně předepsanému stavu „zušlechtit“ - struktura odpovídá pravděpodobně původně předepsanému stavu „zušlechtit“</p>							
<p><u>Vzorek č. 2</u></p>							
<p><u>Tvrdost</u> 160 HBW (2,5/187,5) 158 HV30, tj. ~ 154 HV3</p>							
<p><u>Chemický rozbor v %</u></p>							
C	0,186	Si	0,301	Mn	1,240	P	<0,001
S	0,027	Cr	1,090	Mo	0,009	Ni	0,034
Al	0,026	Co	0,006	Cu	0,025	Nb	0,008
Ti	0,001	V	0,008	W	0,025	Pb	<0,003
Sn	0,006	Mg		As	0,011	Zr	0,005
Ca	0,001	Ce	0,009	Ta		B	0,001
Zn	0,002	La	<0,001	Fe	96,980		
<p><u>Odpovídá na materiál: 14220</u></p>							
<p><u>Metalografické posouzení</u> <u>Neleptáno</u> Obr. č. 3, 4 – podélný řez, oproti vz. č. 1 větší množství siričkových vměstků</p>							
<p><u>Naleptáno</u> Obr. č. 9, 10 – podélný řez, mírná podélná strukturální řádkovitost Obr. č. 11, 12 – příčný řez Struktura je tvořena jemným lamelárním perlitem a feritem .</p>							
<p><u>Shmutí:</u> - chem. složení odpovídá 14 220, souhlasí s atestem - tvrdost vyhovuje - struktura odpovídá normalizovanému stavu</p>							
<p><u>Porovnání chemického složení vz. č. 1 a č. 2</u> Řádek č. 1 – vzorek č. 1, řádek č. 2 – vzorek č. 2 Z hlediska chem. složení nebyl zjištěn výraznější rozdíl mezi jednotlivými prvky mimo obsahu S (tento rozdíl je zřejmý i z dodaných atestů).</p>							

PŘÍLOHA 1 (3/9)

Válec M3 rozbor materiálu 14 220

Posudek laboratoře č.: 589/14										List č.: 3
Měřicí okno - Prvky: Koncentrace										
Soubor Úpravy Měření Program Přístroj Evid. Help										
Posudek MLG: 589/14					Jakost: 14220					
Vzorek: c.1, 2					Tabulka c.:					
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	
1	0.19	0.283	1.26	0.0055	0.0132	1.88	<0.0017	0.0333	0.0226	
2	0.20	0.298	1.24	0.0071	0.0309	1.87	0.0067	0.0362	0.0268	
	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	As	
1	0.0054	0.0273	0.0084	0.0010	0.0100	0.0103	<0.0034	0.0061	0.0092	
2	0.0065	0.0244	0.0083	0.0011	0.0100	0.0190	<0.0034	0.0068	0.0125	
	Zr	Ca	Ce	B	Zn	La	Fe			
1	0.0040	0.0029	0.0078	0.0012	0.0136	<0.0009	97.01			
2	0.0046	0.0029	0.0095	0.0016	0.0123	<0.0009	96.96			

Závěr: Z hlediska chem. složení nebyl zjištěn výraznější rozdíl mezi jednotlivými prvky mimo obsahu S (tento rozdíl je zřejmý i z dodaných atestů). Z hlediska tvrdosti a struktury byl zjištěn výrazný rozdíl mezi vz. č. 1 a 2. Rozdíl je způsoben rozdílným TZ výkovků :

- vzorek č. 1 – zušlechťeno dle původního výkresu (asi do r. 2010)
- vzorek č. 2 – normalizačně žiháno dle současného výkresu

Z důvodu rozdílného TZ nelze porovnat obrobitelnost v současné době. Bylo by nutno dodat vzorek z období, kdy již byly výkovky pouze normalizovány + současně dobrá obrobitelnost

Z atestu je sice dodáváno jako ČSN 14 220, ale s velkou pravděpodobností je u výrobce vedeno jako 16MnCr5 (popř. 16MnCr5S) – doporučuji prověřit u výrobce výkovků a následně u dodavatele (výrobce) tyčí pro výkovky. Následně řešit KR změnou přechod na materiál dle ČSN EN.

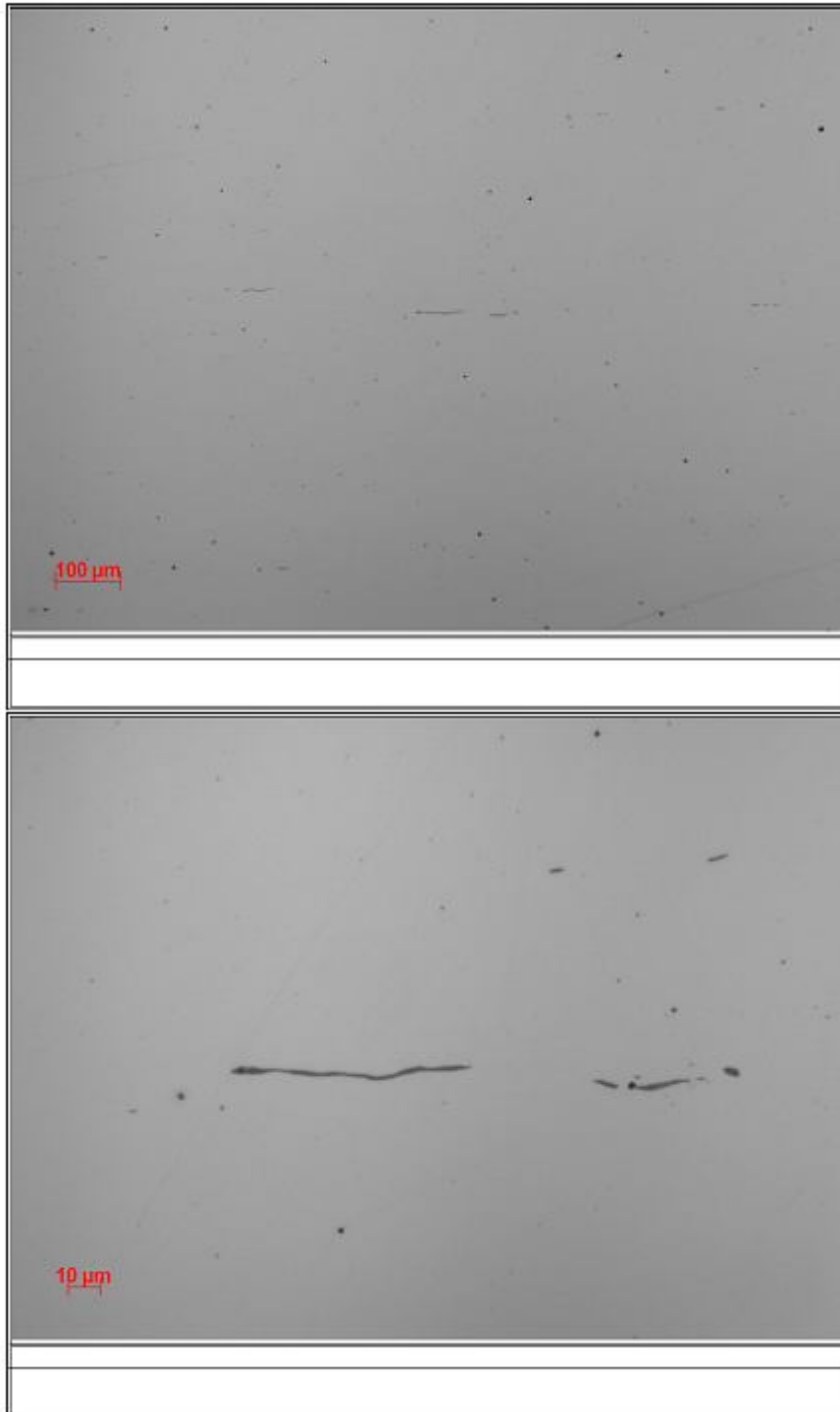
Poznámka: Původně byly výkovky z důvodu lepší obrobitelnosti hlavního otvoru dodávány v zušlechťeném stavu.
Zušlechťování bylo zrušeno převodem obrábění na nový stroj „OKAMURA“

MOTORPAL, a.s.
metallurgie
587 22 JIHLAVA

PŘÍLOHA 1 (4/9)

Válec M3 rozbor materiálu 14 220

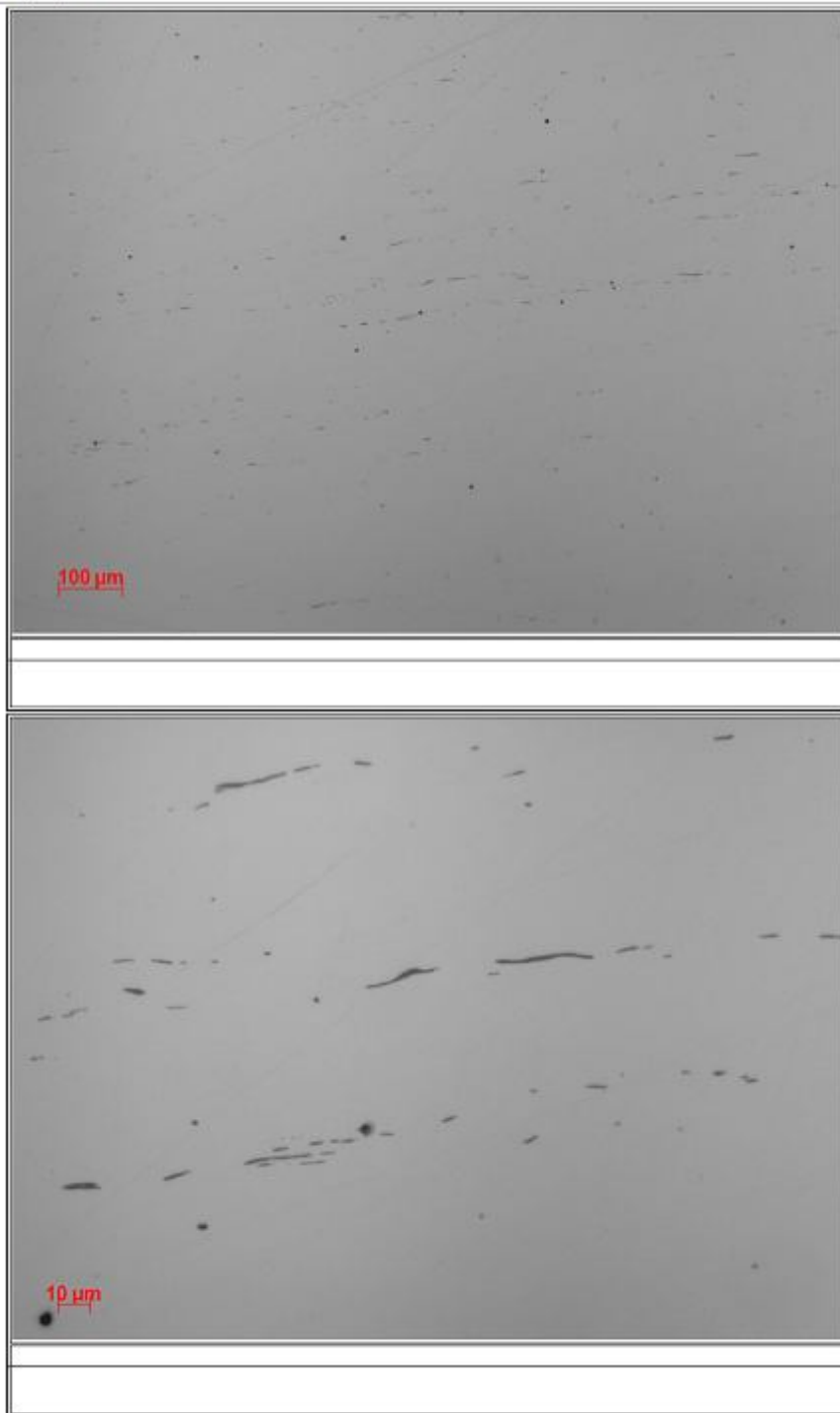
Motorpal, a.s.



PŘÍLOHA 1 (5/9)

Válec M3 rozbor materiálu 14 220

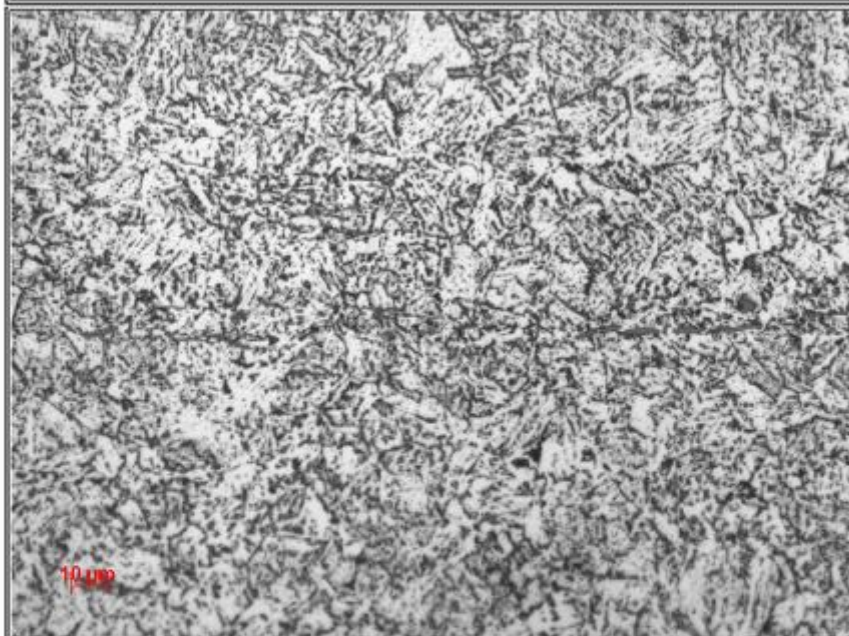
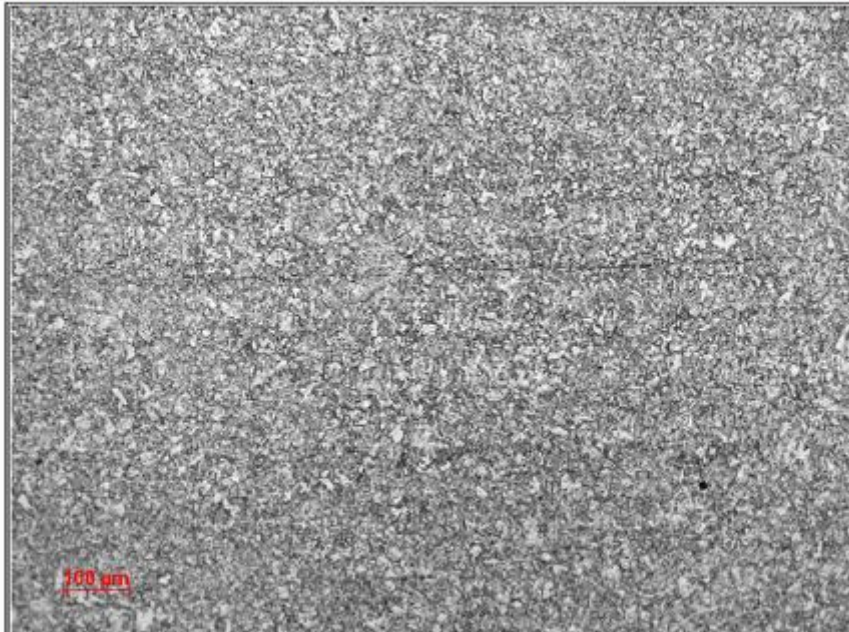
Motorpal, a.s.



PŘÍLOHA 1 (6/9)

Válec M3 rozbor materiálu 14 220

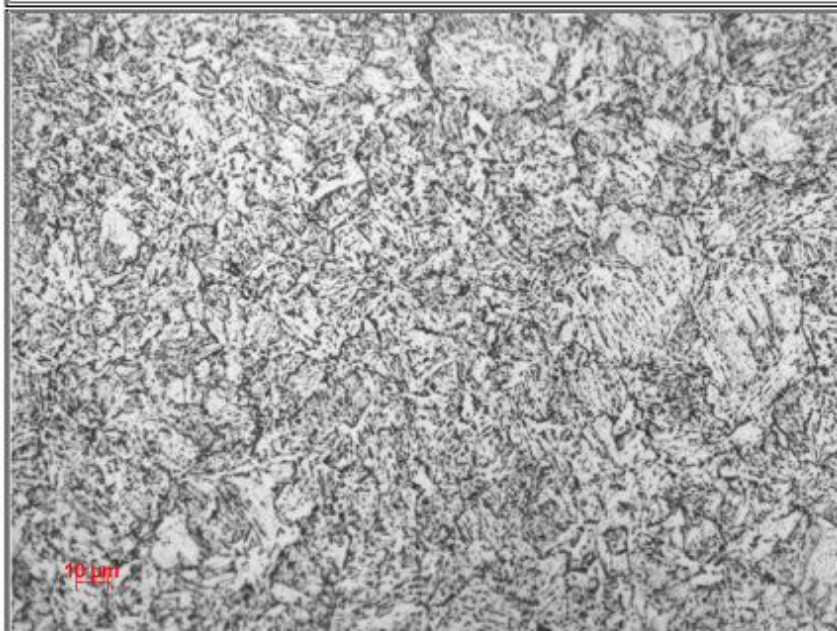
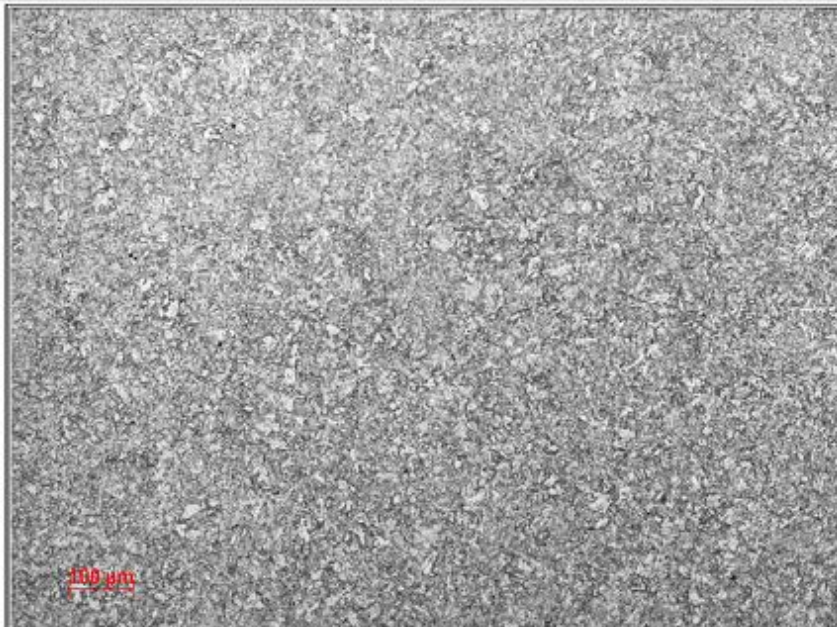
Motorpal, a.s.



PŘÍLOHA 1 (7/9)

Válec M3 rozbor materiálu 14 220

Motorpal, a.s.

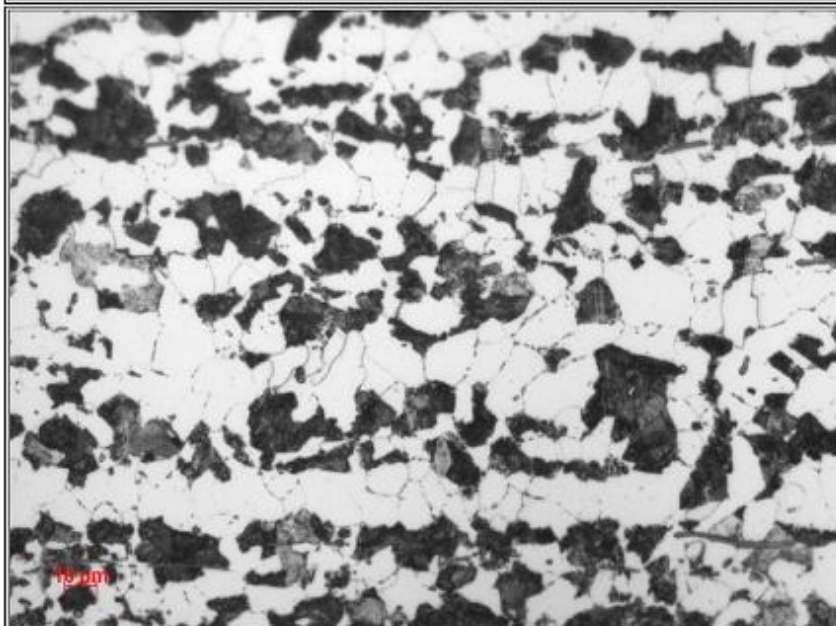


Obr.č. 7, 8

PŘÍLOHA 1 (8/9)

Válec M3 rozbor materiálu 14 220

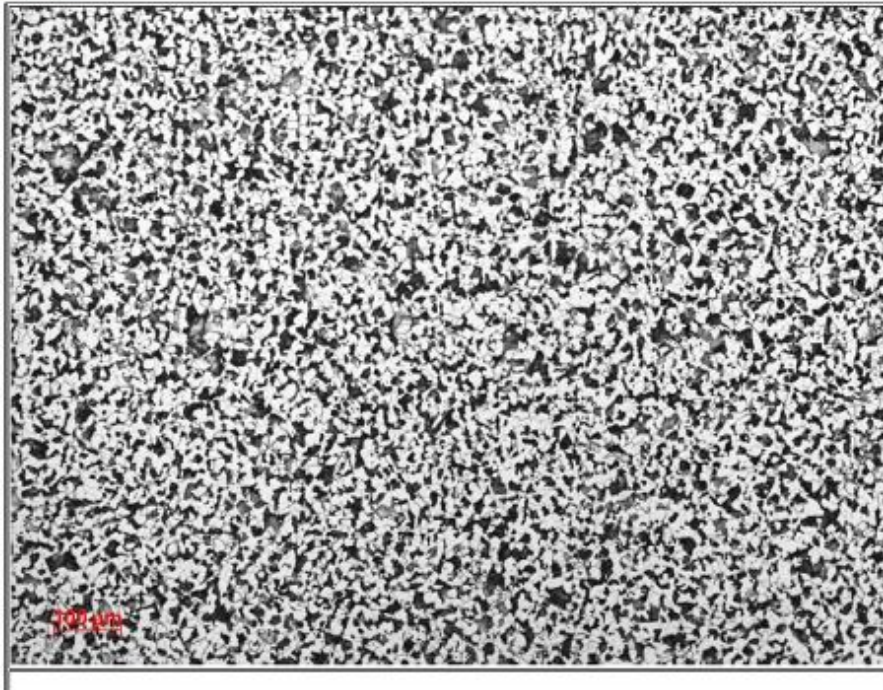
Motorpal, a.s.



PŘÍLOHA 1 (9/9)

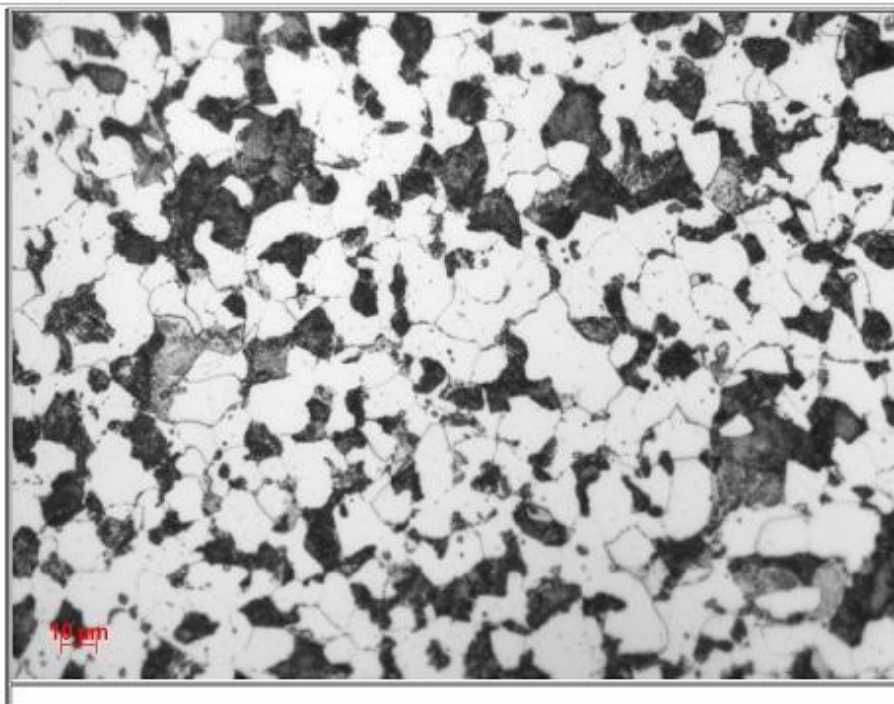
Válec M3 rozbor materiálu 14 220

Motorpal, a.s.



Obr. č. 11

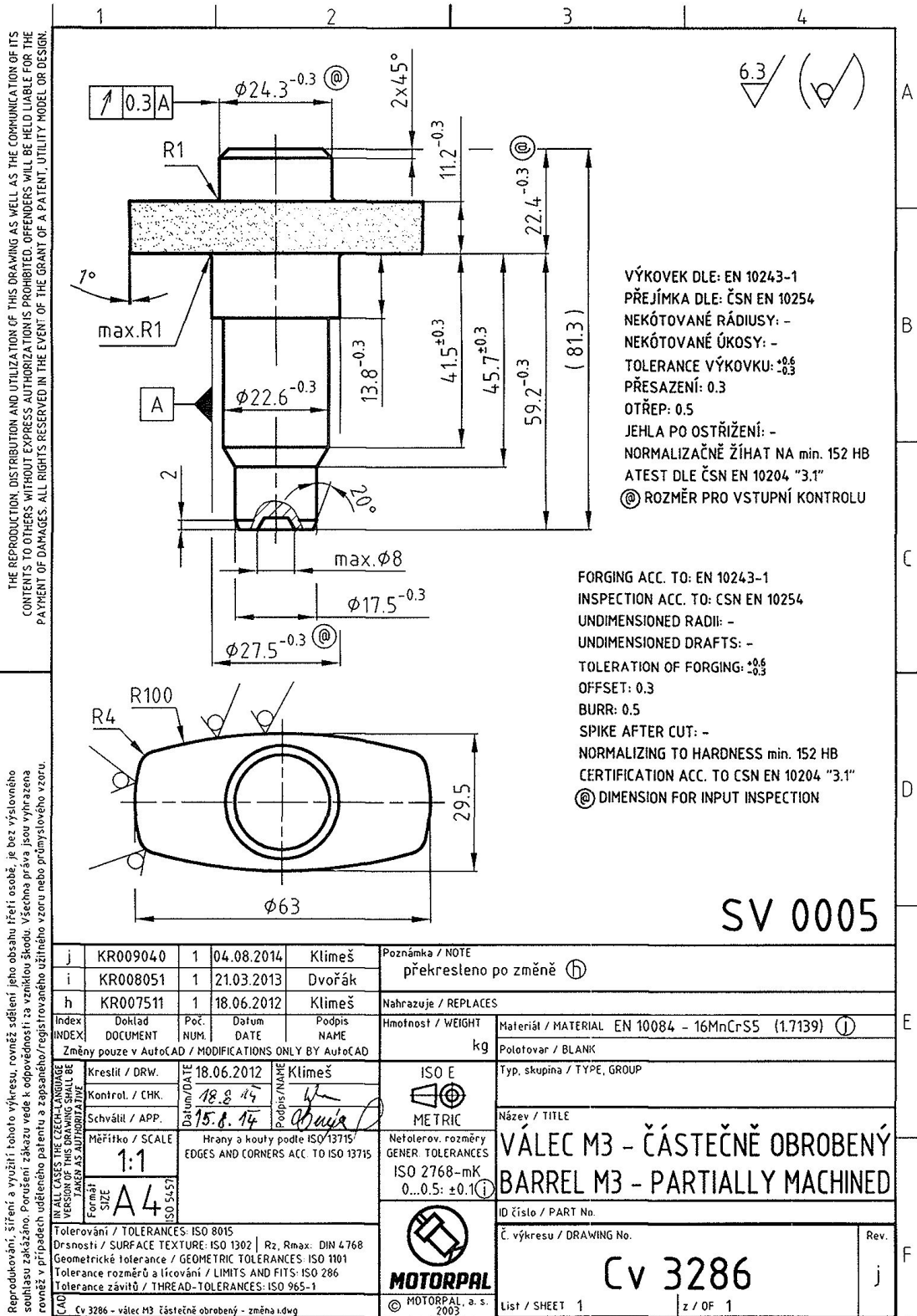
Motorpal, a.s.



Obr. č. 12

PŘÍLOHA 3

Výkres polotovaru válce M3



THE REPRODUCTION, DISTRIBUTION AND UTILIZATION OF THIS DRAWING AS WELL AS THE COMMUNICATION OF ITS CONTENTS TO OTHERS WITHOUT EXPRESS AUTHORIZATION IS PROHIBITED. OFFENDERS WILL BE HELD LIABLE FOR THE PAYMENT OF DAMAGES. ALL RIGHTS RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT, UTILITY MODEL OR DESIGN.

Reprodukce, šíření a využití tohoto výkresu, rovněž sdělení jeho obsahu třetí osobě, je bez výslovného souhlasu zakázáno. Porušení zákazu vede k odpovědnosti za vzniklou škodu. Všechna práva jsou vyhrazena rovněž v případech udělení patentu a zapsaného/registrovaného užitého vzoru nebo průmyslového vzoru.

IN ALL CASES THE CZECH LANGUAGE VERSION OF THIS DRAWING SHALL BE TAKEN AS AUTHORITY.

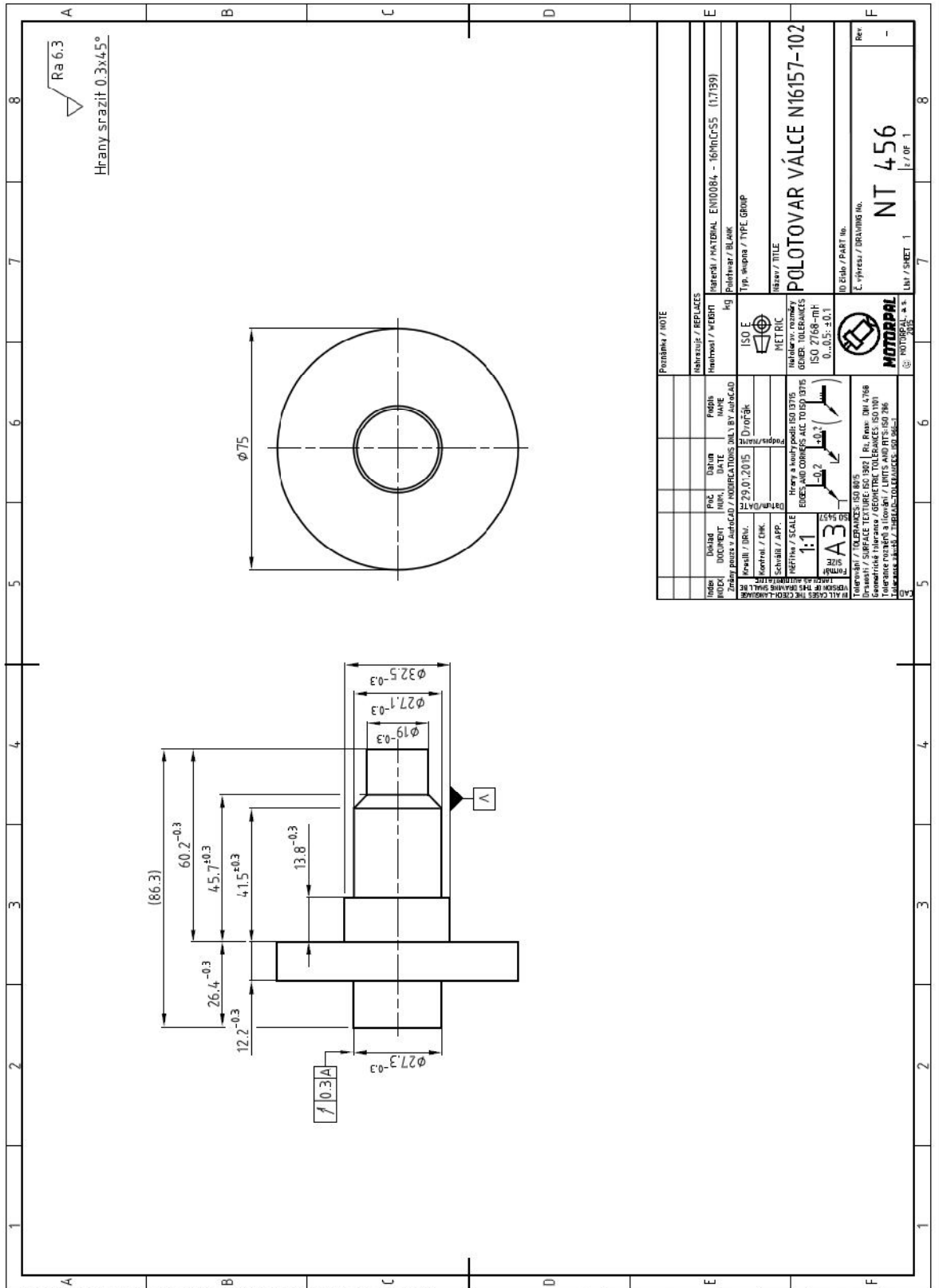
Změny pouze v AutoCAD / MODIFICATIONS ONLY BY AutoCAD

j	KR009040	1	04.08.2014	Klímeš	Poznámka / NOTE překresteno po změně ①
i	KR008051	1	21.03.2013	Dvořák	
h	KR007511	1	18.06.2012	Klímeš	
Index	Doklad	Poč.	Datum	Podpis	Nahrazuje / REPLACES
INDEX	DOCUMENT	NUM.	DATE	NAME	
Změny pouze v AutoCAD / MODIFICATIONS ONLY BY AutoCAD					Hmotnost / WEIGHT
					kg
					Materiál / MATERIAL EN 10084 - 16MnCrS5 (1.7139) ①
					Polotovár / BLANK
					Typ, skupina / TYPE, GROUP
					Název / TITLE
					VÁLEC M3 - ČÁSTEČNĚ OBROBENÝ BARREL M3 - PARTIALLY MACHINED
					ID číslo / PART No.
					Č. výkresu / DRAWING No.
					Rev.
					j

Kreslit / DRW.	18.06.2012	Klímeš	ISO E	Typ, skupina / TYPE, GROUP
Kontrol. / CHK.	18.8.14		METRIC	
Schválit / APP.	15.8.14		Netolerov. rozměry GENER. TOLERANCES ISO 2768-mK 0...0.5: ±0.1	Název / TITLE
Měřítko / SCALE	Hrany a koutky podle ISO 13715 EDGES AND CORNERS ACC. TO ISO 13715			VÁLEC M3 - ČÁSTEČNĚ OBROBENÝ BARREL M3 - PARTIALLY MACHINED
Formát SIZE A4				ID číslo / PART No.
Tolerování / TOLERANCES: ISO 8015				Č. výkresu / DRAWING No.
Drsnosti / SURFACE TEXTURE: ISO 1302 Rz, Rmax: DIN 4768				Rev.
Geometrické tolerance / GEOMETRIC TOLERANCES: ISO 1101				
Tolerance rozměrů a lícování / LIMITS AND FITS: ISO 286				
Tolerance závitů / THREAD-TOLERANCES: ISO 965-1				
MOTORPAL				Cv 3286
© MOTORPAL, a. s. 2003				List / SHEET 1 z / OF 1

PŘÍLOHA 5

Výkres polotovaru válce M3+



THE REPRODUCTION, DISTRIBUTION AND UTILIZATION OF THIS DRAWING AS WELL AS THE COMMUNICATION OF ITS CONTENTS TO OTHERS WITHOUT EXPRESS AUTHORIZATION IS PROHIBITED. OFFENDERS WILL BE HELD LIABLE FOR THE PAYMENT OF DAMAGES. ALL RIGHTS RESERVED IN THE EVENT OF THE GRANT OF A PATENT, UTILITY MODEL OR DESIGN.

Reprodukce, distribuce, šíření a využití tohoto výkresu, včetně sdělení jeho obsahu třetí osobě, je bez výjimky povolen pouze v případěch udělení patentu a zapsání/registrování užitečného vzoru nebo průmyslového vzoru.

Model / MODEL DOKUMENT Změny / CHANGES Revize / REV. 29.07.2015 01 01		Datum / DATE 29.07.2015 01 01		Popis / NAME Dřevák 01 01		Příloha / ATTACHMENT 01 01		Hmotnost / WEIGHT kg 1.7390		Materiál / MATERIAL EN10084 - 16MnCr55 (1.7390)		Poznámky / NOTES 1.7390	
ISO E METRIC ISO 2768-mH 0.05; ±0.1		Typ, váha / TYPE GROUP 1.7390		Název / TITLE POLOTOVAR VÁLCE N16157-102		ID dílu / PART No. NT 456		C. výřez / DRAWING No. 1 / OF 1		Refer. -		MOTORPAL 2015	
1:1 A3 125		Hlava a nápis podle ISO 8015 EDGES AND CORNERS ACC TO ISO 8015 0.2 0.2 0.2		Povrchová úprava / SURFACE TREATMENT 01 01		Toleranční pole / TOLERANCES ISO 2768 0.05; ±0.1		Geometrické tolerance / GEOMETRIC TOLERANCES ISO 101 0.1		Povrchová úprava / SURFACE TREATMENT 01 01		Toleranční pole / TOLERANCES ISO 2768 0.05; ±0.1	