



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

BROUŠENÍ SOUČÁSTÍ VENTILŮ

THE GRINDING OF VALVES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MICHAL STRÁNSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Michal Stránský

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

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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 diplomové práce:

Broušení součástí ventilů

v anglickém jazyce:

The grinding of valves

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést kompletní racionalizaci oblasti broušení technologie výroby jednotlivých součástí ventilů.

Cíle diplomové práce:

Úvod.

Rozbor součástkové základny.

Rozbor stávající technologie broušení.

Určení oblastí vhodných pro racionalizaci.

Návrh nového způsobu technologie broušení.

Technicko-ekonomické zhodnocení.

Diskuze.

Závěr.

Seznam odborné literatury:

AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ, s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.

KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MMPublishing, 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

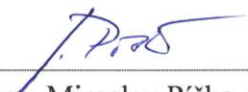
MASLOV, J. N. Teorie broušení kovů. Přeložil J. Klůna. 1. vydání. Praha: SNTL, 1979. 246 s.

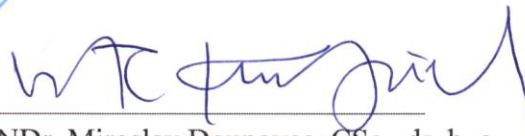
Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Osička, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 22.11.2012




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá tématem broušení součástí ventilů. První část je věnována teoretickému popisu ventilu a jeho výrobě. Další část je zaměřena na rozbor stávající technologie broušení. Provedení výběru vhodných míst pro racionalizaci, návrh racionalizace a technicko-ekonomické zhodnocení provedené racionalizace je popsáno v poslední části diplomové práce.

Klíčová slova

ventil, broušení, broušicí nástroj, broušicí stroj, racionalizace výroby

ABSTRACT

This diploma thesis deals with grinding of parts of valves. In the first part is theoretically described valve and its manufacturing. Another part focuses on the analysis of existing grinding technology. In last part of this diploma thesis is written about choosing of suitable places for rationalization, design of rationalization and technical-economic evaluation of performed rationalization.

Key words

valve, grinding, grinding tool, grinding machine, rationalization of production

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STRÁNSKÝ, M. *Broušení součástí ventilů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 73 s., 2 přílohy.
Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Osička, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Broušení součástí ventilů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

23. 5. 2013

Datum

Bc. Michal STRÁNSKÝ

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Karlovi Osičkovi, Ph.D., Ing. Janu Šmídovi, Ing. Václavovi Zimovi, Petrovi Veselému a Dušanovi Stránskému za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD.....	9
1 ROZBOR SOUČÁSTKOVÉ ZÁKLADNY	10
1.1 Typy a funkce ventilů	10
1.2 Části ventilů	13
1.2.1 Hlava a sedlo ventilu	13
1.2.2 Dřík ventilu	15
1.2.3 Drážky a konec dříku	16
2 VÝROBA VENTILŮ	17
2.1 Výroba polotovaru ventilu metodou protlačování a pěchování	19
2.1.1 Výroba polotovaru ventilu metodou protlačování	19
2.1.2 Výroba polotovaru ventilu metodou pěchování	22
2.2 Broušení ventilů	23
2.3 Indukční kalení konce dříku	34
2.4 Plazmový návar stellitevého prášku a dodatečný ohřev	34
2.5 Kontrola ultrazvukem	35
2.6 Povrchová úprava dříku ventilu	36
2.7 Finální kontrola	36
3 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE BROUŠENÍ	38
3.1 Broušení dříků ventilu nahrubo	38
3.2 Broušení dříku ventilu načisto	39
3.3 Broušení drážek	41
3.4 Broušení hlavy ventilu	42
3.5 Broušení sedla ventilu	43
3.6 Broušení čela dříku ventilu	45
3.7 Broušení celého ventilu	46
4 URČENÍ OBLASTÍ VHODNÝCH PRO RACIONALIZACI	48
4.1 Podstata a cíle racionalizace	48
4.2 Úspora nákladů na nářadí a zvýšení produktivity	49
4.2.1 Snížení nákladů na operaci „brousit sedlo ventilu“	50
4.2.2 Snížení nákladů na operaci „brousit dřík ventilu“	53

5	NÁVRH NOVÉHO ZPŮSOBU TECHNOLOGIE BROUŠENÍ	56
5.1	Úspora nákladů na nářadí a zvýšení produktivity na operaci „brousit dřík ventilu“ na stroji BB 10	56
5.1.1	Navrhované řešení	56
5.2	Úspora nákladů na nářadí a zvýšení produktivity na operaci „brousit sedlo“ na stroji Blumberg	57
5.2.1	Navrhované řešení	57
6	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	59
6.1	Výpočet životnosti brousících kotoučů	59
6.2	Náklady na brousící kotouče při současné variantě	60
6.3	Náklady na brousící kotouče při navrhované variantě	61
7	DISKUZE	64
	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	70
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	72
	SEZNAM PŘÍLOH	73

ÚVOD

V současné době se po zemi pohybuje více jak jedna miliarda aut. Většina z těchto aut využívá k pohonu spalovací pístové motory. Tento motor přeměňuje chemickou energii paliva na energii tepelnou a na mechanickou energii působením na píst. Jednou z důležitých částí tohoto motoru jsou ventily.

Funkcí ventilů je přivádět do spalovací komory palivo a odvádět vzniklé výfukové plyny. Z tohoto důvodu jsou na ventily kladeny vysoké nároky na odolnost, rozměrovou přesnost a kvalitu povrchu. V současnosti mají vyrobené ventily podobně dlouhou životnost jako motory. Aby bylo dosaženo požadované životnosti, je potřeba dodržet vysokou kvalitu výroby a nízkou zmetkovitost.

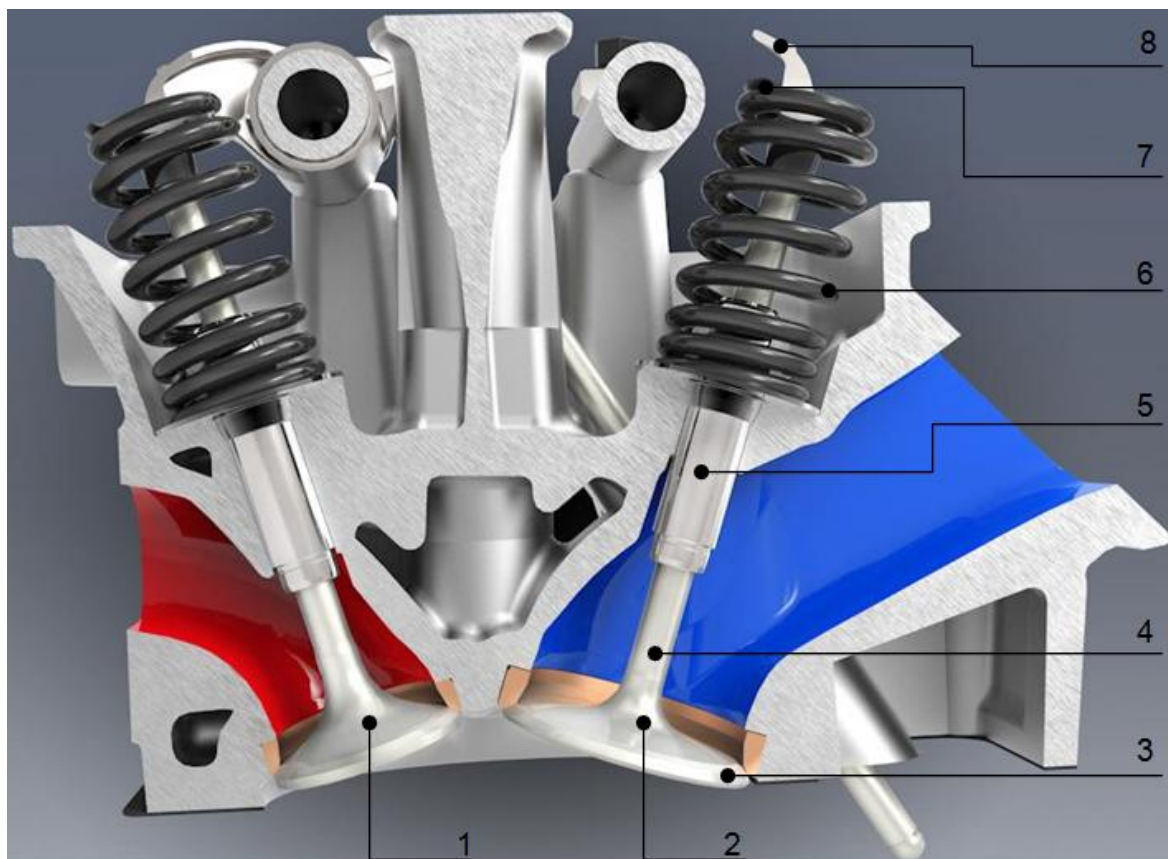
S rostoucím počtem automobilů na světě roste i zájem o ventily, které se v dnešní době vyrábějí v hromadné výrobě. Z tohoto důvodu se při jejich výrobě využívají jednoúčelové stroje, CNC stroje a výrobní linky.

Brousicí proces tvoří jednu z nejdůležitějších částí vlastního výrobního procesu. Broušení se využívá při obrábění sedla ventilu, hlavy ventilu, dříku a drážek ventilu. Náklady na broušení ventilu se podílejí nezanedbatelnou částí na celkových výrobních nákladech. V současné ekonomické situaci vyžadují zákazníci nízké ceny ventilů. Pro uspokojení přání zákazníků je nutné při výrobě ventilu minimalizovat náklady a maximalizovat přidanou hodnotu.

Tato diplomová práce je zaměřena na jeden ze způsobů, jak snížit náklady. Jedná se o racionalizaci při broušení ventilů. Při jejich výrobě se využívá celá řada brousicích kotoučů odlišných tvarů, velikostí a složení. Řešení spočívá ve využití jednoho kotouče na více operací pomocí jeho přesoustružení. Díky využití jednoho kotouče na dvou a více operacích dochází ke snížení nákladů na pořízení nových brousicích kotoučů. Snížení nákladů znamená vyšší zisk a větší konkurenceschopnost podniku, která je v této době velmi podstatná.

1 ROZBOR SOUČÁSTKOVÉ ZÁKLADNY

1.1 Typy a funkce ventilů



Legenda: 1) výfukový ventil, 2) sací ventil, 3) hlava ventilu, 4) dřík ventilu, 5) vodítko ventilu, 6) ventilová pružina, 7) ventilová miska, 8) vahadlo.

Obr. 1 Příčný řez horní částí spalovacího motoru [2].

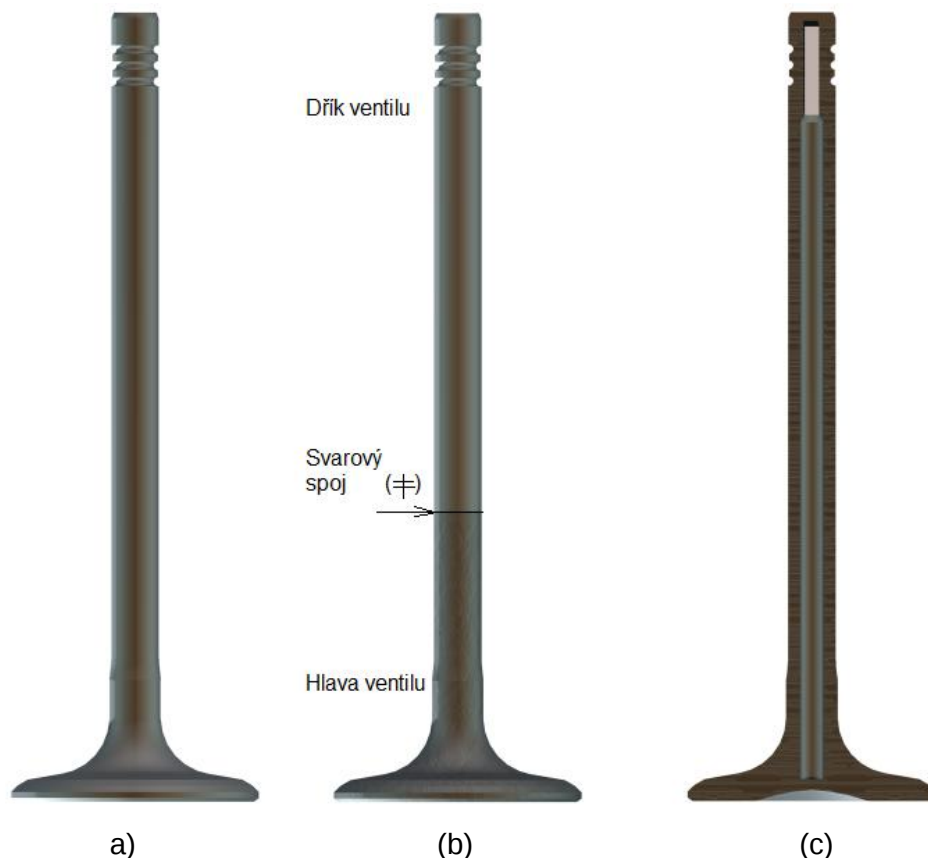
Pro pohon automobilů a strojů se nejčastěji používají pístové spalovací motory. Princip je založen na přeměně chemické energie na energii mechanickou. Ve válci motoru se spaluje vhodná směs paliva a vzduchu. Tímto způsobem vzniklá energie pohání píst motoru. Účelem ventilů je zabezpečit otevření a uzavření prostoru válce a klást minimální odpor nasávané směsi ze sacího kanálu a odvodu spalin do výfukového kanálu.

Podle konstrukce lze dělit ventily na:

- monometalické,
- bimetalické,
- trimetalické,
- duté (chlazené).

Monometalické ventily jsou vyrobeny z jednoho materiálu. Tento typ ventilu se většinou uplatňuje jako sací ventil pro teploty do 600 °C. Kontaktní plochy s vahadlem a se sedlem jsou povrchově kaleny. Další možností je výroba ventilu ze dvou materiálů (bimetalické ventily), kde se liší materiál hlavy ventilu a materiál

dříku. Trimetalické ventily řeší odolnost vůči provozním poměrům stopkou a dříkem z kalitelné chromové oceli. Navařená hlava z austenitické oceli je opatřena návarem. U pístových leteckých motorů se využívají ventily duté, které jsou vyplněny sodíkem. Sodík je naplněn v dutině talíře a dříku a při teplotě 97 °C taje. Roztavený sodík, proudící při zdvizech ventilu v dutině, odvádí teplo z talíře do ventilového vedení. Na obr. 2 jsou zobrazeny jednotlivé druhy ventilů [1].

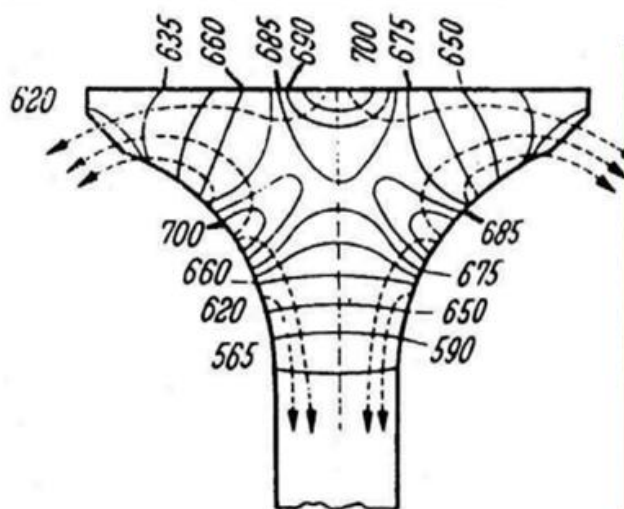


Legenda: a) monometalický ventil, b) bimetalový ventil, c) dutý ventil (řez),

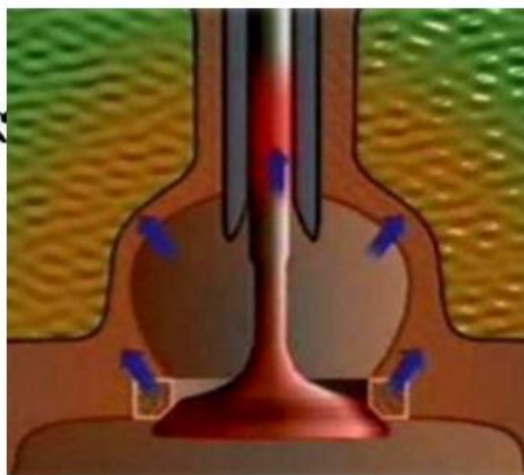
Obr. 2 Druhy ventilů [1, 8].

Pro jejich funkci je dělíme na výfukové a sací ventily, viz obr. 1. V případě sacích ventilů jsou průměry talířů větší než u výfukových ventilů, které naopak mají větší hmotnost díky robustnosti jejich talířů. Tvary talířů výfukových a sacích ventilů jsou zpravidla stejné a odlišují se pouze tvarem v místě přechodu do dříku (obr. 5). Jmenovité průměry dříků sacích a výfukových ventilů v motoru bývají stejné [1,3].

Sací ventil má za provozu teplotu od 300 °C do 600 °C podle typu motoru. Je chlazen nasávanou směsí, proto není jeho teplota tak vysoká jako v případě výfukového ventilu, který dosahuje teplot až 850 °C, jehož teplotní pole zobrazuje obr. 3. Odvod tepla je zabezpečen přes sedlo a dřík ventilu, jak je zobrazeno na obr. 4. Teplota ventilů se zvyšuje s rostoucím zatížením, otáčkami motoru či s nesprávným nastavením předstihu zážehu [3].

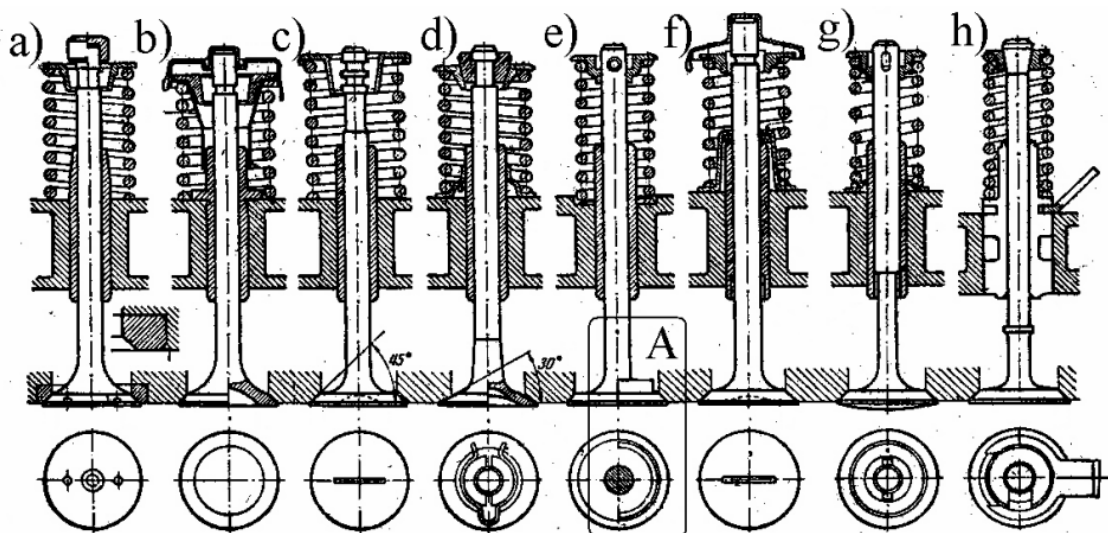


Obr. 3 Teplotní pole talířku výfukového ventilu [4].



Obr. 4 Přestup tepla z ventilu do hlavy motoru [5].

Během vývoje spalovacích ventilů se v praktickém provozu používalo velké množství tvarů ventilů. U ventilů pro motorová vozidla, které se ve většině případů vyrábí ve velkém množství, se tvary sacích a výfukových ventilů ustálily a sjednotily. Na obr. 5 je přehled různých tvarů talířů a misek pružin. Tvarová pestrost je způsobena požadavky na montáž pružin [1].

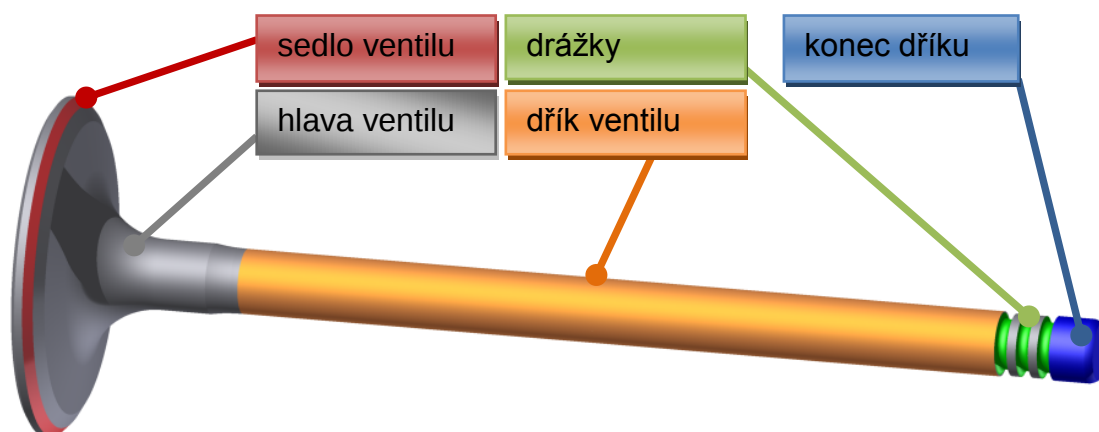


Obr. 5 Přehled tvarů ventilů [1].

1.2 Části ventilů

Ventil se skládá z těchto částí (obr. 6):

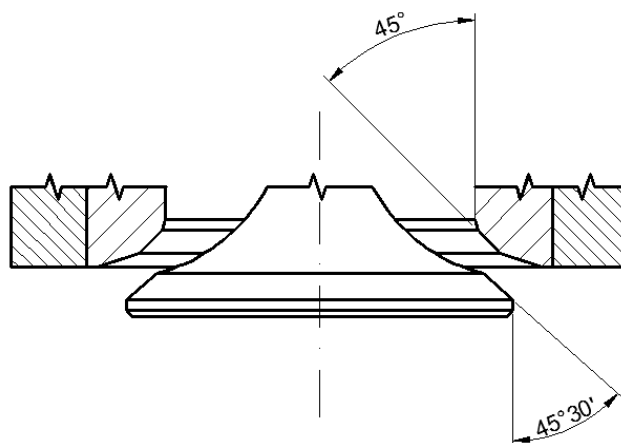
- hlava ventilu,
- sedlo ventilu,
- dřík ventilu,
- drážka,
- konec dříku.



Obr. 6 Části ventilu.

1.2.1 Hlava a sedlo ventilu

Úkolem hlavy a sedla ventilu je utěsnit kanál vůči spalovací komoře. Jejich tvar musí zabezpečovat volný průchod směsi paliva a vzduchu do válce a odchod spalin ven z válce. V případě výfukového ventilu jsou kladeny jiné požadavky na hlavu než v případě sacího ventilu. Nejdůležitějším požadavkem je tuhost talíře a dobrý odvod tepla. Ventil se nesmí teplem deformovat, což platí jak pro talíř, tak pro dřík. Úhel sedla ventilu a úhel na hlavě válce se liší o $0,5^\circ$ až 1° , aby se ventil dobře zaběhal v sedle, usadil se a těsnil tak spalovací prostor (obr. 7) [3].

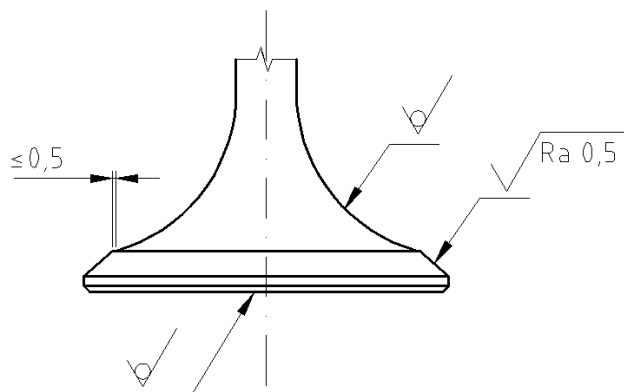


Obr. 7 Úhel sedla ventilu a hlavy válce [3].

Hlava ventilu

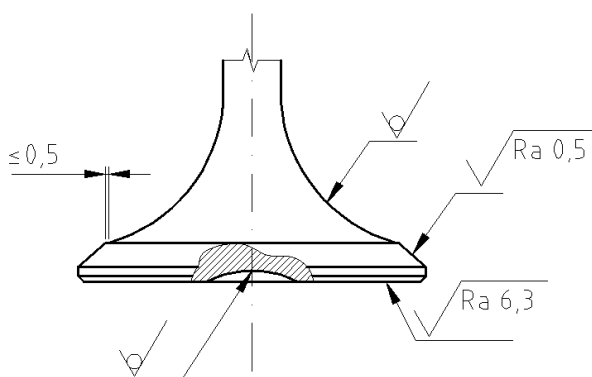
Rozlišují se 3 možnosti výroby hlavy ventilu:

- 1) Neobrobená hlava: obvykle využívané pro sací ventily (obr. 8).



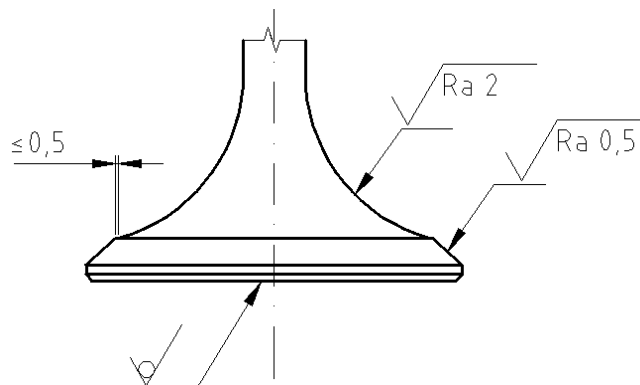
Obr. 8 Neobrobená hlava ventilu [8].

- 2) Obrobené čelo hlavy: standardně se používá pro navařované výfukové ventily nebo v případě, kdy je pouze malá mezera mezi pístem a ventilem a tolerance musí být velmi přesně dodržena (obr. 9).



Obr. 9 Obrobené čelo hlavy ventilu [8].

- 3) Obrobená přechodová plocha: cílem obrobení této části je odstranit možné defekty po kování a také dusíko-perlitický pás v okrajové vrstvě, který se vytváří nevyhnutelně při tepelném zpracování (obr. 10).

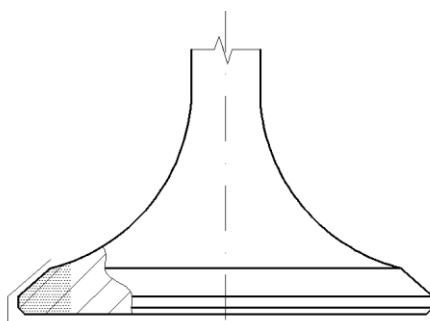


Obr. 10 Obrobený rádius hlavy ventilu [8].

Sedlo ventilu

Kalení sedla

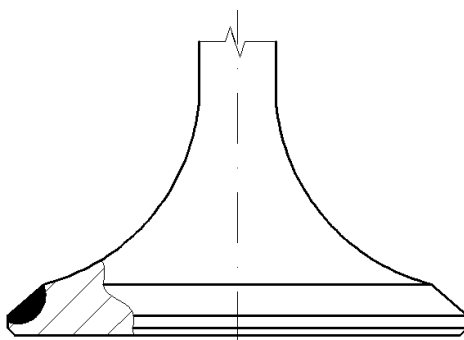
Indukčním kalením je možné snížit opotřebení na sedle u sacích ventilů z martenzitického materiálu. Je nutné vzít v úvahu, že teplota těchto ventilů nepřekročí rozmezí 550 °C až 600 °C a je nutné dodržet určité hodnoty tvrdosti (obr. 11).



Obr. 11 Kalené sedlo ventilu [8].

Navařování sedla

Sedla výfukových ventilů jsou nejen tepelně namáhaná, ale i náchylná korozi. Proto jsou zpravidla navařována speciálními slitinami. Některé výfukové ventily jsou výhradně navařovány v oblasti sedla. Návar sedla se užívá pro zvýšení odolnosti proti opotřebení a kvůli lepšímu těsnicímu účinku sedla. Z hlediska udržení čistoty výfukových plynů a vyhnutí se úniku nespálených zplodin má tato operace zásadní význam (obr. 12).



Obr. 12 Navařené sedlo ventilu [8].

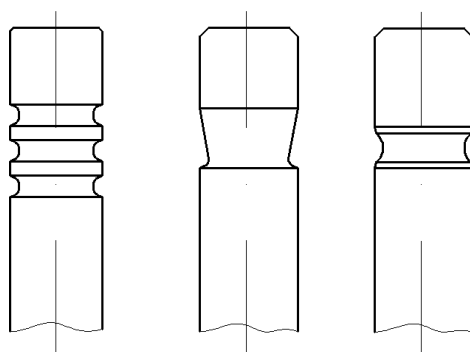
1.2.2 Dřík ventilu

Ventil je uložený ve vodítku nebo přímo v hlavě válce. K jeho vedení slouží dřík ventilu, který současně zabezpečuje pohyb talíře. Aby nedocházelo k přísávání oleje do spalovací komory, musí být minimální vůle mezi vodítkem a dříkem ventilu. Velká vůle ve vedení ztěžuje přestup tepla, které se neodvedlo přes sedlo ventilu či sáláním, ze dříku do hlavy válce. Zvláštní pozornost je proto nutno věnovat stavu povrchu dříku ventilu. Záleží na mazacích podmínkách v hlavě ventilu. Pro konečnou úpravu povrchu je možno zvolit také chromování či nitridování [3].

1.2.3 Drážky a konec dříku

Drážky

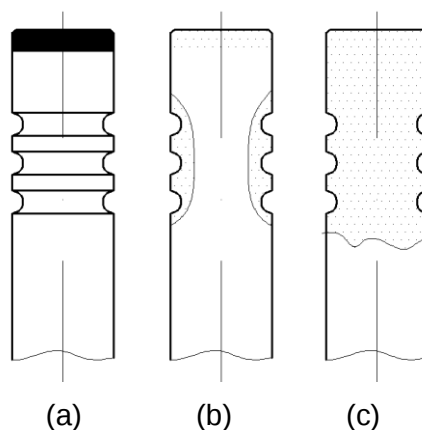
Pro uchycení misky pružin klínky slouží drážky na konci dříku ventilu. Tyto drážky představují citelný vrub, který se projevuje nepříznivě při dynamickém namáhání dříku ohybem nebo tahem-tlakem. Počet drážek závisí na typu a aplikaci ventilu. Ke snížení opotřebení se užívá indukční kalení v oblasti drážek (obr. 14). Příklady odlišných tvarů drážek a jejich počtů jsou zobrazeny na obr. 13 [1].



Obr. 13 Tvary drážek na dříku ventilů [1].

Konec dříku

Jedna z nejvíce namáhaných částí ventilů je čelo dříku. Důvodem je, že zde dochází ke styku ventilu s vahadlem, jak je vidět na obr. 1. Nesmí se proto opotřebovávat a musí mít dostatečnou odolnost. Proto se provádí indukční kalení dříku, a to buď povrchové či celkové (obr. 14). Další možností je navaření konce dříku kalitelným materiálem [1].



(a)

(b)

(c)

Legenda: a) navařený konec dříku, b) povrchové kalení konce dříku,
c) celkové kalení konce dříku.

Obr. 14 Úprava konců dříku a drážek [8].

2 VÝROBA VENTILŮ

Z hlediska technologie výroby je základní rozdělení dle druhu ventilu, a to zda se jedná o ventil sací nebo výfukový. Přestože se například v operacích broušení či chromování dříku tyto dva druhy ventilů v mnoha ohledech schází, je zde velmi mnoho operací a aspektů, jimiž se vzájemně zcela odlišují.

Sací ventily se vyrábí převážně z jednoho materiálu, a tím je martenzitická ocel. Tyto ventily jsou méně náročné z hlediska obtížnosti výroby na rozdíl od ventilů výfukových. Je zde méně technologicky náročných operací (svařování třením; „solutioning + ageing“ (rozpouštění + vytvrzování), návar sedla, „post heating“ (dodatečný ohřev), ultrazvuková defektoskopie). Sací ventily jsou méně teplotně zatíženy, neboť jsou ochlazovány proudem nasávané směsi do spalovacího prostoru.

Výfukové ventily se vyrábí buď z jednoho či dvou materiálů (výjimkou jsou tzv. duté ventily, plněné sodíkem pro zlepšení odvodu tepla během provozu). V případě bimetalických výfukových ventilů se jedná obvykle o kombinaci martenzitického materiálu pro dřík a austenitických materiálů pro hlavu ventilu. U výfukových ventilů vyrobených z jednoho kusu materiálu se využívá pouze austenitická ocel.

Stejně tak, jako jsou rozdíly při výrobě sacích a výfukových ventilů, existují samozřejmě i rozdíly mezi jednotlivými sacími ventily a mezi jednotlivými výfukovými ventily navzájem (některé sací ventily mají navíc kalená sedla apod.). V tab. 1 a tab. 2 jsou uvedeny dva typické modelové příklady technologické výroby sacího a výfukového ventilu. V příloze 1 jsou graficky znázorněny jednotlivé operace výroby bimetalického výfukového ventilu. Ne všechny tyto operace se využívají při výrobě jednotlivých druhů ventilů.

Tab. 1 Postup výroby sacího ventilu.

Postup výroby protlačovaného sacího ventilu	
1. Vstupní kontrola materiálu	12. Brousit čelo dříku
2. Stříhat tyčovinu	13. Brousit hlavu a drážky
3. Omílat	14. Soustružit čelo
4. Protlačovat	15. Brousit dřík
5. Vyprat a opláchnout	16. Vyprat a opláchnout
6. Popustit	17. Chromovat
7. Pískovat	18. Brousit dřík
8. Rovnat ventil	19. Brousit sedlo
9. Upíchnout a brousit	20. Vyprat a opláchnout
10. Kalit dřík	21. Kontrolovat rozměry
11. Brousit dřík	22. Vizuálně zkontrolovat

Tab. 2 Postup výroby výfukového ventilu.

Postup výroby kovaného výfukového ventilu	
1. Stříhat tyčku dřívku	15. Vyprat a opláchnout
2. Řezat tyčku hlavy	16. Návar sedla + „post heating“
3. Svařit třením	17. Brousit hlavu a rádius
4. Srazit hrany	18. Soustružit čelo
5. Brousit tyčku	19. Kontrolovat ultrazvukem
6. Vyprat	20. Brousit drážky a karbon
7. Kovat	21. Brousit dřík
8. Vyprat	22. Vyprat a opláchnout
9. Rovnat ventil	23. Chromovat
10. Řezat délku	24. Brousit dřík
11. Brousit dřík	25. Brousit sedlo
12. Kalit dřík	26. Vyprat a opláchnout
13. Soustružit pro návar	27. Kontrolovat rozměry
14. Brousit čela	28. Vizuálně zkontrolovat

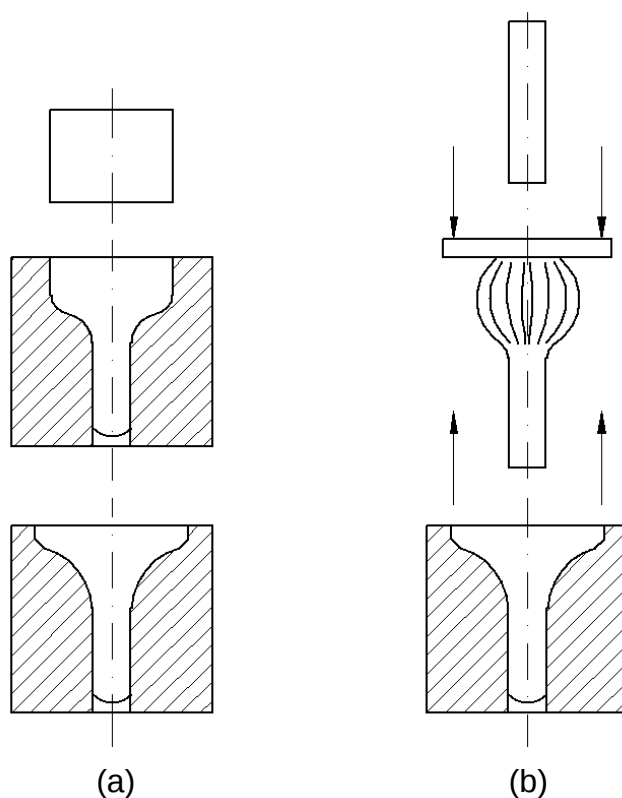
Z hlediska vlastní technologie výroby lze rozlišit 2 základní postupy získání hrubého polotovaru ventilu pro další obráběcí a dokončovací operace.

Jedná se o:

- přechování,
- protlačování.

Oběma těmito způsoby lze získat základní polotovar (výkovek, protlaček) jak sacích, tak výfukových ventilů. V případě sacího ventilu získáme po těchto operacích již celý polotovar ventilu.

V případě bimetalického výfukového ventilu, jehož polotovar je ze dvou materiálů, je situace složitější. Rozdíl při získávání základního polotovaru výfukového ventilu je v tom, že je-li hlava výfukového ventilu napěchována, je část dřívku připojena pomocí svařování třením před operací přechování. V případě protlačování hlavy ventilu následuje operace svařování třením až po operacích protlačování, tepelném zpracování hlavové části (solutioning + ageing) a zařiznutí na požadovanou délku.



Obr. 15 Schematický nákres protlačování (a) a pěchování (b) [8].

2.1 Výroba polotovaru ventilu metodou protlačování a pěchování

Tato kapitola se zabývá rozdílnostmi při výrobě polotovarů bimetalických výfukových ventilů pomocí metody protlačování a metody pěchování.

2.1.1 Výroba polotovaru ventilu metodou protlačování

Vstupním materiálem pro operaci protlačování je špalík ustřižený z příslušného materiálu a následně omletý (obr. 16). Teplota předehřevu při stříhání je nastavena v rozmezí 250 °C až 450 °C.



Ustřižený špalík.



Omletý špalík.

Obr. 16 Vstupní polotovar pro operaci protlačování.

Omletý špalík, který je předehřátý na teplotu 1100 °C až 1200 °C, je umístěn do první pozice. V této pozici je protlačen dřík ventilu. Následuje přemístění do druhé pozice, ve které je protlačena hlava ventilu (obr. 17). Řízení a ověřování teploty během operace protlačování se děje pomocí pyrometrů. Jedná se o bezdotykový přístroj, který slouží k určení teploty měřeného tělesa z jeho teplotního záření.



Obr. 17 Protlačování ventilů.

Pro snížení tření během protlačování se používá pro první pozici mazadel na bázi grafitu, pro druhou pozici je použita speciální směs.

V případě, že se jedná o hlavu výfukového ventilu, následuje operace „solutioning + ageing“. Jde se o operaci tepelného zpracování pro získání požadovaných strukturně-mechanických vlastností. Během operace „solutioning“ je materiál zahřátý na teplotu 1140 °C. Následuje výdrž na této teplotě. Podle druhu materiálu se jedná o dobu 35min. až 40min., a následné třiminutové až pětiminutové ochlazení ve vodě (obr. 18).



Pec

Vodní lázeň

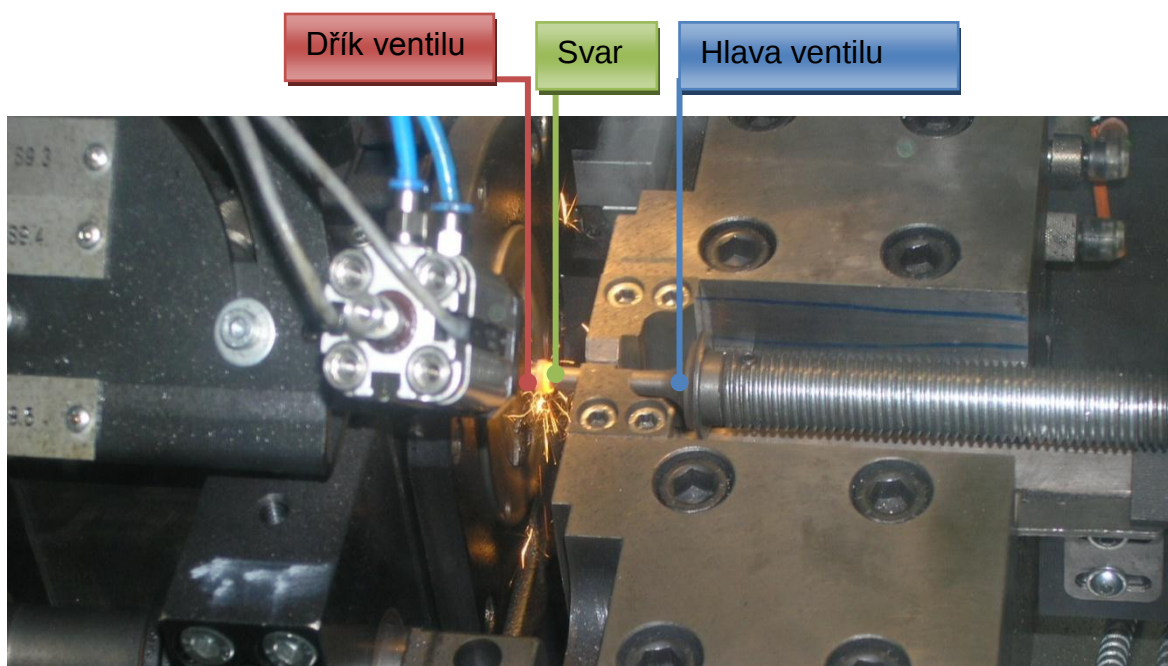
Obr. 18 Zařízení pro „solutioning“.

Při operaci „ageing“ je materiál ponechán v peci na vzduchu o teplotě 760 °C po dobu 2,5 hodin až 4 hodin viz obr. 19.



Obr. 19 Zařízení pro „ageing“.

Poté následují operace řezání délky pomocí CBN řezacího kotouče, praní, pískování a následně operace svaření třením hlavové části ventilu a tyčky dříku ventilu, které je zobrazeno na obr. 20. Hlava ventilu je upnuta v přípravku a přitlačována na dřík, vykonávající rotační pohyb.

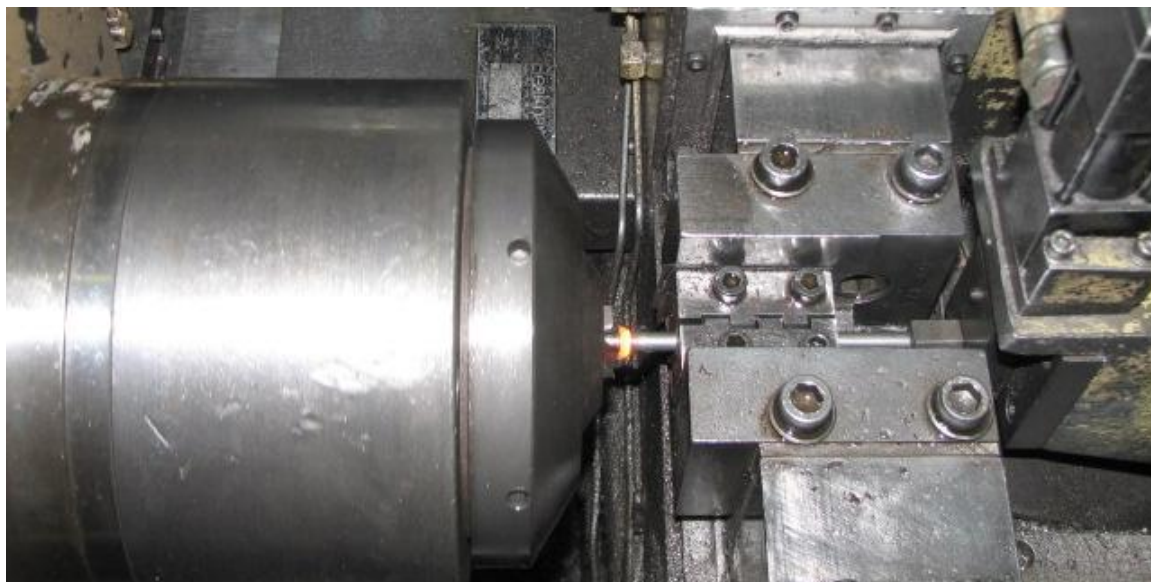


Obr. 20 Svařování třením hlavové části ventilu a dříku ventilu.

Poloha třecího svaru musí být vhodně umístěna vzhledem k pohybu ventilu ve vodítku. Mělo by to být přibližně v půli zdvihu ventilu ve vodítku, je-li ventil uzavřen. Po operaci svaření třením následuje operace popuštění, která je důležitá pro získání vhodných mechanických vlastností svaru a také proto, že vzniklý výronek na svaru je třeba následně odstranit pomocí soustružení.

2.1.2 Výroba polotovaru ventilu metodou pěchování

Pro operaci pěchování výfukového ventilu je vstupním polotovarem tyč tvořená oběma materiály (austenitický materiál na hlavu ventilu a martenzitický materiál na dříku ventilu). Tohoto spojení bylo dosaženo opět svařením třením, tentokrát ale tyč – tyč. Při této operaci se okamžitě odstraňuje výronek (obr. 21).



Obr. 21 Třecí svařování tyčí pro dřík a hlavovou část ventilů.

Pro správný průběh následné operace pěchování (obr. 22) je třeba tyče nabrousit a srazit příslušné hrany.



Obr. 22 Pěchování hlavy ventilu.

Po této operaci následuje kování, kde je polotovar pomocí manipulátoru umístěn do zápustky v lisu. Tvar hlavy ventilu je dán tvarem zápustky a razníku. Teplota předehřevu pro pěchování je v rozmezí 1100 °C až 1200 °C. Řízení a kontrola teploty probíhají pomocí pyrometru umístěného na stroji. K ověřování

teploty u této operace taktéž slouží přenosný pyrometr. Tento způsob výroby polotovaru ventilu je plně automatizovaný a obsluha stroje koná pouze kontrolní a údržbářské činnosti (výměna razníku a zápustky).

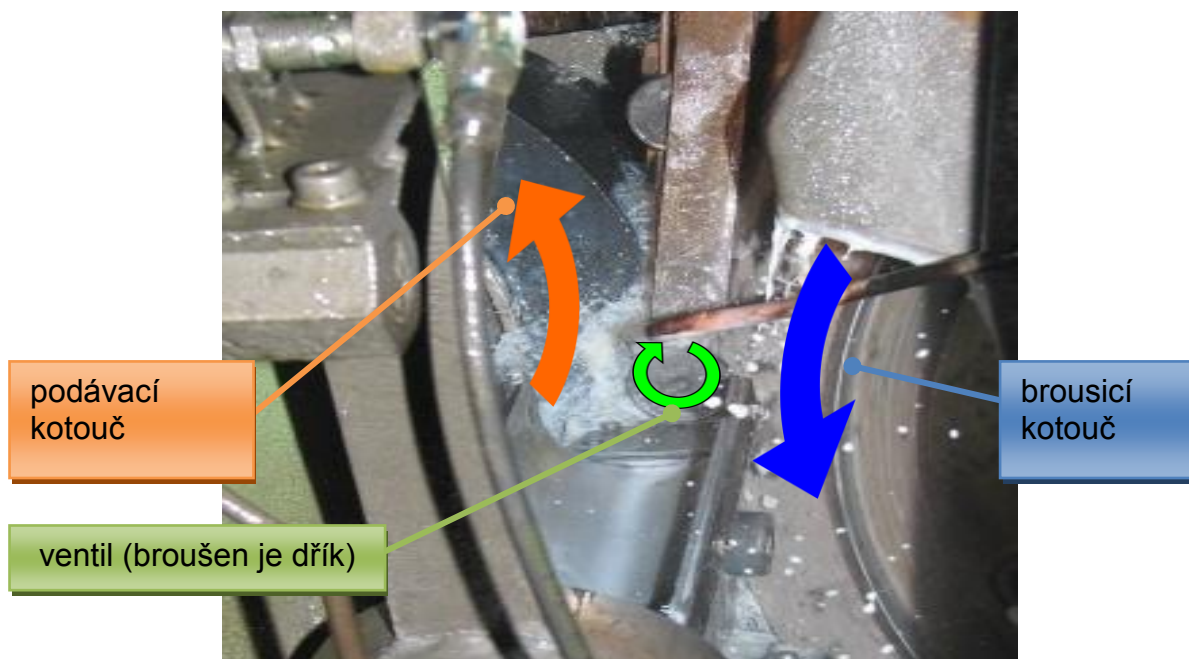
2.2 Broušení ventilů

Jak je patrné z přehledu operací, při výrobě ventilů hraje broušení velmi důležitou úlohu. Je zde zastoupeno jak klasické broušení (klasické keramické kotouče + orvnání diamantem, případně diamantovou kladkou), tak i broušení pomocí tzv. CBN kotouče pro vysokorychlostní broušení, které se používá například při broušení hlavy výfukových ventilů. Ve strojírenství se využívá řada metod broušení na standardních i číslicově řízených bruskách. Při výrobě ventilů jsou využívány především tyto metody:

- **Obvodové broušení do kulata vnějších ploch**

Broušení radiální: jedná se o broušení zapichovací. Podmínkou radiálního broušení je tuhý obrobek do maximální délky 350 mm. Výkon broušení je vyšší než u axiálního broušení. Tento způsob se využívá při výrobě ventilů například u broušení hlavy pomocí CBN kotouče. V tomto případě je ventil upnut v kleštině [10].

Broušení bezhroté: bezhroté broušení umožňuje vysokou produktivitu práce při průchozím i zapichovacím způsobu broušení. Využívá se u přesného broušení v hromadné a velkosériové výrobě. Při výrobě ventilů se využívá bezhroté zapichovací broušení (obr. 23) u broušení dříku ventilu a drážek na konci dříku. Bezhroté průběžné broušení je využíváno při úpravě tyče pro výrobu polotovaru metodou petchování [10].



Obr. 23 Bezhroté broušení dříku ventilu.

Obrobek se vkládá mezi dva kotouče, z nichž jeden kotouč je podávací a druhý brousicí. Brousicí kotouč má průměr dvojnásobný oproti kotouči

podávacímu. Obrobek se při broušení otáčí rychlostí podávacího kotouče. Poloha obrobku vůči oběma kotoučům je zajištěna pomocí kalené lišty (obr. 24) [10].

- **Rovinné broušení**

Rovinné broušení: rovinné plochy se brousí obvodem nebo čelem brousicího kotouče. Tato technologie se využívá při broušení sedla ventilu, čela hlavy ventilu a čela dříku ventilu.

Broušení obvodové: při tomto způsobu broušení se pracuje s relativně úzkým brousicím kotoučem a obrobek se vlivem tepla deformuje jen minimálně. Z tohoto důvodu se jedná o nejpřesnější způsob broušení ploch. Tento způsob broušení se využívá při broušení sedla ventilu plochým brousicím kotoučem [10].

Broušení čelní: broušení čelem brousicího nástroje není tak přesné jako broušení obvodem brousicího nástroje, je však mnohem výkonnější. Broušení čelem kotouče se využívá při broušení sedla ventilu a čela hlavy a dříku. V případě broušení sedla ventilu se používají kotouče hrncovitého tvaru. Při broušení čela hlavy a dříku se využívají kotouče ploché [10].

Procesní kapaliny

Při broušení se používají různé řezné prostředky s chladicím a mazacím účinkem. Procesní kapaliny se využívají ke snížení tření mezi obrobkem a nástrojem a odvodu tepla z pásma broušení, aby se zabránilo tepelnému poškození povrchu obrobku. Dále očišťuje povrch obrobku od třísek a udržuje řezivost brousicího segmentu. Nejčastěji se používají řezné kapaliny. Tyto kapaliny mají chladicí, mazací, řezný a čistící účinek [20, 21, 30].

Řezná kapalina musí mít tyto vlastnosti [20]:

- chladicí a mazací účinek, usnadňování odvodu třísek. Tyto činitele přispívají ke zlepšení kvality broušené plochy a zvyšují produktivitu broušení,
- antikorozní účinek, projevující se ochranou obrobku a brusky před korozí,
- chemická a fyzikální stálost,
- musí být netoxická, baktericidní a hygienická; nesmí obsahovat škodlivé látky a zapáchat,
- bezpečnost před požárem a explozí.

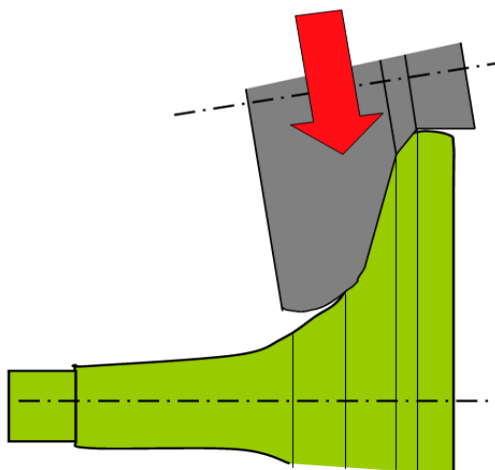
Procesní kapalinou pro broušení dříku bývá zpravidla emulze. Při broušení hlavy, drážek a sedla se využívá zpravidla mazání pomocí oleje. Vliv nedostatečného mazání může mít za následek vznik tepelně ovlivněné povrchové vrstvy ventilu (obr. 24).



Obr. 24 Spálený povrch drážky.

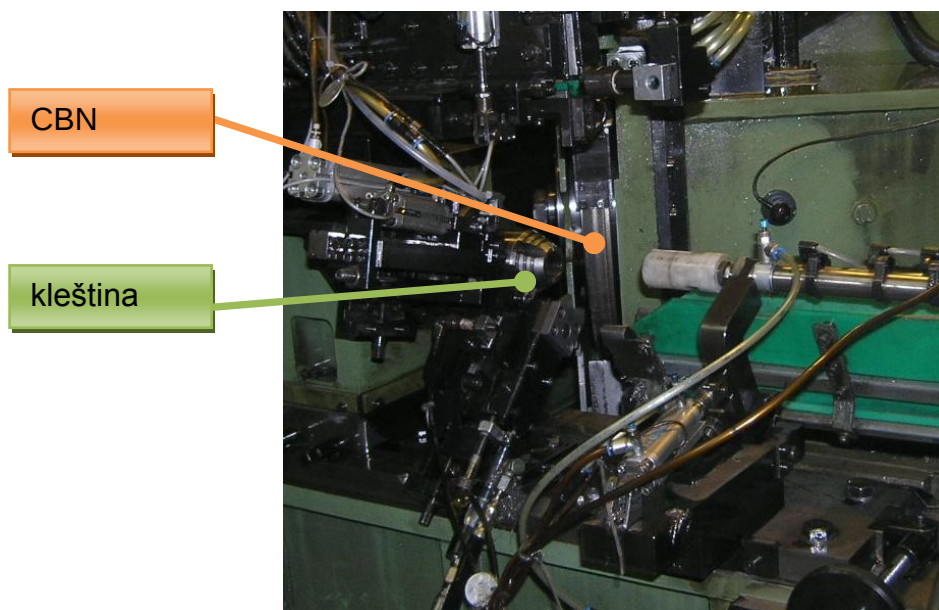
CBN broušení hlavy ventilů

CBN broušení se používá například pro broušení hlavy výfukových ventilů (obr. 25). Zde je nabroušen celý tvar hlavy pomocí speciálního CBN kotouče (kotouč obsahuje kubický nitrid bóru v niklové vazbě). Tento kotouč se neorovnává, ale pouze čistí pomocí speciálních kamenů. Při tomto broušení je ventil upnut v kleštině a broušení probíhá pod olejem. Tlak oleje je přibližně 30 barů.



Obr. 25 Schéma broušení hlavy ventilu pomocí CBN kotouče.

Na obr. 26 je vidět, jak vypadá CBN broušení v praxi.

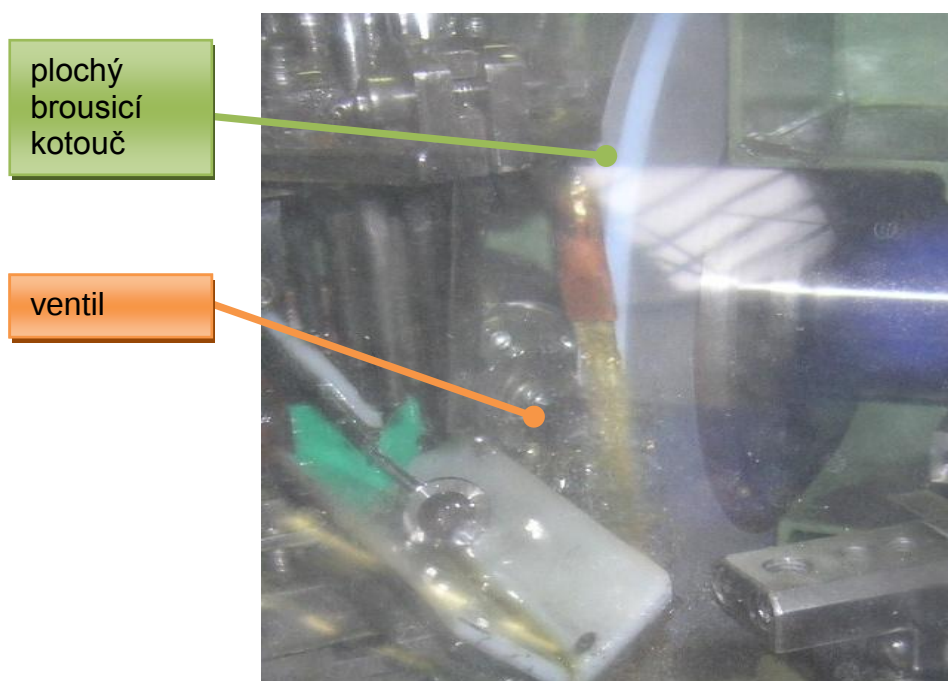


Obr. 26 CBN broušení v praxi.

Broušení sedla ventilu

Při broušení sedla je ventil upnut v kleštině a broušení probíhá pod olejem. V závislosti na typu stroje používáme 2 druhy broušení:

- obvodem brousicího kotouče (obr. 27),



Obr. 27 Broušení sedla ventilu obvodem brousicího kotouče.

- čelem brousicího kotouče. Zde se používá hrncovitý tvar brousicího kotouče (obr. 28).



Obr. 28 Broušení sedla ventilu čelem brousicího kotouče.

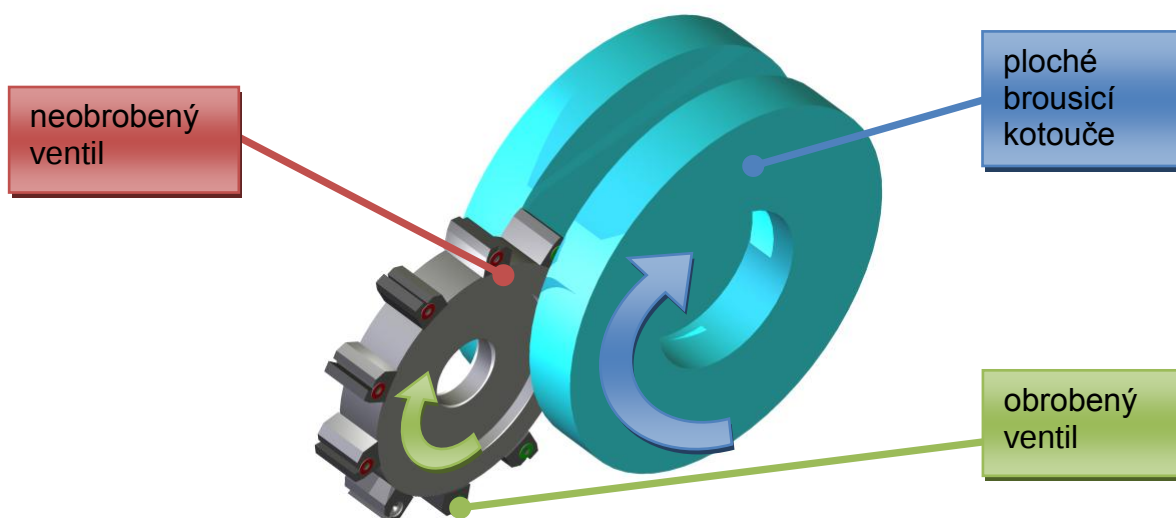
Broušení čela dříku ventilu

Pro dosažení požadované délky ventilu a předepsané drsnosti povrchu čela dříku se provádí broušení. Ventil je upnut za dřík a pomocí manipulátoru je přemístěn do pozice, kde se provede broušení čela dříku čelem brousicího kotouče (obr. 29).



Obr. 29 Broušení čela dříku ventilu čelem brousicího kotouče.

Další možností je současné broušení čela dříku a čela hlavy. Ventil je upnut v speciálním přípravku, který zajišťuje správnou pozici ventilu při broušení. Tento přípravek je připevněn na otočný stůl. Ten přivádí neobrobený ventil mezi 2 brousicí kotouče. Při průchodu mezi brousícími kotouči dochází k obrobení čela hlavy ventilu a čela dříku. Následně je ventil uvolněn a pomocí skluzu přemístěn do manipulační přepravky. Princip této metody je zobrazen na obr. 30.



Obr. 30 Broušení čela hlavy a čela dříku ventilu.

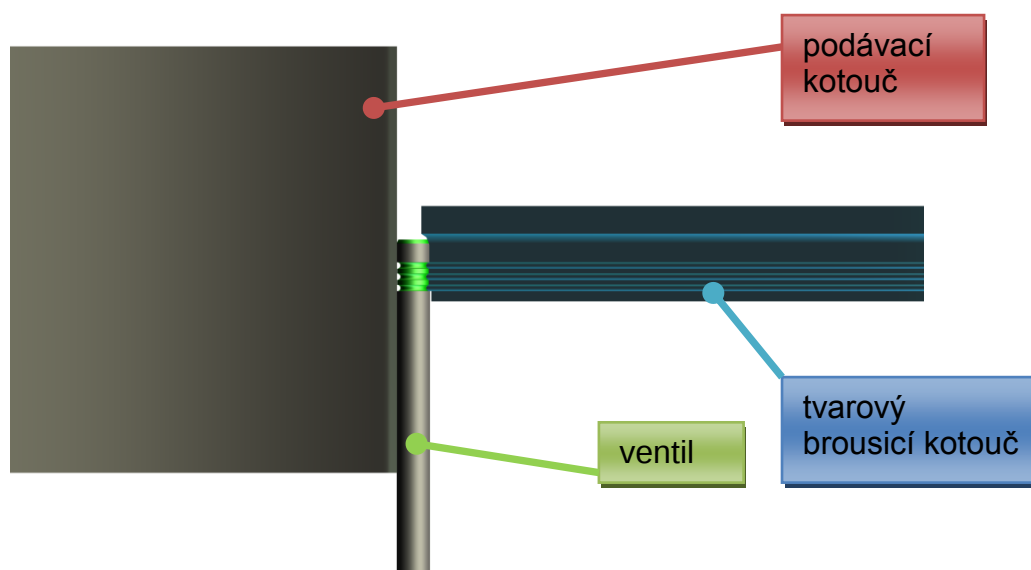
Broušení a soustružení drážek ventilů

Drážky na dříku ventilu je možno vyrobit pomocí dvou způsobů. Při prvním jsou drážky vysoustruženy na CNC stroji (obr. 31).



Obr. 31 Soustružení drážek na CNC stroji.

Druhou možností, jak lze tyto drážky vyrobit, je pomocí bezhrotého broušení (obr. 32).



Obr. 32 Broušení drážek tvarovým kotoučem

Opotřebení brousicích kotoučů

Opotřebení kotoučů je v závislosti na typu broušeného materiálu. Zkušenosti s výrobou ukazují, že při broušení je opotřebení brousicího kotouče vyšší v oblasti austenitického materiálu. To je důvodem stálého zkoumání optimálního složení brousicího kotouče, kterým by se dosáhlo požadovaných výsledků na obou materiálech současně.

Vlastnosti brousicích kotoučů

Tato podkapitola se zabývá specifikací brousicích kotoučů využívaných během broušení ventilů. Brousicí kotouče jsou charakterizovány následujícími znaky [17]:

- druh brusiva,
- tvar kotouče,
- rozměry kotouče,
- druh pojiva,
- zrnitost brusiva,
- tvrdost brousicího kotouče,
- struktura brousicího kotouče.

Druh brusiva

Při broušení ventilů se využívají především brousicí kotouče z umělého brusiva. Mezi umělá brusiva patří:

- umělý korund (Oxid hlinitý Al_2O_3 , Elektrit, Elektrokorund),
- karbid křemíku (SiC , Karborundum),
- karbid boru (B_4C),

- kubický nitrid bóru (CBN),
- syntetický diamant (DT).

Nejvíce zastoupené umělé brusivo z pohledu výroby ventilů je umělý korund.

Umělý korund (Al_2O_3) je nejpoužívanější brusivo na broušení ocelí, ocelí na odlitky, temperované litiny.

Označení:

- A 99 (99% Al_2O_3) bílý,
- A 98 růžový,
- A 96 hnědý,
- A 85 černý.

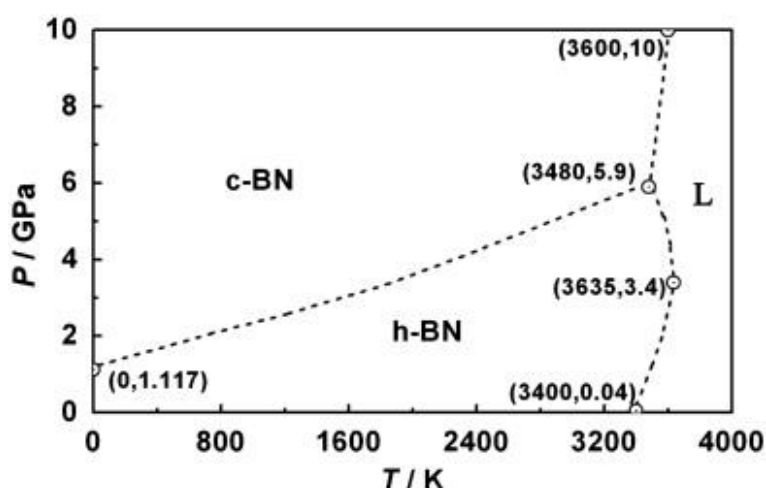
Umělý bílý korund je vyráběn tavením čistého Al_2O_3 v elektrické obloukové peci. Teplota tání Al_2O_3 je 2072 °C. Po vychladnutí se vzniklý bílý korund rozdrtí a rozemele na kulových mlýnech. Vzniklá korundová zrna se několikanásobně magnetizují a třídí na sítěch podle velikosti. Zrna bílého korundu mají vynikající brousící vlastnosti. Jsou vhodná na výrobu brousících nástrojů a žáromateriálu. [13, 14, 24].

Umělý růžový korund je vyráběn tavením oxidu aluminia společně s kysličníky chrómu v elektrických obloukových pecích. Oproti bílému korundu má významně vyšší tvrdost, houževnatost a dává lepší výbrus povrchu než obyčejný korund. Korund legovaný chrómem se vyznačuje podélným tvarem zrn s ostrými hranami a stabilní měrnou hmotností. Zrna jsou čistá, mají jasnou růžovou barvu a dobrou smáčivost [24, 28].

Umělý hnědý korund je vyráběn z kusoviny získané z obloukových pecí při kontrolované tavbě bauxitu o teplotě nad 1800 °C a následném pomalém ochlazení. Dobře rostlé krystaly dávají tomuto materiálu houževnatost a pevnost. Zrno má kubický tvar a stabilní sypanou hmotnost. Povrchová prašnost je odstraněna praním zrn ve vodě. Tím je dosaženo čistého povrchu jednotlivých zrn, dobré smáčivosti a také dobrých pracovních podmínek při zpracování. Slitky surového kysličníku hlinitého se pak lámou, drobí, drtí a třídí do skupin podle velikosti zrn [24].

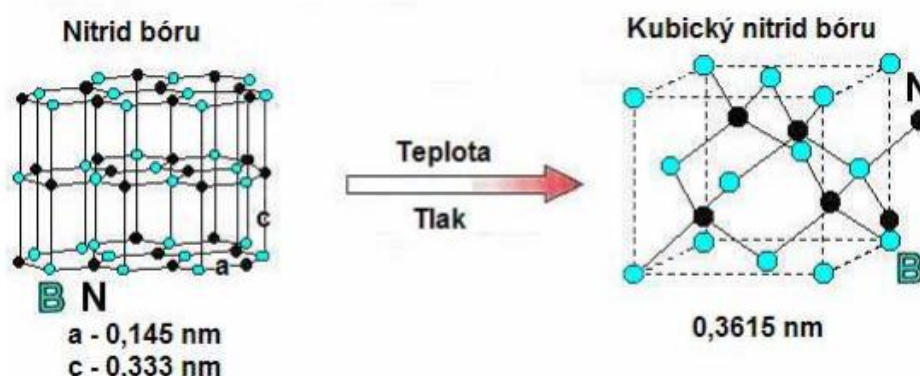
Při řezání polotovarů ventilů nebo při vysokorychlostním obrábění hlavy ventilu či celého ventilu v případě MSP-INDEX se využívá jako brusivo kubický nitrid boru.

Kubický nitrid bóru se v přírodě nenachází. Je to syntetický materiál, který se vyrábí syntézou za vysokých teplot a tlaku z hexagonálního nitridu bóru, který je sloučeninou dusíku a bóru (obr. 33).



Obr. 33 Fázový diagram nitridu bóru (Solozhenko a kol.) [9].

Teplota potřebná k transformaci hexagonálního nitridu bóru na kubický se pohybuje okolo 1500 °C při tlaku přibližně 5 GPa (obr. 34). Poprvé provedl syntézu hexagonálního nitridu bóru na kubický nitrid bóru v roce 1957 Robert H. Wentorf, Jr., který byl vědeckým zaměstnancem firmy General Electric [9,11,12].



Obr. 34 Transformace hexagonálního nitridu bóru na kubický [22].

Prioritní oblastí jeho použití je broušení HSS a kalených ocelí. Vynikající vlastnosti pro broušení ocelí jsou dány tím, že na rozdíl od diamantu nedochází u CBN k žádným chemickým reakcím mezi brusivem a elementy obsaženými v oceli. CBN kotouče jsou vhodné pro broušení HSS, vysokolegovaných nástrojových ocelí s tvrdostí nad 55 HRC, chromových ocelí, cementovaných ocelí, práškových povlaků na bázi železa, tvrzené litiny, měkkých ocelí (za speciálních podmínek) [15].

Druh pojiva

Pojivo je prostředkem k zajištění žádoucího tvaru brousícího nástroje. Vytváří můstky mezi brousícími zrna a umožňuje, aby se při broušení uvolňovala opotřebovaná a otupená zrna a do řezného procesu přicházela zrna s ostrými břity, tím dochází k tzv. „samoostření“ nástroje [20,21,22].

Při broušení ventilů kotouči z umělého korundu se využívá keramické pojivo. Brousící nástroje s keramickým pojivem mají univerzální použití. Obsahuje

především keramické suroviny, jako je živec, kaolín, mastek a jiné. Největší předností keramického pojiva je možnost odstupňování tvrdosti, velká pórovitost, odolnost vůči řezné kapalině a stejné vlastnosti při dobrém uskladnění. Nevýhodou tohoto pojiva je jeho křehkost a citlivost vůči bočním nárazům. Z tohoto důvodu se musí s brousicími kotouči pečlivě zacházet [21,22].

Zrnitost brusiva

Zrnitost brusiva se volí podle materiálu broušené součásti a drsnosti jejího povrchu. Čím menší je požadovaná drsnost povrchu obrobené plochy, tím volíme jemnější zrnitost. Pro větší úběry a při broušení měkkých a houževnatých materiálů, jako jsou měď, hliník a mosaz, se volí hrubší zrnitost [22].

V minulosti se zrnitost popisovala podle ČSN 22 4501. Zrnitost se označovala pomocí velikosti brousicího zrna v mikrometrech, které bylo poděleno deseti. Například zrnitost 240 znamenala, že velikost zrna je přes 2400 mikrometrů = 2,4 mm, tedy velice hrubé brusivo. Dnes normy vychází ze starších norem, kde popisujeme zrnitost jako číslo udávající počet ok síta na jeden palec (25,4 mm), kterým brusivo při prosívání propadne. Tedy čím větší číslo, tím hustší síto a tím jemnější brusivo. Příklad značení zrnitosti je v tab. 3. Z tohoto principu vychází dnes platná norma FEPA (Federation of European Producers of Abrasives) [18].

Tab. 3 Zrnitost dle FEPA [18].

Zrnitost dle FEPA	Slovní název
7, 8, 10, 12	Velmi hrubá
14, 16, 20, 22, 24, 30	Hrubá
36, 40, 46, 54, 60	Střední
70, 80, 90, 100, 120	Jemná
150, 180, 220, 240	Velmi jemná
280, 320, 400, 500, 600	Zvláště jemná
800, 1000, 1200	Extrémně jemná

Tvrdost brousicího kotouče

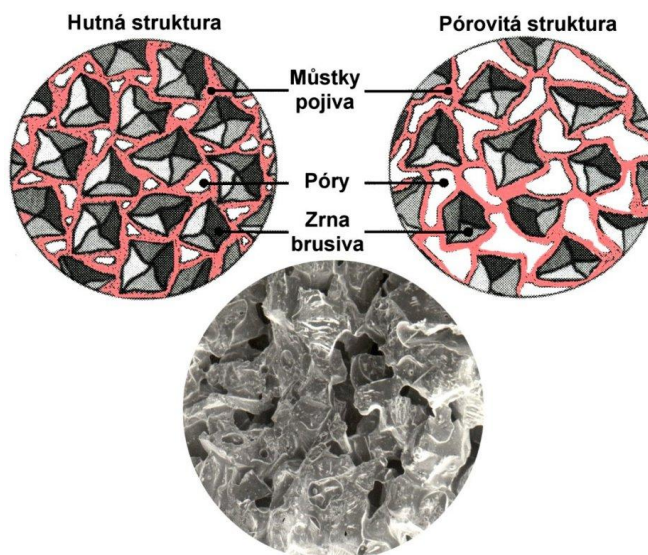
Tvrdostí kotoučů označujeme jejich schopnost udržet zrna ve vazbě. Tvrdost kotouče závisí na složení a množství pojiva v poměru k množství zrn a na teplotě, při které se keramický kotouč vypaluje. Jemná zrna mají relativně velký povrch, a potřebují proto k dosažení stejné tvrdosti více pojiva. Tlak na zrno závisí na velikosti styčné plochy mezi kotoučem a broušeným předmětem. Při větší styčné ploše je zrno poměrně delší dobu v záběru a otupuje se více. Je proto nutno volit měkkí kotouče, které mají větší schopnost samoostření. Podmínky volby tvrdosti jsou na obr. 35 [25].

Měkký kotouč	PODMÍNKY	Tvrdý kotouč
Tvrdý, křehký ←	Obráběný materiál	→ Měkký, houževnatý
Velká ←	Kontaktní plocha	→ Malá
Vysoká ←	Řezná rychlost	→ Nízká
Nízká ←	Posuvová rychlost (v_{ft} , v_w)	→ Vysoká
Dobrá ←	Přesnost brusky	→ Špatná
Zkušený ←	Pracovník	→ Nezkušený

Obr. 35 Výběr tvrdosti kotouče dle podmínek obrábění [22].

Struktura brousícího kotouče

Strukturou se rozumí hutnost brousících nástrojů, tj. objem pórů v procentech celkového objemu. Struktura brousících nástrojů se označuje čísly, která vyjadřují obsah pórů v procentech. Na broušení hladkých předmětů z tvrdého a křehkého materiálu při malé styčné ploše broušení se doporučuje sloh hutný. Na broušení houževnatých materiálů při velké styčné ploše se doporučuje pórovitý sloh, viz obr. 36 [21,25].



Obr. 36 Struktura brousících kotoučů [22].

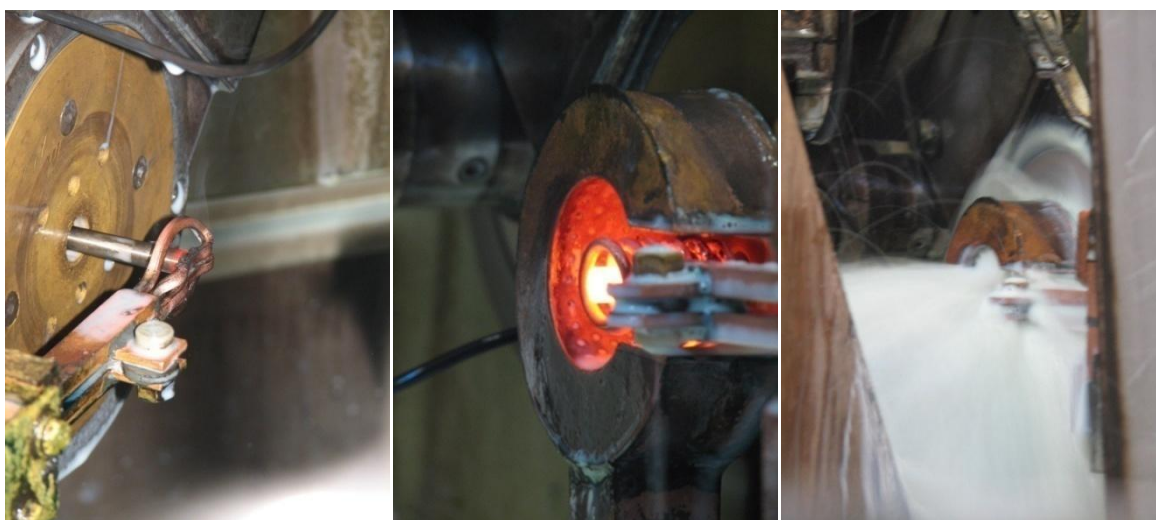
Orovnávání kotoučů

Během broušení je potřeba orovnávat brousící kotouče. Toto patří mezi úkony probíhající před a během vlastního broušení ventilů. Orovnání brousícího kotouče se využívá tehdy, když je potřeba oživit brousící schopnost kotouče nebo

obnovit jeho tvar. K orovnění brousících kotoučů z konvenčního brusiva se používá syntetický diamant. V případě CBN kotoučů nedochází k orovnávání kotouče, kotouče se pouze oživují za pomoci speciálních kamenů [23].

2.3 Indukční kalení konce dřívku

Jedná se o jednu z operací, jež jsou společné pro oba typy ventilů (sací i výfukové). Konec ventilu je vystaven velkému zatížení od ústrojí pohánějícího ventil. Nesmí se proto opotřebovávat a musí mít dostatečnou odolnost. Proto se provádí indukční kalení dřívku, a to buď povrchové, nebo celkové. Povrchové kalení je třeba provádět za rotace (obr. 37). V případě, že se jedná o prokalení celého konce dřívku, tak není rotace třeba.



Obr. 37 Kalení konce dřívku ventilu.

Teploty pro oba dva typy kalení se musí pohybovat mezi $1000\text{ }^{\circ}\text{C} \div 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sprcha musí být nastavena tak, aby zbytková teplota ventilu po opuštění stroje byla $180\text{ }^{\circ}\text{C} \div 250\text{ }^{\circ}\text{C}$, aby došlo k částečnému popuštění a tím ke snížení zbytkového napětí v zakalené části.

2.4 Plazmový návar stellitevého prášku a dodatečný ohřev

Tato operace je prováděna téměř vždy na výfukových ventilech. Do předem připravené drážky je pomocí plazmového oblouku (ionizovaný plyn) nanesen roztavený stelliteový prášek. Tato operace se využívá především u výfukových ventilů. Individuálně lze použít i pro sací ventily, ale zde musí následovat operace popuštění po návaru, neboť pod vrstvou návaru vznikne vlivem tepla vneseného při návaru teplotně ovlivněná oblast (obr. 38).

V zařízení pro dodatečný ohřev dochází k zahřátí ventilové hlavy ihned po návaru sedla z důvodu rovnoměrného chladnutí, a tudíž snížení vnitřního zbytkového napětí. Tato operace probíhá nahřátím na teplotu $1080\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (obr. 39). Vzhledem k tomu, že se jedná o velice citlivou operaci, je nutná důkladná kontrola kvality návaru, kde se využívá 100% automatická kontrola ultrazvukem.



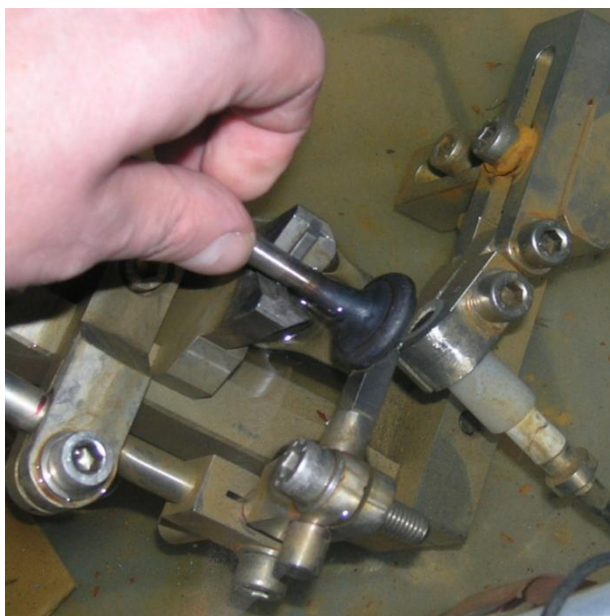
Obr. 38 Plazmový návar



Obr. 39 Zařízení pro dodatečný ohřev.

2.5 Kontrola ultrazvukem

Patří mezi tzv. nedestruktivní metody kontroly, umožňující toto provádět na kusech, které budou dále obráběny a odeslány zákazníkovi. Tímto způsobem lze najít nejen vnější vady, čehož se využívá např. při kontrole na trhliny po operaci kalení sedla, ale především vnitřní vady, čehož se využívá při kontrole kvality návaru ke zjištění případného nespojení návaru se základním materiálem (tzv. studený spoj). Toto je možné provádět jak na právě navařených kusech, tak po obrobení hlavy v automatickém režimu. Jak vypadá kontrola ultrazvukem v praxi, je vidět na obr. 40.



Obr. 40 Kontrola ultrazvukem.

2.6 Povrchová úprava dříku ventilu

Některé ventily mají v rámci dokončovacích operací dřík pouze broušen - leštěn. V závislosti na požadavcích zákazníka se ale provádí také chromování nebo, v poslední době se stále více prosazující, nitridování.

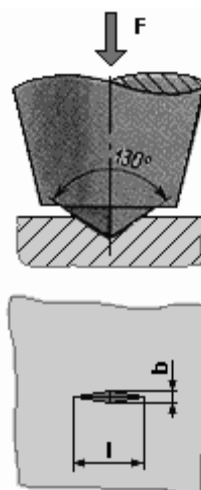
Chromování

Jedná se o elektrochemický nános vrstvy chromu na oblast dříku ventilu. Tloušťka vrstvy chromu by neměla být větší než $25\text{ }\mu\text{m}$ (obvykle kolem $15\text{ }\mu\text{m}$). U výfukových bimetalických ventilů je navíc nutné vzít v potaz různou teplotní roztažnost obou materiálů, a tudíž předejít možnému pozdějšímu tření některé z částí ve vodítku ventilu.

Nitridování

Jedná se o sycení celého povrchu ventilu dusíkem v solné lázni. Nitridace stále více nahrazuje proces chromování. Pro ventilové materiály se jako nejlepší ukázala nitridace v solné lázni (zejména z hlediska tvorby porézní vrstvy na povrchu). Za optimální se považuje tloušťka nitridační vrstvy $20\text{ }\mu\text{m}$ až $30\text{ }\mu\text{m}$.

Dosažená tvrdost může být v závislosti na typu materiálu až 1500 HV . Pro měření těchto vrstev se ale doporučuje použít spíše u nás málo rozšířenou metodu Knoop (HK), a to z důvodu tvaru vtisku a možného porušení povrchové vrstvy a tím zkreslení výsledků měření. Při metodě Knoop se do povrchu materiálu vtlačuje pod zatížením silou F (působí kolmo na povrch vzorku) čtyřboký diamantový jehlan (poměr úhlopříček 7:1, úhly 130° a $172,5^\circ$, poměr délky úhlopříčky k hloubce je 30) viz obr. 41. Při měření tvrdosti podle Knoop jsou kladeny vysoké nároky na úpravu povrchu zkoušeného materiálu a na ostrost hran vnikajícího tělesa [19].



Obr. 41 Zkouška tvrdosti podle Knoop [19].

2.7 Finální kontrola

V rámci finální kontroly probíhá jak rozměrová kontrola funkčních rozměrů, tak vizuální kontrola na přítomnost rýh, nedostatku materiálu atd. Navíc je zde

také kontrola pomocí vířivých proudů na případné trhliny a kontrola pomocí tzv. magnatestu, zda je zakalen konec dříku (obr. 42).



Obr. 42 Finální kontrola.

3 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE BROUŠENÍ

Tato kapitola se zabývá stávajícím způsobem broušení. Jsou zde popsány představitelé strojů a nástrojů pro jednotlivé operace. Dále jsou zde uvedeny příklady požadované kvality výrobků na jednotlivých operacích broušení částí ventilů. Jako představitel pro uváděné rozměrové a geometrické tolerance byl vybrán výfukový monometalický ventil.

3.1 Broušení dříků ventilu nahrubo



Obr. 43 Ventil po operaci „brousit dřík nahrubo“.



Obr. 44 GHRINGHELLI M200.

Jedná se zpravidla o první operaci při broušení ventilu. Využívá se zde principu bezhrotého zápichového broušení. Při této operaci je nutné dodržet tyto předepsané hodnoty:

- kruhovitost dříku: 0,005 mm,
- přímost dříku: 0,006 mm,
- drsnost dříku: $Ra = 1,5 \mu m$,
- průměr dříku: $6,02 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$,
- délka broušeného dříku: $82 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

Samostatné broušení ventilu se provádí na stroji GHRINGHELLI M200. Jedná se o jednoúčelovou brusku s CNC řídicím systémem od italského výrobce (obr. 44). Taktéž se zde využívají brusky BB10 (obr. 46).

V tab. 4 a tab. 5 jsou uvedeny příklady dvou druhů brousicích kotoučů používaných při těchto operacích. Jedná se o brousicí kotouče plochého tvaru. Specifikace brousicích kotoučů se volí podle materiálu dříku ventilu a druhu ventilu.

Tab. 4 Specifikace kotouče CS 83A 802 KK 4 VB3 610x120x305.

Brousicí kotouč CS 83A 802 KK 4 VB3	
Rozměr	610x120x304,8
Typ zrna	83A (sintrovaný + bílý korund)
Zrnitost FEPA	80 (jemné)
Znak pro zrnitost směsi	2
Tvrdost	K (měkká)
Struktura	4 (hutná)
Pojivo	V (keramické pojivo)

Tab. 5 Specifikace kotouče 41A 806 N 6 V400.

Brousicí kotouč 41A 806 N 6 V400	
Rozměr	610x120x304,8
Typ zrna	41A (růžový korund)
Zrnitost FEPA	80 (jemné)
Znak pro zrnitost směsi	6
Tvrdost	N (střední)
Struktura	6 (polohutná)
Pojivo	V (keramické pojivo)

3.2 Broušení dříku ventilu načisto



Obr. 45 Ventil po operaci „brousit dřík načisto“.

Po chemicko-tepelném zpracování (nitridování), popřípadě po povrchové úpravě ventilu chromováním, následuje operace brousit dřík načisto. Jedná se o poslední operaci, která může ovlivnit kvalitu dříku ventilu. Z tohoto důvodu jsou zde vysoké požadavky na přesnost a kvalitu obrobené plochy.

Požadované rozměry:

- kruhovitost dřívku: 0,005 mm,
- přímost dřívku: 0,006 mm,
- drsnost dřívku: $R_a = 0,35 \mu\text{m}$,
- průměr dřívku: $5,964 \text{ mm} \pm 0,004 \text{ mm}$,
- délka broušeného dřívku: $81 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

Broušení dřívku načisto se provádí na bruskách BB10 (obr. 46) či CM2/250 (obr. 47), popřípadě na brusce Ghringhelli M150, která se využívá v LINE-G. Jedná se o technologii bezhrotého zápichového broušení. Při broušení jsou využívány brousicí kotouče, jejichž specifikace jsou uvedené v tab. 6. V případě obrábění dřívku na stroji Ghringhelli M150 se využívá brousicí kotouč o vnějším průměru 610 mm. Na stroji BB10 je využíván brousicí kotouč o průměru 500 mm. Na stroji BB10 se dále využívají brousicí kotouče CS 83A 802 KK 4 VB3 (tab. 4) o rozměrech 500x100x305 mm.



Obr. 46 Bruska BB10.



Obr. 47 Bruska CM2/250.

Tab. 6 Brousicí kotouč 313C 1207 L 8 V500.

Brousicí kotouč 313C 1207 L 8 V500	
Rozměr v případě brusky Ghringhelli:	610x120x304,8
Rozměr v případě brusky BB10:	500x100x305
Typ zrna	313C (karbid křemíku)
Zrnitost FEPA	120 (jemné)
Znak pro zrnitost směsi	7
Tvrdost	L (střední)
Struktura	8 (otevřená)
Pojivo	V (keramické pojivo)

3.3 Broušení drážek



Obr. 48 Ventil po operaci „brousit drážky“.

Během této operace se brousí drážky na dříku ventilu a současně sráží hrany na čele dříku. Tato operace se provádí na bruskách Landis (obr. 49) nebo například na brusce Ghiringhelli (obr. 50). Požadované tolerance při výrobě jsou následující:

- kruhové házení drážek: 0,05 mm,
- drsnost drážek: $R_a = 1,6 \mu\text{m}$,
- rádius drážek: $0,57 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$,
- vzdálenost drážky od čela dříku: $5,07 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$,
- rádius na konci dříku: $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$,
- průměr na konci dříku: $4,95 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$.

Nástrojem je v tomto případě tvarový kotouč, který svým tvarem odpovídá požadovanému tvaru drážek zadaných výrobcem. Jako příklad byl zvolen brousicí kotouč od firmy Tyrolit CS 11A 802 LL 4 VK1. Jeho specifikace jsou uvedeny v tab. 7.



Obr. 49 Bruska Landis.



Obr. 50 Bruska Ghiringhelli.

Tab. 7 Brousicí kotouč CS 11A 802 LL 4 VK1.

Brousicí kotouč CS 11A 802 LL 4 VK1	
Typ zrna	11A (umělý korund)
Zrnitost FEPA	80 (jemné)
Znak pro zrnitost směsi	2
Tvrдость	L (střední)
Struktura	4 (hutná)
Pojivo	V (keramické pojivo)

3.4 Broušení hlavy ventilu

Při obrábění hlavy ventilů se využívá několika různých způsobů broušení. Z pohledu obráběných ploch lze rozdělit broušení hlavy ventilu na:

- broušení celé hlavy ventilu (obr. 52 a obr. 54),
- broušení sedla a podsedla ventilu (obr. 56).

Při broušení celé hlavy ventilu se obrábí během jedné operace sedlo, podsedlo, tvarová plocha přechodu mezi podsedlem a dříkem ventilu. Tento způsob lze provádět pomocí konvenčních tvarových kotoučů na brusce KHTC (obr. 51). Výhodou tohoto způsobu je kvalitní povrch po broušení.

Dalším možným způsobem, jak lze brousit celou hlavu dříku, je pomocí CBN kotoučů (obr. 53). Jedná se o vysokorychlostní broušení, jehož výhodami jsou především krátký cyklový čas a trvanlivost kotouče, která se pohybuje okolo 400000 kusů obrobených ventilů bez nutnosti tento kotouč orovnávat. Nevýhoda tohoto způsobu broušení spočívá v horší povrchové kvalitě broušených ploch. Na obr. 52 a obr. 54 je vidět rozdílná kvalita broušeného povrchu hlavy ventilu.

Poslední metodou obrábění hlavy ventilu je současné broušení sedla a podsedla ventilu (obr. 56). U tohoto broušení se využívají konvenční tvarové brousicí kotouče na stroji Hooging (obr. 55).



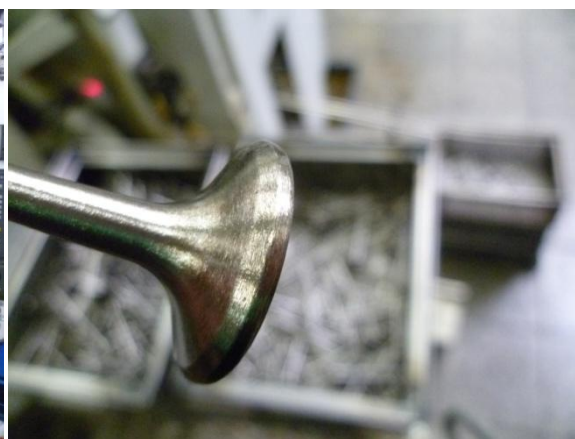
Obr. 51 Bruska KHTC.



Obr. 52 Broušená hlava ventilu na stroji KHTC.



Obr. 53 Bruska „CBN“.



Obr. 54 Broušená hlava ventilu na „CBN“.



Obr. 55 Bruska Hooging.



Obr. 56 Broušené sedlo a podsedlo.

3.5 Broušení sedla ventilu



Obr. 57 Ventil po operaci „brousit sedlo ventilu“.

Broušení sedla ventilu je jednou z nejdůležitějších operací při výrobě ventilu. Jedná se o část ventilu, která utváří těsnost během 75 % pracovního cyklu motoru. Po tuto dobu odvádí sedla teplo z ventilů do těla chlazené hlavy válců. Během zbývajících 25 % pracovního cyklu, kdy dochází k výměně pracovních médií, dochází k opotřebení především výfukových sedel. Z těchto důvodů jsou na sedla ventilu kladeny vysoké nároky na přesnost a kvalitu obrobené plochy [31]. Příklady požadavků na sedlo ventilu jsou uvedeny zde:

- požadavky na těsnost:
 - kruhovitost sedla: 0,008 mm
 - úhel sedla: $44^{\circ}30' \pm 15'$,
 - drsnost povrchu sedla: $R_a = 0,8 \mu\text{m}$,
- požadavky na smontovatelnost:
 - vzdálenost: sedlo: $97,275 \text{ mm} \pm 0,10 \text{ mm}$,
 - vzdálenost: sedlo: $92,45 \text{ mm} \pm 0,20 \text{ mm}$,
 - vzdálenost: sedlo: $1,7 \text{ mm} \pm 0,15 \text{ mm}$,
 - obvodová házivost: 0,05 mm.

Broušení sedla ventilu lze provést dvěma způsoby. Při prvním způsobu se využívá plochý brousicí kotouč a sedlo ventilu je obráběno obvodem (tab. 8). Druhý způsob broušení spočívá ve využití brousicího kotouče hrncovitého tvaru (tab. 9), přičemž broušení probíhá čelem brousicího kotouče. Při broušení se zde využívají stroje od amerického výrobce Blumberg machinery (obr. 65).

Tab. 8 Brousicí kotouč 36A 803 K 7 VN5.

Brousicí kotouč 36A 803 K 7 VN5	
Typ zrna	36A (rubínový korund)
Zrnitost FEPA	80 (jemné)
Znak pro zrnitost směsi	3
Tvrdost	K (měkká)
Struktura	7 (otevřená)
Pojivo	V (keramické pojivo)

Tab. 9 Brousicí kotouč 76A 80/3 MN 4 VA3.

Brousicí kotouč 76A 80/3 MN 4 VA3	
Rozměry	400x100x305-360x80
Typ zrna	76A (umělý korund)
Zrnitost FEPA	80 (jemné)
Znak pro zrnitost směsi	3
Tvrdost	M (střední)
Struktura	4 (hutná)
Pojivo	V (keramické pojivo)

3.6 Broušení čela dříku ventilu



Obr. 58 Ventil po operaci „brousit čelo dříku“.

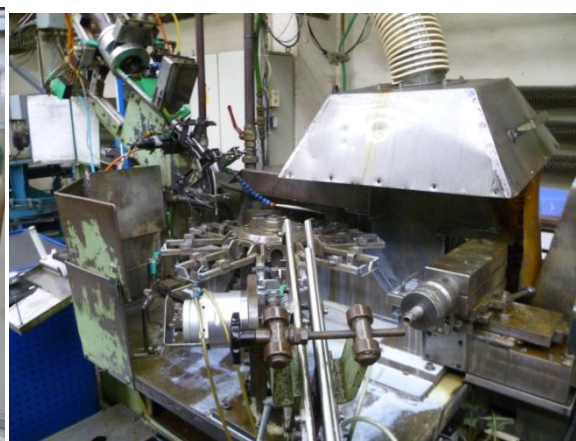
Čelo dříku ventilu je jednou z více namáhaných částí ventilu. Aby byla zaručena správná funkce ventilu, je potřeba zajistit přesný styk mezi čelem dříku a vahadlem. Z tohoto důvodu jsou předepsány během operace „brousit čelo dříku“ následující požadavky:

- házení čela: 0,02 mm,
- drsnost dříku: $R_a = 0,5 \mu\text{m}$,
- délka od teoretického $\varnothing 28,6 \text{ mm}$: $97,08 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$,
- celková délka: $98,98 \text{ mm} \pm 0,15 \text{ mm}$.

Broušení probíhá buď na moderních CNC bruskách (obr. 59) nebo na starších jednoúčelových strojích s tvrdou automatizací (obr. 60). Na těchto strojích je využíván plochý brousicí kotouč a broušení je prováděno čelem tohoto brousicího kotouče. V tab. 10 a v tab. 11 jsou zobrazeny specifikace dvou představitelů kotoučů, které se využívají u této operace.



Obr. 59 Bruska KHNTC.



Obr. 60 Bruska JUS.

Tab. 10 Brousicí kotouč HKW 120 I 6 BWX.

Brousicí kotouč HKW 120 I 6 BWX	
Typ zrna	HKW (hnědý korund)
Zrnitost FEPA	120 (jemné)
Tvrdost	I (měkká)
Struktura	6 (polohutná)
Pojivo	BW (pryskyřičné pojivo)

Tab. 11 Brousicí kotouč 19A 280 G 8 B31A.

Brousicí kotouč 19A 280 G 8 B31A	
Typ zrna	19A (hnědý korund + bílý korund)
Zrnitost FEPA	280 (velmi jemné)
Tvrdost	G (velmi měkká)
Struktura	8 (otevřená)
Pojivo	B (pryskyřičné pojivo)

3.7 Broušení celého ventilu

Jeden z nejmodernějších způsobů broušení ventilů je na stroji MSP-INDEX (obr. 61). Jedná se CNC brusku s pěti osami s automatickým vyvažováním CBN kotoučů. Jeden brusný cyklus probíhá ve 3 krocích (obr. 63).

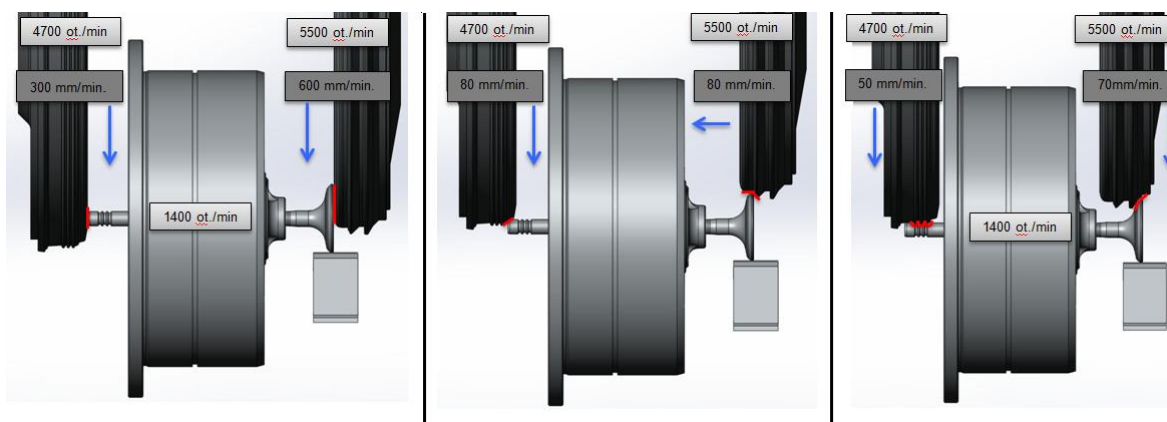
V prvním kroku je broušeno čelo hlavy a čelo dříku ventilu. Ve druhém kroku je sražena hrana na čele dříku a na průměru hlavy. V posledním kroku jsou broušeny drážky na dříku ventilu a sedlo a podsedlo ventilů. Hotová součást je zobrazena na obr. 62. Jako brousicí nástroje se využívají CBN kotouče od firmy Tyrolit. Životnost kotouče brousící dřík ventilu se pohybuje v rozmezí 800000 ks až 1000000 kusů ventilů. V případě kotouče brousícího hlavu ventilu se jedná o životnost 550000 ks až 750000 ks ventilů.



Obr. 61 Bruska MSP-INDEX.



Obr. 62 Ventil po broušení.



Obr. 63 Postup broušení na stroji MSP-INDEX.

4 URČENÍ OBLASTÍ VHODNÝCH PRO RACIONALIZACI

4.1 Podstata a cíle racionalizace

Racionalizace výroby je součástí souhrnu opatření směřujících k účelnějšímu a hospodárnějšímu způsobu práce a výroby. Její podstatou je nepřetržité zdokonalování výrobního systému [26, 27].

Podnikatelské subjekty by se měly snažit o neustálé zvyšování produktivity práce v zájmu zlepšování ekonomických výsledků i zvyšování konkurenceschopnosti systému. Z tohoto důvodu je racionalizace jedno z konkrétních opatření podnikového vedení směřujících ke změně spotřeby práce na jednotku výroby a tím ke zvýšení produktivity [27].

Komplexní racionalizace se týká nejen vlastní výroby, ale i oblasti řízení a správy a zahrnuje především aktivitu a iniciativu pracujících při zvyšování všech faktorů růstu výkonnosti a zároveň odstraňování namáhavé monotónní nebo zdraví škodlivé práce [27,26].

Důležité je praktické zaměření racionalizace. Slouží nejen jako nástroj dalšího rozvoje poznání, ale i jako nástroj k ověření a aplikování všech praktických změn [27].

Tradičním oborem racionalizace je racionalizace práce, která nadále zůstává nejširším a nejobecnějším polem racionalizačního úsilí [27].

Významnou oblastí je racionalizace produktivního fungování základních výrobních fondů. Tyto fondy řeší přípravu práce, přísun a odsun zařízení, obsluhu, udržování a opravy strojů, budov a staveb [27].

Další oblastí racionalizace je materiálové hospodaření a pohyb materiálu. Pohyb materiálu a manipulace s materiálem představují rostoucí podíl práce i nákladů. Racionalizace logistiky volí nejkratší cestu, zvyšuje plynulost přepravy materiálu a zavádí ekonomické skladování [27].

Racionalizační opatření:

Jedná se o soubor technicko-organizačních a psychologických metod, postupů a opatření, vedoucích ke zvýšení produktivity práce [27].

Cíl racionalizace:

Maximální zvýšení produktivity při vynaložení co nejnižších nákladů. Hranice dosaženého zvýšení produktivity práce jsou těžko stanovitelné, jedná se o proces neustálého zlepšování (obr. 64) [26, 27].



Obr. 64 Cíle racionalizace v podniku [27].

Mezi základní nástroje racionalizace patří [27]:

- optimalizace provádění pracovních operací,
- ergonomie pracoviště,
- technické úpravy pracovišť,
- technologičnost konstrukce,
- uspořádání pracovišť.

Základní postup racionalizace [27]:

1. analýza pracovního systému,
2. posouzení funkce současného pracovního systému,
3. generování racionalizačních opatření,
4. realizace opatření,
5. vyhodnocení přínosů.

4.2 Úspora nákladů na nářadí a zvýšení produktivity

Při broušení různých částí ventilů se využívá široká škála brousicích kotoučů od různých výrobců. Po dosažení určitého opotřebení jsou kotouče vyřazeny a zlikvidovány. Snahou je využít použité kotouče na jiné operace a tím snížit náklady na nové nářadí.

Plánem tohoto projektu je snížit náklady na operaci „brousit sedlo“ na strojích Blumberg a na operaci: „brousit dřívko“ na strojích BB10. V následující kapitole jsou uvedeny cyklové časy jednoho představitele. Jedná se o výfukový monometalický ventil.

4.2.1 Snížení nákladů na operaci „brousit sedlo ventilu“

Broušení sedla ventilu je prováděno na stroji Blumberg (obr. 65). Parametry tohoto stroje jsou uvedeny v tab. 12.



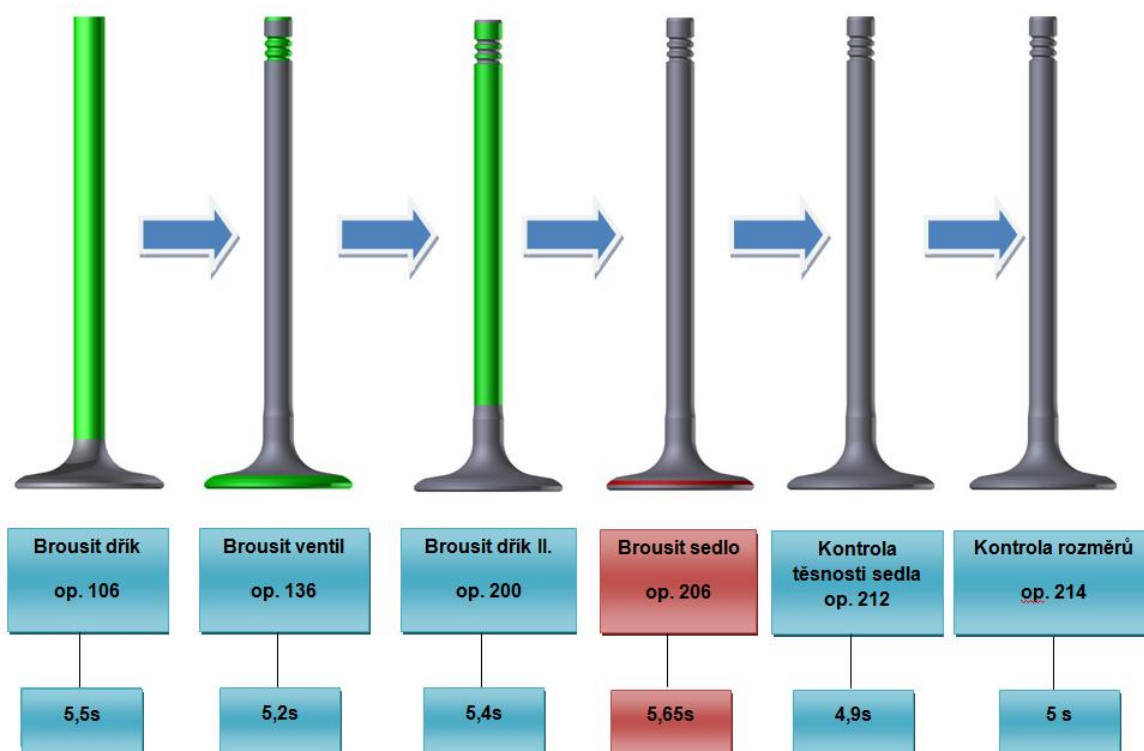
Obr. 65 Stroj Blumberg.

Tab. 12 Parametry stroje D- 78176 Blumberg.

Základní data	
Stroj L x W x H	3790x2650x2350 mm
Hmotnost stroje	5000 kg
Délka cyklu	5 – 8 s.
Brousicí kotouč	
Název	X45 00751-534-50
Průměr	400 mm
Bezpečnostní obvodová rychlost	$63\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Maximální pracovní rychlost	$50\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Aktuální situace

Na operaci „brousit sedlo“ v LINE-G je využíván hrncovitý brousicí kotouč DILUMIT 76A 80/3 MN 4 VA3 400x100x305-360x80. Jedná se o brousicí kotouč hrncovitého tvaru od německého výrobce Dilumit s.r.o.



Obr. 66 Postup operací na LINE-G.

V tab. 13 jsou uvedeny jednotlivé časy operací v LINE-G. Červeně je označena operace 206 brousit sedlo ventilu. Z tabulky je možné vyčíst, že takt celé výrobní linky určuje právě operace 206. Jednotkový čas je 5,5 s. Při broušení sedla dochází k zanášení brousicího kotouče, které má za následek ztrátu brousících vlastností a jeho následné vydrolení. Z tohoto důvodu je nutné po každých 40 kusech orovnat kotouč. Příklad na orovnáání činí 0,008 mm.

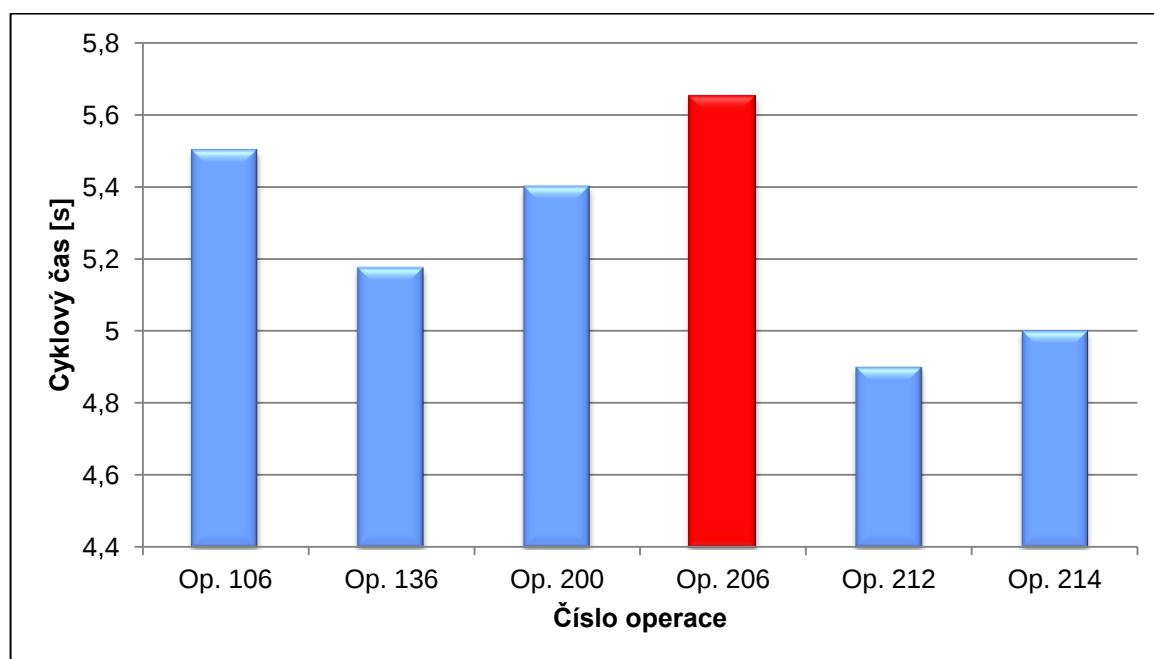
Orovnávací cyklus brousicího kotouče trvá 6 sekund. To znamená přibližně 0,15 sekundy na jeden kus. V tomto případě tedy činí cyklový čas na operaci 206 přibližně 5,65 sekund a celkový výstup 4778 ks za směnu. V případě nedodržení kruhovitosti a opracování sedla ventilu nebo zanášení brousicího kotouče je možno snížit orovnáání brousicího kotouče až o 20 %. Tato úprava zvýší cyklový čas na přibližně 5,69 sekund a celkový výstup se sníží na 4745 ks za směnu.

Při takto nastaveném orovnáání vydrží brousicí kotouč na 280 000 kusů, což je přibližně měsíční produkce. Pak musí být vyměněn za nový. Doba potřebná na výměně se pohybuje okolo 2 hodin. Díky této odstavce vzniká ztráta přibližně 1200 kusů. Za tohoto stavu je potřeba přibližně 12 brousících kotoučů na tuto operaci.

Tab. 13 Časy operací LINE-G.

Op.	Směnový čas	Jednotkový čas	Trvanlivost	Čas na výměnu	Kusový čas	Výstup [7,5 h]	Celkový výstup
	[min]	[s]	[ks]	[s]	[s]	[ks]	[ks]
106	450	5,5			5,5	4909	4909
136	450	10,3			10,3	2621	5217
136	450	10,4			10,4	2596	
200	450	5,2	700	138	5,4	5000	5000
206	450	5,5	40	6	5,65	4778	4778
212	450	4,9			4,9	5510	5510
214	450	5			5	5400	5400

Podrobnější zobrazení cyklových časů je na obr. 66 a obr. 67. Na tomto obrázku je vidět takt výrobní linky 5,65 sekund, respektive 5,69 sekund při zanášení brousicího kotouče. Maximální kapacita LINE-G je nastavena na 5000 kusů za 8 hodin, z toho vyplývá, že směnová norma činí 4687 kusů/směna. Při této situaci by měl být takt linky 5,76 s. Při optimálním průběhu pracovní směny dosahuje tato linka produktivity v rozmezí 4200 kusů až 4300 kusů za směnu. Tato produktivita představuje průměrný takt linky v rozmezí 6,28 s. až 6,43 sekund.



Obr. 67 Cyklové časy operací.

LINE-G se skládá z brusek a kontrolních stanovišť. Stroje pro jednotlivé operace jsou sepsány v tab. 14.

Tab. 14 Seznam strojů LINE-G.

Číslo operace	Popis operace	Stroj
106	Brousit dřík	Ghiringelli M200
136	Brousit ventil	LINE-G1, LINE-G2
200	Brousit dřík	Ghiringelli M150
206	Brousit sedlo	Blumberg
212	Kontrola těsnosti sedla	Leak tester
214	Kontrola rozměrů	Měřicí stanice

Specifikace operace „brousit sedlo“ – stroj Blumberg

Při operaci 206 se brousí sedlo ventilu pomocí brousicího kotouče hrncovitého tvaru. Ventil je upnut do kleštiny a správná pracovní poloha ventilu je zajištěna pomocí předního pružného dorazu. Po ukončení operace broušení je uvolněn a vyjmut pomocí vyhazovače. Tento pracovní cyklus je plně automatizovaný a pracovník plní kontrolní funkci.

Aby byla zaručena shoda rozměru výrobku s rozměry požadovanými výrobcem, je zapotřebí kontrolovat předepsané rozměry. Během pracovní směny probíhají kontroly přímo na pracovišti při četnosti 100 kusů. Při uvolnění prvního kusu provádí měření kontrolor. Úhel sedla ventilu je kontrolován jednou za směnu pracovníkem oddělení technické kontroly. Drsnost povrchu sedla kontroluje jedenkrát za směnu operátor stroje. Při každém stém kusu provádí operátor stroje vizuální prohlídku celého ventilu. Cílem vizuální kontroly je odhalit vznik n-hranu, zábrusu či jiného poškození ventilu. Aby byla zajištěna korektnost měření, je potřeba provádět kontrolu nastavení měřidel každou hodinu. Při měření sedla ventilu je nutné provádět jedenkrát za směnu kompletní kontrolu rozměrů na středisku technické kontroly. Výsledky jsou elektronicky archivovány.

Někteří výrobci automobilů požadují SPC. Jedná se o měření pěti po sobě jdoucích kusů. Výsledky těchto měření jsou zapsány a archivovány po dobu 5 let. Archivace se provádí z důvodu případných reklamací a dohledání vadných zakázek.

4.2.2 Snížení nákladů na operaci „brousit dřík ventilu“

Broušení dříku ventilu se provádí na stroji BB10 (obr. 68) brousícím kotoučem o rozměru 500x100x305. Jedná se o bezhrotou brusku s CNC řízením. Některá základní data tohoto stroje jsou uvedena v tab. 15.



Obr. 68 Stroj BB10.

Tab. 15 Parametry stroje BB10.

Základní data	
Stroj L x W x H	2000x1500x1500 mm
Hmotnost stroje	45 000 kg
Délka cyklu	5 – 8 s.
Brousicí kotouč	500 x 100 mm
Podávací kotouč	300 x 100 mm
Výkon vřeteníku	15 kW

Specifikace operace „brousit dřík“ na stroji BB10

U operace brousit dřík načisto je využíván princip bezhrotého zápichového broušení. Při tomto způsobu broušení se využívá brousicí kotouč od firmy Tyrolit CS 83 A 802 KK 4 VB3. Jelikož se jedná o poslední operaci, která může přímo ovlivnit kvalitu povrchu a rozměrovou přesnost dříku, tak jsou zde kladeny vysoké požadavky na kontrolu výsledné kvality. Průměr dříku je měřen obsluhou stroje každých 100 kusů pomocí pasometru a drsnost povrchu je měřena třikrát za směnu drsnoměrem. Kruhovitost a prohnutí je měřeno třikrát za směnu pomocí prizmatického přípravku a číselníkového úchylkoměru s přesností na 0,001 mm. Délka broušené části je měřena posuvným měřítkem.

Po přenastavení stroje je první kus kontrolován na středisku technické kontroly kvalifikovanými zaměstnanci. Během této kontroly jsou změřeny všechny výše uvedené rozměry a v některých případech se zde měří i válcovitost.

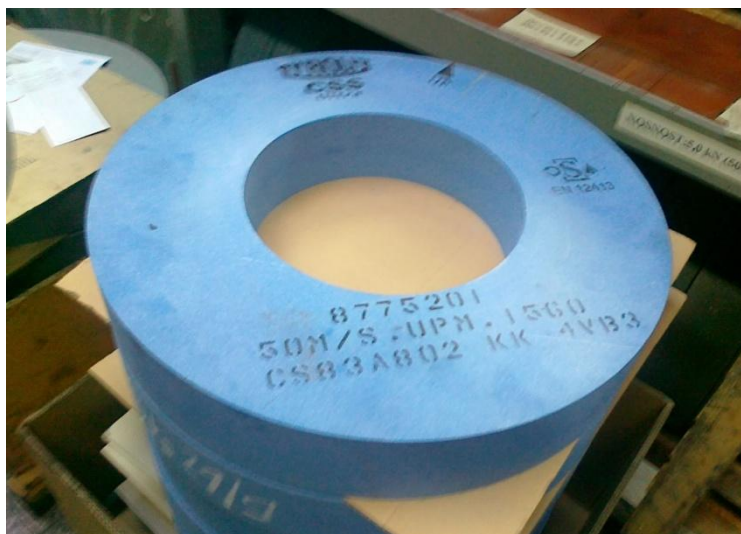
Výsledky tohoto měření jsou uchovávány v digitální i tištěné podobě a archivují se po dobu 5 let.

5 NÁVRH NOVÉHO ZPŮSOBU TECHNOLOGIE BROUŠENÍ

5.1 Úspora nákladů na nářadí a zvýšení produktivity na operaci „brousit dříví ventilu“ na stroji BB 10

5.1.1 Navrhované řešení

Na strojích Ghiringelli, kde se provádí hrubování dříví, je používán brousicí kotouč CS 83A 802 KK 4 VB3 od firmy Tyrolit (obr. 69). Rozměry nového kotouče jsou 610x100x305 mm.



Obr. 69 Brousicí kotouč Tyrolit CS 83A802 KK 4 VB3 610x100x305.

Kotouč je vyměněn za nový po dosažení rozměru 500x100x305 mm. Aby nedocházelo k zanášení brousicího kotouče, které má za následek jeho vydrolování, je nastaveno orovnění kotouče po 60 ks. Během jednoho cyklu orovnění se brousicí kotouč zmenší o 0,04 mm. Roční spotřeba těchto kotoučů se pohybuje okolo 60 ks. Při ceně 20 850 Kč za jeden brousicí kotouč jsou celkové roční náklady 1 251 000 Kč.

V současné době se využívají na strojích BB10 brousicí kotouče od firmy Tyrolit o rozměrech 500x100x305 mm (obr. 70). Navrhované řešení spočívá ve využití použitého brousicího kotouče na broušení na čisto dříví ventilu na strojích BB10. Z provedených zkoušek vyplývá, že použité kotouče ze strojů Ghiringelli splňují požadavky na předepsanou přesnost výroby.

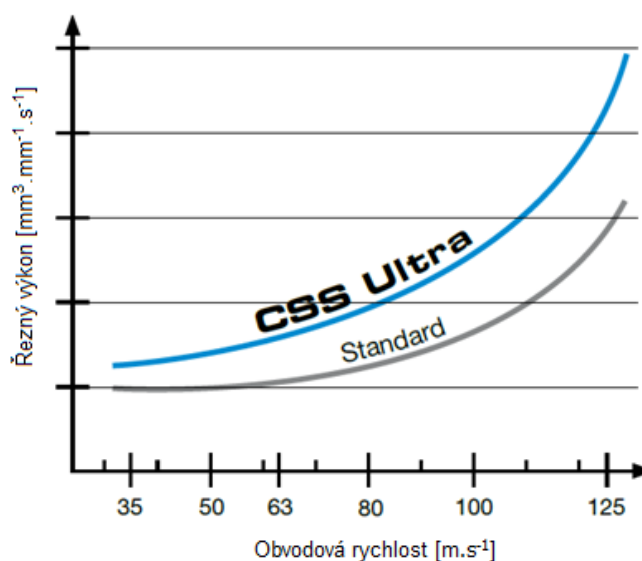


Obr. 70 Brousicí kotouč CS 83A 802 KK 4 VB3 po úpravě.

5.2 Úspora nákladů na nářadí a zvýšení produktivity na operaci „brousit sedlo“ na stroji Blumberg

5.2.1 Navrhované řešení

Na operaci brousit dřík na stroji BB10 je využíván brousicí kotouč CS 83A 802 KK 4 VB3 od firmy Tyrolit. Rozměr nového kotouče je 500x100x305 mm. Rozměr použitého kotouče je 405x100x305 mm. Značka CS označuje kotouče s technologií CSS ultra. Tyto kotouče dosahují nových úrovní výkonu pro vnější válcové broušení s konvenčními brousicími nástroji. Firma Tyrolit vylepšila mikrostruktury brousících kotoučů s použitím nových vysoce kvalitních materiálů a inovativní technologie slinování. To umožňuje abrazivním zrnům vydržet při broušení mnohem větší zatížení bez předčasného vylomení, viz obr. 71 [16].



Obr. 71 Porovnání závislosti řezného výkonu na obvodové rychlosti [7].

Návrh spočívá v úpravě použitého kotouče na tvar brousicího kotouče používaného pro operaci broušení sedla ventilu, tedy na rozměr 400x100x305–360x80 mm, a jeho následného využití při této operaci.

Úpravu kotoučů bude provádět firma Tyrolit, která bude tento kotouč také testovat na bezpečnostní obvodovou rychlost $63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Cena úpravy kotouče je 800 Kč. Na obr. 72 je porovnání použitého kotouče ze stroje BB10 a upraveného kotouče od firmy Tyrolit.



Obr. 72 Brousicí kotouč před a po úpravě.

Na obr. 73 jsou znázorněny červenou barvou plochy, které jsou odstraněny.



Obr. 73 Náčrt úpravy kotouče.

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

6.1 Výpočet životnosti brousicích kotoučů

Při jednotlivých výpočtech životnosti plochých kotoučů je vycházeno ze vzorce:

$$\check{Z} = \frac{\varnothing D_0 [\text{mm}] - \varnothing D_1 [\text{mm}]}{\text{úběr při orovnání} [\text{mm}]} \cdot \text{počet orovnání} [\text{ks}] \quad (1)$$

Při jednotlivých výpočtech životnosti hrncovitého kotouče je vycházeno ze vzorce:

$$\check{Z} = \frac{F_0 [\text{mm}] - F_1 [\text{mm}]}{\text{úběr při orovnání} [\text{mm}]} \cdot \text{počet orovnání} [\text{ks}] \quad (2)$$

Kde:

- D_0 - vnější průměr nového brousicího kotouče [mm]
- D_1 - vnější průměr použitého brousicího kotouče [mm]
- F_0 - osazení nového brousicího kotouče hrncovitého tvaru [mm]
- F_1 - osazení použitého brousicího kotouče hrncovitého tvaru [mm]

Stroj Ghiringelli – operace brousit dřík

Specifikace kotouče: CS 83A 802 KK 4 VB3

Rozměry nového kotouče: 610x100x305

Rozměry použitého kotouče: 500x100x305

Orovnání: po každých 60 kusech

Úběr při orovnání: 0,04 mm

Přibližná roční spotřeba: 60 ks

$$\check{Z}_{\text{Ghiringelli}} = \frac{(610 - 500)}{(0,04 \cdot 2)} \cdot 60 = 82\,500 \text{ ks}$$

Stroj BB10 – operace brousit dřík

Specifikace kotouče: CS 83A 802 KK 4 VB3

Rozměry nového kotouče: 500x100x305

Rozměry použitého kotouče: 405x100x305

Orovnání: po každých 140 kusech

Úběr při orovnání: 0,04 mm

Přibližná roční spotřeba: 100 ks

$$\dot{Z}_{BB10} = \frac{(500 - 405)}{(0,04 \cdot 2)} \cdot 140 = 166\,250 \text{ ks}$$

Stroj Blumberg – operace brousit sedlo ventilu

Specifikace kotouče: 76A 80/3 MN 4 VA3

Rozměry nového kotouče: 400x100x305-360x80

Rozměry použitého kotouče: 400x100x305-360x10

Orovnání: po každých 40 kusech

Úběr při orovnání: 0,008 mm

Přibližná roční spotřeba: 100 ks

$$\dot{Z}_{\text{Blumberg1}} = \frac{(80 - 10)}{(0,008)} \cdot 40 = 350\,000 \text{ ks}$$

Životnost brousicího kotouče v případě zvýšení četnosti orovnání kotouče o 20% z důvodu zanášení.

Orovnání: po každých 32 kusech

Úběr při orovnání: 0,008 mm

$$\dot{Z}_{\text{Blumberg2}} = \frac{(80 - 10)}{(0,008)} \cdot 32 = 280\,000 \text{ ks}$$

Při záměně brousicího kotouče 76A80/3 MN 4 VA3 od firmy Dilumit za CS 83A 802 KK 4 VB3 od firmy Tyrolit. Po provedení zkušebního provozu bylo zjištěno, že optimální velikost úběru a četnost orovnání je stejná jako u předešlého kotouče. Z tohoto důvodu je životnost obou kotoučů stejná.

6.2 Náklady na brousicí kotouče při současné variantě

V této kapitole jsou vypočteny celkové sledované náklady na brousicí kotouče. Dále jsou zde vypočteny sledované náklady na LINE-G.

Průměrná roční spotřeba hrncovitých brousicích kotoučů na operaci „brousit sedlo“ se pohybuje okolo 100 ks. Měsíční produkce LINE-G se pohybuje v rozmezí 260 000 ks až 280 000 kusů. Z tohoto vyplývá, že životnost brousicího kotouče na stroji Blumberg je přibližně 1 měsíc a za rok je potřeba 12 brousicích kotoučů pro LINE-G.

Na stroji BB10 je životnost kotouče přibližně 175 000 kusů. Při předpokládané roční výrobě je potřeba přibližně 100 brousicích kotoučů. Stroje BB10 se v LINE-G nenacházejí.

Náklady na brousicí kotouče při současné variantě:

Výpočet nákladu na jednotlivé brousicí kotouče je dle vzorce:

$$N = Q \cdot P \quad (3)$$

Kde:

Q - množství brousicích kotoučů [ks]

P - cena brousicího kotouče [Kč]

Náklady na brousicí kotouče pro stroje BB10

Cena kotouče CS 83A 802 KK 4 VB3 500x100x305 – 12 325 Kč

Roční spotřeba – 100 ks.

$$N_{1BB10} = 100 \cdot 12\,325 = 1\,232\,500 \text{ Kč}$$

Náklady na brousicí kotouče pro stroje Blumberg

Cena kotouče 76A 80/3 MN 4 VA3 400x100x305-360x80 – 8 700 Kč

Roční spotřeba – 12 kusů

Náklady na brousicí kotouče pro stroje Blumberg v LINE-G:

$$N_{1Blumberg(LINE-G)} = 12 \cdot 8\,700 = 104\,400 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na brousicí kotouče pro stroje Blumberg:

$$N_{1Blumberg} = 100 \cdot 8\,700 = 870\,000 \text{ Kč}$$

6.3 Náklady na brousicí kotouče při navrhované variantě

Náklady na brousicí kotouče při nové variantě:

Cena kotouče CS 83A 802 KK 4 VB3 500x100x305 – 12 325 Kč

Roční spotřeba – 100 ks, z toho se bude využívat 40 kusů brousicích kotoučů ze stroje Ghiringelli.

$$N_{2BB10} = 60 \cdot 12\,325 = 739\,500 \text{ Kč}$$

Cena jednoho upraveného brousicího kotouče od firmy Tyrolit: CS 83A 802 KK 4 VB3 400x100x305-360x80 je 800 Kč.

Roční spotřeba je 100 kusů. Z toho se ročně odesílá na úpravu přibližně 50 brousicích kotoučů.

Náklady na brousicí kotouče pro stroje Blumberg v LINE-G

$$N_{2Blumberg(LINE-G)} = 12 \cdot 800 = 9\,600 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na brousicí kotouče na operace „brousit sedlo“ na strojích Blumberg

$$N_{2Blumberg} = 50 \cdot 800 + 50 \cdot 8\,700 = 475\,000 \text{ Kč}$$

Výpočet rozdílů nákladů

Rozdíl nákladů je vypočten podle následujícího vztahu:

$$N_V = N_1 - N_2 \quad (4)$$

Rozdíl nákladů na strojích BB10 je:

$$N_{V(BB10)} = 1\,232\,500 - 739\,500 = 493\,000 \text{ Kč}$$

Rozdíl nákladů na stroji Blumberg v LINE-G lince je:

$$N_{V(\text{Blumberg}(\text{LINE-G}))} = 104\,400 - 9\,600 = 94\,800 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na brouscí kotouče pro stroje Blumberg:

$$N_{V(\text{Blumberg})} = 870\,000 - 475\,000 = 395\,000 \text{ Kč}$$

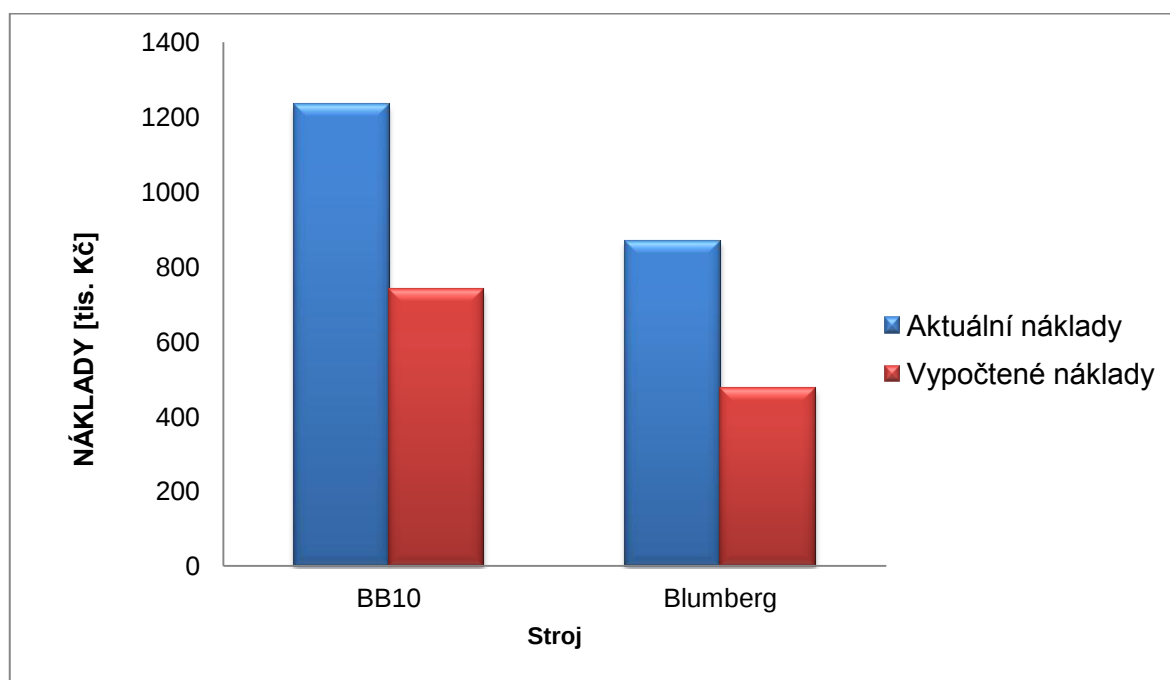
Výpočet úspory nákladů

Celková úspora nákladů je vypočtena podle následujícího vztahu:

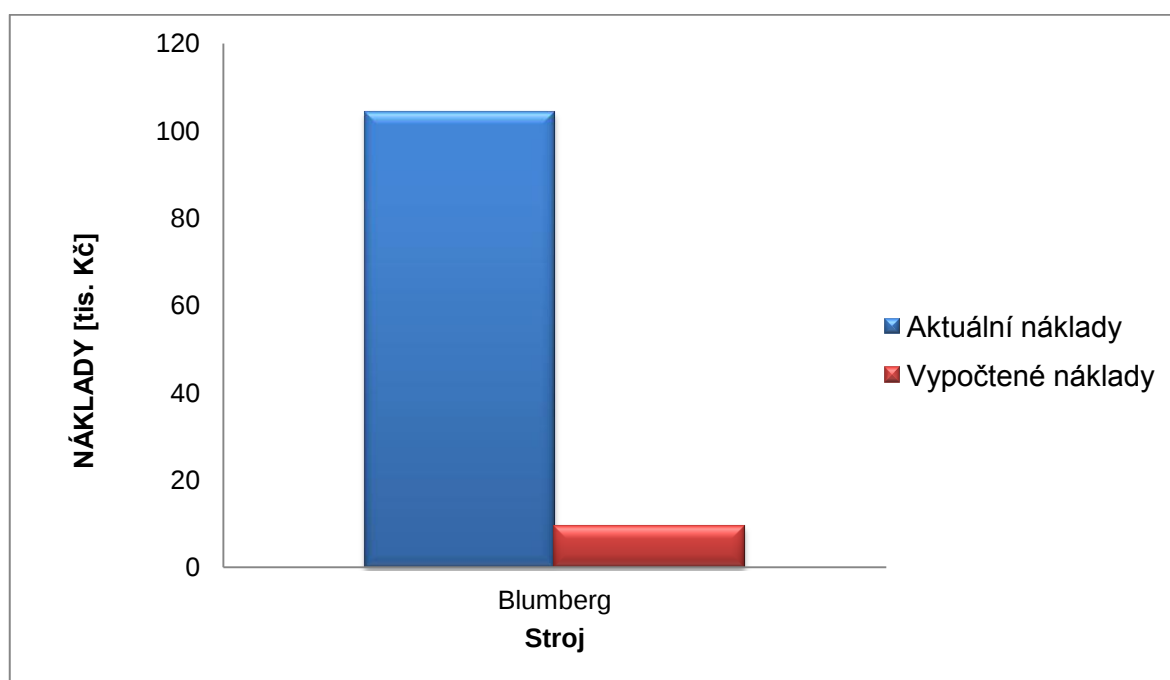
$$N_C = N_{V(BB10)} + N_{V(\text{Blumberg})} \quad (5)$$

$$N_C = 493\,000 + 395\,000 = 888\,000 \text{ Kč}$$

Porovnání současných a vypočtených nákladů na pořizování brouscích kotoučů je vyobrazeno na obr. 74. Na obr. 75 je zobrazeno snížení nákladů na operaci brousit sedlo v LINE-G. Při předpokládané roční produkci 3 120 000 ks za rok budou náklady sníženy přibližně o 0,03 Kč za jeden ventil.



Obr. 74 Porovnání nákladů.



Obr. 75 Porovnání nákladů na operaci 206 v LINE-G.

7 DISKUZE

Výrobní postupy jednotlivých druhů ventilů se mírně odlišují. Tato odlišnost je dána konstrukcí ventilu a požadavky zákazníka. Ventily lze dělit podle druhu na výfukové a sací.

Díky těmto odlišnostem nelze přímo využít totožný technologický postup pro všechny ventily. I přes odlišnosti při výrobě jednotlivých druhů ventilů lze najít operace, které se v mnoha ohledech scházejí. Jedná se například o broušení sedla či dříku ventilu. Broušení se u ventilů využívá pro jeho vysokou přesnost a kvalitu obrobené plochy.

Při broušení ventilů se využívá jak broušení do kulata, tak broušení rovinných ploch. Broušení do kulata se využívá při broušení sedla ventilu, dříku ventilu, drážek nebo celé hlavy pomocí CBN kotouče. Broušení rovinných ploch se využívá při broušení čela hlavy a čela dříku ventilu. Broušicí proces je prováděn jak čelem brousicích kotoučů, tak v některých případech obvodem brousicích kotoučů.

Pro různé operace broušení je třeba využívat různé tvary, rozměry a specifikace brousicích kotoučů. Při broušení sedla ventilu se využívá hrncovitý broušicí kotouč, při obrábění hlavy ventilu či drážek se využívají tvarové kotouče a dřík ventilu nebo jsou čela hlavy a dříku jsou obráběny pomocí plochých brousicích kotoučů.

S rostoucími zakázkami na výrobu ventilu a rozšiřováním stávajících výrobních kapacit rostou i náklady spojené na uskladňování a nákup brousicích kotoučů. Aby bylo dosaženo rentability podniku, je nutné snižovat náklady a zvyšovat efektivnost. Jedním ze způsobu, jak snížit náklady, je provést racionalizaci výroby.

Tato diplomová práce se zabývá otázkou, kde a jak dosáhnout nižších nákladů při broušení ventilů. Za vhodné místo pro racionalizaci bylo zvoleno snížení nákladů na pořizování brousicích kotoučů. Jedná se o využívání použitých brousicích kotoučů při dalších operacích. Tímto způsobem lze snížit množství objednávaných kotoučů, a snížit množství vyřazených kotoučů a tím i odpadu. Za vhodné výrobní operace pro snižování těchto nákladů byly zvoleny:

- operace broušení dříku nahruho na stroji Ghiringelli, popřípadě na stroji Milacroon,
- operace broušení dříku načisto na stroji BB10,
- operace broušení sedla ventilu na stroji Blumberg.

Při těchto operacích jsou využívány tyto broušicí kotouče:

- CS 83A 802 KK 4 VB3 610x100x305,
- CS 83A 802 KK 4 VB3 500x100x305,
- 76A 80/3 MN 4 VA3 400x100x305-360x80.

Na stroji Ghiringelli je po dosažení vnějšího průměru broušícího kotouče 500 mm nástroj vyřazen a nahrazen za nový. Při operaci brousit dřík načisto na

stroji BB10 je nástroj používán do doby, než dosáhne průměru 405 mm. Broušení sedla ventilu je prováděno čelem hrncovitého kotouče, a to až do konečného rozměru 400x100x305/360x10.

Návrh spočívá ve využití vyřazeného kotouče ze stroje Ghiringelli, jeho orovnění a použití na stroji BB10. Při celkové roční spotřebě 60 kotoučů na stroji Ghiringelli lze využít dále 40 brousicích kotoučů. Takto lze snížit počet objednávaných kotoučů pro stroj BB10 ze stávajících 100 kusů na 60 kusů. Další snížení nákladů lze uplatnit na stroji Blumberg. Navrhované řešení spočívá ve vyřazení brousicích kotoučů ze stroje BB10 po dosažení vnějšího průměru 405 mm. Poté následuje odeslání kotouče do firmy Tyrolit, která provede přesoustružení na hrncovitý tvar kotouče o rozměrech 400x100x305-360x80.

ZÁVĚR

Návrh racionalizace spočívá ve využití vyřazených kotoučů, jejich úpravě a následném užití při broušení. Snahou je použít brousicí kotouč o rozměrech 610x100x305, který je využíván na stroji Ghiringelli při operaci hrubování dřívku, postupně na operaci brousit dřív načisto na stroji BB10 a následně na operaci brousit sedlo ventilu na stroji Blumberg.

Pomocí teoretických výpočtů a přibližné spotřeby různých brousících kotoučů vychází snížení nákladů na stroji BB10 na 493 000 Kč ročně a na stroji Blumberg na 395 000 Kč za rok. Celkové snížení nákladů při provedení následující racionalizace se bude pohybovat okolo 888 000 Kč za rok.

Na základě provedených zkoušek byla ověřena možnost využívání upravených brousících kotoučů na výše jmenovaných operacích bez podstatného snížení přesnosti a kvality výroby. Z ekonomického hlediska je tedy vhodné aplikovat navrhovaný způsob racionalizace z důvodu snížení nákladů za nákup nových brousících kotoučů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Provozní degradace austenitických ventilových ocelí: sborník semináře se zahraniční účastí: 9. října 2006, Liberec*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. 111 s. ISBN 80-737-2113-9.
2. *Car Reviews - 2013 Car Reviews and 2014 New Cars at Car and Driver: CAR AND DRIVER* [online]. 2013 [vid. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://www.caranddriver.com/photos-12q1/449323/2013-ram-1500-36-liter-v-6-engine-valves-photo-450107>
3. ČECH, Jiří. Teorie motoru 5. In: *Škoda techweb* [online]. 2004 [vid. 2013-01-22]. Dostupné z: <http://skoda.panda.cz/clanek.php?id=433>
4. RAUSCHER, Jaroslav. *Spalovací motory-studijní opory*-1. vydání. Brno : [s.n.], 2005. 235 s.
5. OPLUŠTIL, Tomáš. *Dynamického namáhání ventilového rozvodu OHV* [online]. Diplomová práce. VUT, FSI, ÚADI. Brno, 2008 [vid. 2013-03-15]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6174
6. GEBAUER, Klaus. *Intermetallics: Performance, tolerance and cost of TiAl passenger car valves* [online]. 4. vyd. 2006 [vid. 2013-03-18]. ISBN 0966-9795. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966979505002232>
7. TYROLIT SCHLEIFMITTELWERKE SWAROVSKI K.G. *Css ultra: external cylindrical grinding redefined*. [online] Austria, 2006. Dostupné z: http://www.Tyrolit.com/data.cfm?vpath=documents19815/praezision_metall/bereich_robert_schlechter/t5295_css_ultra_gbpdf&download=yes
8. TRW Inc. *Handbook*. Barsubhousen, 1998.
9. HU, Shengliang, Jinlong YANG, Wei LIU, Yingge DONG, Shirui CAO a Jun LIU. *Prediction of formation of cubic boron nitride by construction of temperature-pressure phase diagram at the nanoscale*. In: *Journal of Solid State Chemistry* [online]. 2011, roč. 184, č. 7, s. 1598-1602 [vid. 2013-01-24]. ISSN 00224596. DOI: /10.1016/j.jssc.2011.04.037. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022459611002180>
10. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
11. Brousící kotouče s diamantem a kubickým nitridem boru. In: *Dinas: Diamantové nástroje* [online]. 1999 [vid. 2013-01-24]. Dostupné z: <http://www.dinas.cz/html/kotouce/kotouce.html>
12. ED.: P. BEISS ... AUTHORS, Ed.: P. Beiss ... G. *Refractory, hard and intermetallic materials*. Electronic version. Berlin [u.a.]: Springer, 2002. ISBN 978-354-0429-616.
13. Bílé korundy zrna, třídění dle FEPA. In: *KOLTEX COLOR s.r.o* [online]. 2009 [vid. 2013-01-25]. Dostupné z: http://www.koltex.cz/bily_korund_fepa.htm

14. Umělé bílé korundy. *KORUND Benátky, s.r.o.* [online]. 2013 [vid. 2013-01-25]. Dostupné z: http://www.korund.cz/indexc.php?id=bile_korundy&menu=bile_korundy
15. Diamantové a bornitridové brusné nástroje. In: *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: SEND Předplatné s.r.o, 2002, roč. 2002, č. 9 [vid. 2013-01-28]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mLINE-Gektrum.com/clanek/diamantove-a-bornitridove-brusne-nastroje.html>
16. TYROLIT SCHLEIFMITTELWERKE SWAROVSKI K.G. *Tyrolit* [online]. [vid. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.tyrolit.cz/>
17. Broušící kotouče ze supertvrdých řezných materiálů. In: *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: SEND Předplatné s.r.o, 2001, roč. 2001, č. 7 [vid. 2013-01-28]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mLINE-Gektrum.com/clanek/brousici-kotouce-ze-supertvrdych-reznych-materialu.html>
18. Co je zrnitost. *Diamantové kotouče - kvalita made in Germany* [online]. © 2005 - 2013 [vid. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.sibera-kotouce.cz/co-je-zrnitost-a13>
19. Zkouška tvrdosti dle Knoop. *ConVERTER* [online]. 2002 [vid. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/jednotky/tvrdost-knoop.htm>
20. MASLOV, J. N. *Teorie broušení kovů*. Přeložil J. Klůna. 1. vydání. Praha: SNTL, 1979. 246 s.
21. DRIENSKY, Dušan. *Strojní obrábění I: učebnice pro učební obory strojírenská výroba a obráběč kovů a studijní obor mechanik seřizovač se zaměřením pro obráběcí stroje a linky*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986. 422 s.
22. HUMÁR, Anton. *Technologie I – Technologie obrábění – 3. část*. [online]. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. 57 s. [vid. 2013-1-30]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf
23. OSIČKA, Karel. *Řešení programu pro orovnávaní broušícího kotouče*. In: *Manufacturing engineering = Výrobné inženýrstvo* [online]. 2009 [vid. 2013-04-20]. ISSN 1335-7972. Dostupné z: <http://web.tuke.sk/fvtpo/journal/pdf09/2-str-57-59.pdf>
24. ABRANOVA S.R.O. *ABRANOVA s.r.o.* [online]. 2007 [vid. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.abranova.cz/>
25. Základní rozdělení brusných kotoučů k ostření nástrojů. *Technologie strojního obrábění kovů a broušení nástrojů: Tumlikovo Metal Cutting Technologies* [online]. 2010 [vid. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/zakladni-rozdeleni-brusnych-kotoucu-k-ostreni-nastroju/>

26. *Racionalizace výroby*. CoJeCo: Vaše Encyklopedie [online]. ©1999-2013 [vid. 2013-03-05]. Dostupné z: http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id_desc=78984&title=racionalizace%20v%20FDroby&s_lang=2
27. NOVÁK, Josef a Pavlína ŠLAMPOVÁ. *Racionalizace výroby* [online]. Ostrava, Učební text. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007 [vid. 2013-03-05]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>
28. DOBROVOLNÝ, Bohumil. Broušení kovů: *Teoretické i praktické základy brusičské praxe a příklady nové techniky broušení*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1959. 102 s.
29. TYROLIT CEE K.S. *KATALOG SKLADOVÝCH VÝROBKŮ PRO UNIVRZÁLNÍ BROUŠENÍ*. Benátky nad Jizerou, 2012, 92 s. Dostupné z: http://www.techcentrum.cz/editor/filestore/File/Tyrolit_a5_2012_cz_final.pdf
30. PROKOP, Jaroslav, Bohumil BUMBÁLEK a Martin SLANÝ. *Vysoce přesné technologie obrábění: Výukové texty ke kurzům*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2012. ISBN 978-80-214-4820-8.
31. SKRBEK, Břetislav a Vladimír NOSEK. *MATERIÁL SEDEL VENTILŮ*. In: *METAL 2005* [online]. Hradec nad Moravicí, 2005 [vid. 2013-05-01]. Dostupné z: http://www.metal2013.com/files/proceedings/metal_05/papers/2.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
Al_2O_3	[-]	Oxid hlinitý
CBN	[-]	Cubic boron nitride
CNC	[-]	Computer Numeric Control
ČSN	[-]	Česká státní norma
DT	[-]	Syntetický diamant
F	[-]	Železo
FEPA	[-]	Federation of European Producers of Abrasives
H	[mm]	Height
HK	[-]	Tvrdost dle Knoopu
HRC	[-]	Tvrdost dle Rockwella
HSS	[-]	High speed steel
HV	[-]	Tvrdost dne Vickerse
ISO	[-]	International Organization for Standardization
L	[mm]	Length
SiC	[-]	Karbid křemíku
SPC	[-]	Statistical process control
W	[mm]	Width
Ra	[μm]	Střední aritmetická hodnota drsnosti
P	[Kč]	Cena
D	[mm]	Vnější průměr plochého brousicího kotouče
F	[mm]	Osazení hrncovitého brousicího kotouče
N	[Kč]	Náklady
Q	[ks]	Počet kusů
Ž	[ks]	Životnost brousicího kotouče

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příčný řez horní částí spalovacího motoru [2].	10
Obr. 2 Druhy ventilů [1, 8].	11
Obr. 3 Teplotní pole talířku výfukového ventilu [4].	12
Obr. 4 Přestup tepla z ventilu do hlavy motoru [5].	12
Obr. 5 Přehled tvarů ventilů [1].	12
Obr. 6 Části ventilu.	13
Obr. 7 Úhel sedla ventilu a hlavy válce [3].	13
Obr. 8 Neobrobená hlava ventilu [8].	14
Obr. 9 Obrobené čelo hlavy ventilu [8].	14
Obr. 10 Obrobený rádius hlavy ventilu [8].	14
Obr. 11 Kalené sedlo ventilu [8].	15
Obr. 12 Navařené sedlo ventilu [8].	15
Obr. 13 Tvary drážek na dříku ventilů [1].	16
Obr. 14 Úprava konců dříku a drážek [8].	16
Obr. 15 Schematický náčrt protlačování (a) a pěchování (b) [8].	19
Obr. 16 Vstupní polotovar pro operaci protlačování.	19
Obr. 17 Protlačování ventilů.	20
Obr. 18 Zařízení pro „solutioning“.	20
Obr. 19 Zařízení pro „ageing“.	21
Obr. 20 Svařování třením hlavové části ventilu a dříku ventilu.	21
Obr. 21 Třecí svařování tyčí pro dřík a hlavovou část ventilů.	22
Obr. 22 Pěchování hlavy ventilu.	22
Obr. 23 Bezhruté broušení dříku ventilu.	23
Obr. 24 Spálený povrch drážky.	25
Obr. 25 Schéma broušení hlavy ventilu pomocí CBN kotouče.	25
Obr. 26 CBN broušení v praxi.	26
Obr. 27 Broušení sedla ventilu obvodem brousicího kotouče.	26
Obr. 28 Broušení sedla ventilu čelem brousicího kotouče.	27
Obr. 29 Broušení čela dříku ventilu čelem brousicího kotouče.	27
Obr. 30 Broušení čela hlavy a čela dříku ventilu.	28
Obr. 31 Soustružení drážek na CNC stroji.	28
Obr. 32 Broušení drážek tvarovým kotoučem.	29
Obr. 33 Fázový diagram nitridu bóru (Solozhenko a kol.) [9].	31
Obr. 34 Transformace hexagonálního nitridu bóru na kubický [22].	31
Obr. 35 Výběr tvrdosti kotouče dle podmínek obrábění [22].	33
Obr. 36 Struktura brousících kotoučů [22].	33
Obr. 37 Kalení konce dříku ventilu.	34
Obr. 38 Plazmový návar.	35
Obr. 39 Zařízení pro dodatečný ohřev.	35
Obr. 40 Kontrola ultrazvukem.	35
Obr. 41 Zkouška tvrdosti podle Knoop [19].	36
Obr. 42 Finální kontrola.	37
Obr. 43 Ventil po operaci „brousit dřík nahrubo“.	38
Obr. 44 GHRINGHELLI M200.	38
Obr. 45 Ventil po operaci „brousit dřík načisto“.	39
Obr. 46 Bruska BB10.	40

Obr. 47 Bruska CM2/250.	40
Obr. 48 Ventil po operaci „brousit drážky“	41
Obr. 49 Bruska Landis.	41
Obr. 50 Bruska Ghiringhelli.	41
Obr. 51 Bruska KHTC.	42
Obr. 52 Broušená hlava ventilu na stroji KHTC.	42
Obr. 53 Bruska „CBN“.	43
Obr. 54 Broušená hlava ventilu na „CBN“.	43
Obr. 55 Bruska Hooging.	43
Obr. 56 Broušené sedlo a podsedlo.	43
Obr. 57 Ventil po operaci „brousit sedlo ventilu“	43
Obr. 58 Ventil po operaci „brousit čelo dřívku“	45
Obr. 59 Bruska KHNTC.	46
Obr. 60 Bruska JUS.	46
Obr. 61 Bruska MSP-INDEX.	47
Obr. 62 Ventil po broušení.	47
Obr. 63 Postup broušení na stroji MSP-INDEX.	47
Obr. 64 Cíle racionalizace v podniku [27].	49
Obr. 65 Stroj Blumberg.	50
Obr. 66 Postup operací na LINE-G.	51
Obr. 67 Cyklové časy operací.	52
Obr. 68 Stroj BB10.	54
Obr. 69 Brousicí kotouč Tyrolit CS 83A802 KK 4 VB3 610x100x305.	56
Obr. 70 Brousicí kotouč CS 83A 802 KK 4 VB3 po úpravě.	57
Obr. 71 Porovnání závislosti řezného výkonu na obvodové rychlosti [7].	57
Obr. 72 Brousicí kotouč před a po úpravě.	58
Obr. 73 Náčrt úpravy kotouče.	58
Obr. 74 Porovnání nákladů.	62
Obr. 75 Porovnání nákladů na operaci 206 v LINE-G.	63

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Postup výroby sacího ventilu.	17
Tab. 2 Postup výroby výfukového ventilu.	18
Tab. 3 Zrnitost dle FEPA [18].	32
Tab. 4 Specifikace kotouče CS 83A 802 KK 4 VB3 610x120x305.	39
Tab. 5 Specifikace kotouče 41A 806 N 6 V400.	39
Tab. 6 Brousicí kotouč 313C 1207 L 8 V500.	40
Tab. 7 Brousicí kotouč CS 11A 802 LL 4 VK1.	42
Tab. 8 Brousicí kotouč 36A 803 K 7 VN5.	44
Tab. 9 Brousicí kotouč 76A 80/3 MN 4 VA3.	45
Tab. 10 Brousicí kotouč HKW 120 I 6 BWX.	46
Tab. 11 Brousicí kotouč 19A 280 G 8 B31A.	46
Tab. 12 Parametry stroje D- 78176 Blumberg.	50
Tab. 13 Časy operací LINE-G.	52
Tab. 14 Seznam strojů LINE-G.	53
Tab. 15 Parametry stroje BB10.	54

SEZNAM PŘÍLOH

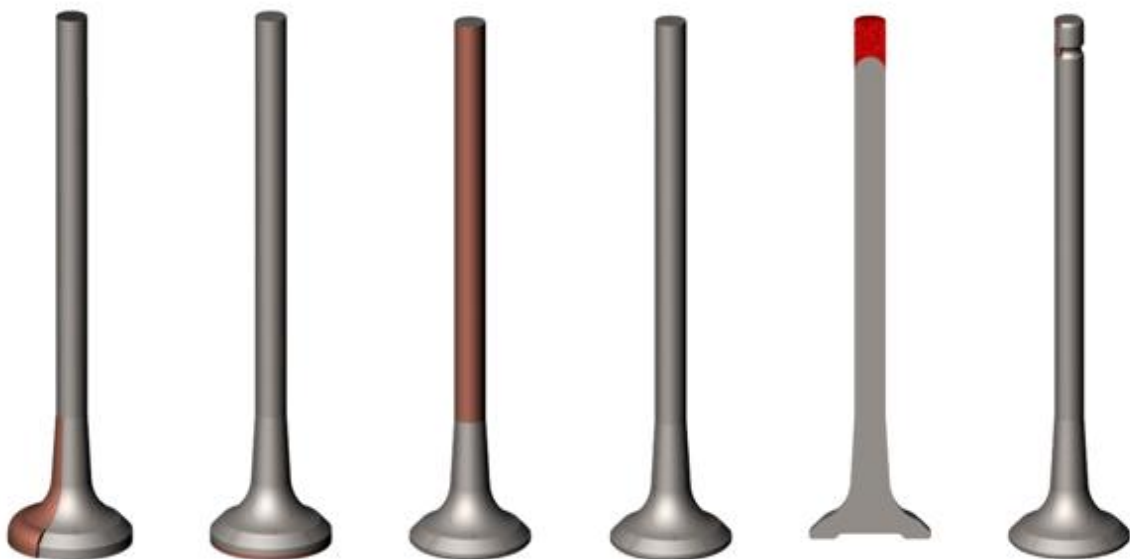
Příloha 1 Schéma postupu výroby bimetalických ventilů [6].

Příloha 2 Značení brousicích kotoučů [29].

PŘÍLOHA 1

Schéma postupu výroby bimetalických ventilů [6].





Broušení
hlavy

Broušení
čela hlavy

Broušení
dříku

Značení

Kalení
konce dříku

Broušení
drážky



Broušení
čela dříku

Broušení
sedla

Broušení
dříku

Chromování
dříku

Leštění
dříku

Hotový
ventil

PŘÍLOHA 2

Značení brousicích kotoučů [29].

