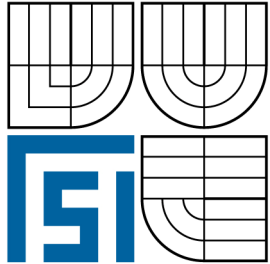




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**DOKONČOVACÍ METODY OBRÁBĚNÍ DĚR PRO
ULOŽENÍ LOŽISEK HŘÍDELŮ**
FINISHED CUTTING OPERATION HOLES TO INSTALLATION BEARING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAROSLAV RYBAŘÍK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2009

Zadání

Licenční smlouva

ABSTRAKT

Přehled některých metod dokončovacího obrábění děr jako jsou jemné soustružení, jemné frézování, broušení, vyvrtávání, vystružování a vyhrubování, honování a válečkování. Požadavky na povrch před umístěním ložiska, příklady ze strojírenské výroby a návrh řešení obrábění děr pro uložení ložisek v převodové skříni.

Klíčová slova

Dokončovací metody obrábění, jemné soustružení, jemné frézování, broušení, vyvrtávání, vystružování a vyhrubování, honování, válečkování, souosost.

ABSTRACT

A survey of some methods of finishing cutting of holes such as fine tuning, fine milling, grinding, boring, reaming and core-drillings, honing and roller-burnishing. Requirements for the surface before placing the bearing, examples from engineering production and a proposal of solution of cuts of holes for placing of bearings in the gearbox.

Key words

Finishing methods of cutting, fine turning, fine milling, grinding, boring, reaming and core-drilling, honing and roller-burnishing, axial alignment.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RYBAŘÍK, Jaroslav. *Název: Dokončovací metody obrábění děr pro uložení ložisek hřídelů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. s. 41, příloh 11. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Metody dokončovacího obrábění dř pro uložení ložisek hřídelů** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....
Jaroslav Rybařík

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto zaměstnancům VUT FSI Brno panu doc. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. a panu Ing. Milanu Kalivodovi za vedení, cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl také poděkovat panu Ing. Vladimíru Zikmundovi a jeho zaměstnancům ve firmě ZKL – Výzkum a vývoj a.s., firmě TOS KUŘIM - OS, a.s. a jejím zaměstnancům panu Ing. Vladimíru Dokoupilovi, CSc. a panu Ing. Milanu Martínkovi, firmě STROJTOS LIPNÍK a.s. a jejímu zaměstnanci panu Jiřímu Horkému, a závěrem bych chtěl poděkovat studentovi Vítu Sekerkovi za poskytnutí podkladů o projektu válečkování ve školních laboratořích.

ANOTACE

RYBAŘÍK, Jaroslav. Dokončovací metody obrábění děr pro uložení ložisek hřídelů. Bakalářská práce 3. ročníku školního roku 2008/2009, studijní skupina 3P1. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, obor obrábění, květen 2009, str. 41, obr. 24, tab. 3, příloh 11.

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru 2307 na téma dokončovací metody obrábění děr pro uložení ložisek hřídelů. Předkládá seznámení s vybranými metodami dokončování děr s požadavky na povrch před umístěním ložiska, uvádí příklady ze strojírenské výroby a návrh řešení obrobení děr u převodové skříně. Tento projekt je takovým zhodnocením variant dokončovacích obráběcích operací.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Anotace.....	7
Obsah	8
Úvod.....	10
1 METODY DOKONČOVACÍHO OBRÁBĚNÍ DĚR	
1.1 Jemné soustružení	
1.1.1 Charakteristika metody.....	11
1.1.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu.....	11
1.1.3 Řezné podmínky.....	11
1.1.4 Používané nástroje	12
1.1.5 Používané stroje.....	12
1.2 Jemné frézování	
1.2.1 Charakteristika metody.....	13
1.2.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu.....	13
1.2.3 Řezné podmínky.....	13
1.2.4 Používané nástroje	14
1.2.5 Používané stroje.....	14
1.3 Broušení	
1.3.1 Charakteristika metody.....	15
1.3.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu.....	15
1.3.3 Řezné podmínky.....	15
1.3.4 Používané nástroje	16
1.3.5 Používané stroje.....	16
1.4 Vyvrátávání	
1.4.1. Charakteristika metody.....	17
1.4.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu.....	17
1.4.3 Řezné podmínky.....	17
1.4.4 Používané nástroje	18
1.4.5 Používané stroje.....	18
1.5 Honování	
1.5.1 Charakteristika metody.....	19
1.5.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu.....	20
1.5.3 Řezné podmínky.....	20
1.5.4 Používané nástroje	21
1.5.5 Používané stroje.....	21
1.6 Vyhrubování a vystružování	
1.6.1 Charakteristika metody.....	22
1.6.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu.....	22
1.6.3 Řezné podmínky.....	22
1.6.4 Používané nástroje	23
1.6.5 Používané stroje.....	24
1.6.5 Novinky ve vystružování.....	24

1.7 Válečkování	
1.7.1 Charakteristika metody.....	25
1.7.2 Varianty metody.....	25
1.7.3 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu.....	25
1.7.4 Obráběcí podmínky.....	25
1.7.5 Používané nástroje.....	25
1.7.6 Používané stroje.....	25
2 POROVNÁVÁNÍ DOKONČOVACÍCH OPERACÍ.....	26
3 POŽADAVKY NA POVRCH PŘED NALISOVÁNÍM LOŽISKA.....	27
3.1 Norma 02 4620.....	28
4 UVEDENÍ PŘÍKLADŮ ZE STROJÍRENSKÉ VÝROBY	
4.1 Vyvrtávání.....	29
4.2 Vystružování.....	30
4.3 Válečkování.....	32
5 POROVNÁNÍ VYSTRUŽOVÁNÍ A VYVRTÁVÁNÍ.....	33
6 PŘÍKLAD OBROBENÍ A DOKONČENÍ DĚR PŘEVODOVÉ SKŘÍŇE	
6.1 Materiál.....	34
6.2 Volba obráběcího stroje.....	34
6.3 Volba nástroje.....	35
6.4 Řešení obrobení díry Ø52K6 mezi dírami Ø 47K6.....	36
6.5 Rámcový výrobní postup.....	37
7 VYUŽITÍ CNC STROJŮ.....	37
Závěr.....	38
Seznam použitých zdrojů.....	39
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	40
Seznam příloh.....	41

ÚVOD ^[1]

Dokončovací metody obrábění jsou velice důležitou technologií ve strojírenské výrobě. Slouží k vylepšení vlastností povrchů, jako je průměrná aritmetická odchylka profilu (dále jen hodnota Ra), pevnost, ale i například vzhled, který je také v mnoha případech důležitou vlastností povrchu materiálu. Dále pak k dosažení vysoké přesnosti rozměru při dodržení daného geometrického tvaru. Kvalita obrobeného povrchu je jedna ze základních vlastností, která určuje životnost a správnou funkci stroje. Před dokončovacími operacemi se provádí tzv. hrubovací operace, při kterých výsledný obrobený povrch ještě nevyhovuje daným požadavkům na jakost a požadované vlastnosti, které jsou předepsány konstruktérem na výkrese. Proto přicházejí na řadu dokončovací obráběcí operace.

Hrubovacími obráběcími operacemi se z polotovaru odebere většina materiálu, který má být obroben. Nechá se pouze přídavek na dokončovací operace. Ten bývá podle potřeby a podle použité dokončovací metody rozdílný. Ale jedná se o množství v řádu desetin milimetrů, které je dokončovací metodou odebíráno za vysokých řezných rychlostí a malých posuvů. Nepřiměřeně vysoká požadovaná kvalita povrchu má za následek vysoké zvyšování nákladů na obrábění. Je tedy třeba předepisovat jen takovou hodnotu Ra výsledného obráběného povrchu, aby dosažená kvalita povrchu správně plnila požadovanou funkci.

Hodnota Ra je vlastně stopa, kterou za sebou zanechává řezný nástroj při obrábění. Na kvalitu obrobené plochy má ale i velký vliv tzv. tuhost obráběcí soustavy (stroj – nástroj – obrobek), různé nepřesnosti nástrojů, vnitřní napětí při obrábění apod.. Výsledkem správné volby a způsobu dokončovací operace je požadovaná kvalita povrchu, geometrická přesnost, vysoká opakovatelnost výroby, nízké náklady na výrobu a dodržení daných rozměrů a tolerancí. Tyto požadavky nám udávají technologickou úroveň a hospodárnost výrobního procesu. Podle požadovaných vlastností obráběného povrchu a podle možností obrobení se volí i druh dokončovací metody obrábění.

Některé druhy dokončovacích metod obrábění děr :

- Jemné soustružení
- Jemné frézování
- Broušení
- Vyvrtávání
- Honování
- Válečkování
- Vystružování a vyhrubování

1 METODY DOKONČOVACÍHO OBRÁBĚNÍ DĚR ^{[1], [2], [3], [11]}

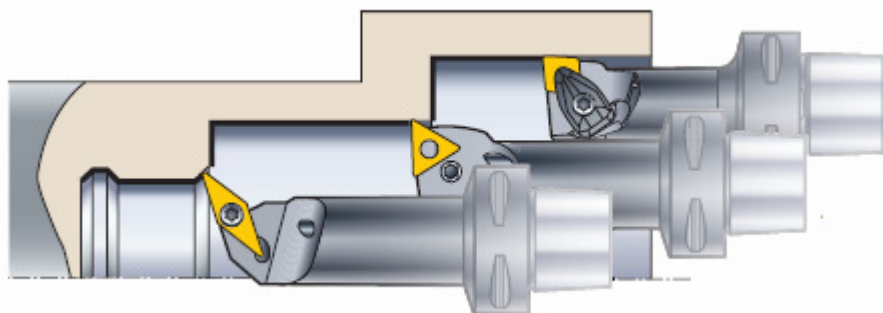
1.1 Jemné soustružení

1.1.1 Charakteristika metody

Jemné, nebo-li dokončovací soustružení děr se provádí na předobrobených dírách, nebo již na existujících dírách v odlitcích, výkvcích nebo výliscích. Tento způsob obrábění se doporučuje tam, kde se vyžadují úzké tolerance rozměrů a kvalitně obrobený povrch.

Jedná se o obráběcí metodu, kdy hlavním pohybem je pohyb otáčivý a koná jej obrobek. Pohybem vedlejším je pohyb nástroje, tedy řezného klínu vůči obrobku.

Soustružení je více či méně způsob obrábění, které má sklon ke vzniku vibrací, které vycházejí ze vztahu mezi vyložením nástroje a jeho průměrem, což jsou faktory, které nelze ovlivnit, a které jsou dány rozměry obrobku. Je snahou tyto faktory zesilující sklon ke vzniku vibrací minimalizovat. Při jemném soustružení je snahou utvářet třísky do tvaru jemných šroubovic. Takové třísky se snadno odvádějí ven a udržují zatížení břitu v přijatelných mezích. Je výhodné používat pro obrábění děr nástroje s vnitřním přívodem chladicí kapaliny, nebo stlačeného vzduchu. Takovéto opatření nám zajistí účinnější vyplachování třísek.



Obr. 1.1 Soustružení vnitřní plochy ^[10]

1.1.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu

Jemné soustružení patří mezi ty ekonomicky výhodnější dokončovací metody obrábění. Je to dáno tím, že přídavek zbylý po hrubování je odebrán na jeden záběr a to znamená, že náklady na operaci jsou podstatně nižší než u jiných dokončovacích operací.

Touto obráběcí operací je možno dosáhnout hodnoty R_a až $0,2 \mu\text{m}$ a třídy přesnosti IT 7 až IT 6.

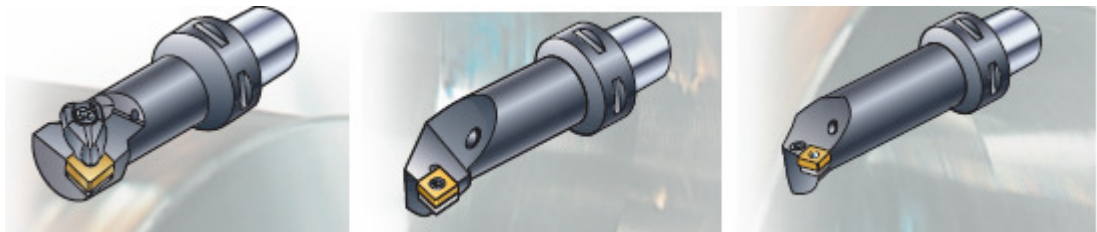
1.1.3 Řezné podmínky

Přídavky na obrábění jemným soustružením jsou $0,2$ až $0,5 \text{ mm}$ na průměr. Obrábí se při vysokých řezných rychlostech od 150 do $1200 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ (SK do $250 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, DIA $800 - 1000 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, ŘK až $1200 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$). Posuvy bývají obvykle voleny do $0,2 \text{ mm}$.

1.1.4 Nástroje

Jako nástroje se používají monolitní nástroje rychlořezných ocelí, nože s vyměnitelnými břitovými destičkami, ať už jsou tyto destičky vyrobeny ze slinutého karbidu, řezné keramiky, polykrystalického nitridu bóru nebo diamantu.

Geometrie řezného klínu se má volit tak, aby nástroj umožňoval správný vznik třísky malého průřezu, a aby pracoval bez vzniku chvění. Obvykle bývá na hrotě zakončený ploškou, protože zaoblený hrot je náchylnější ke vzniku chvění. Volí se také úhly, které kolmo na obráběnou plochu vytvářejí malé síly. Geometrii řezného klínu volíme tak, aby bylo $\gamma_0 = 5-10^\circ$, $\alpha_0 = 6-15^\circ$, $\lambda_S = 0-5^\circ$. Při soustružení kalených ocelí ($H_{RC} = 60$ až 64) se volí záporný úhel čela. Jeho hodnota bývá $\gamma_0 = -10^\circ$ až -45° . Při soustružení velmi pevných a velmi tvrdých materiálů se používají povlakované řezné destičky (TiC, TiN, ...)



Obr.1.2 Nože pro obrábění děr ^[10]

1.1.5 Stroje

Soustruhy, tedy stroje používané pro operaci soustružení, jsou určeny pro obrábění dílců, které je možné upnout do sklíčidla a je u nich možnost rotace. Je to dáno tím, že hlavním pohybem při soustružení je pohyb rotační a ten koná obrobek. Díry pro uložení ložisek se na soustruzích vyrábějí především u přírubových součástí a jim podobných. Také je třeba, aby tyto díry z důvodu rotace byly v ose otáčení obrobku. U dokončovacího obrábění děr pro uložení ložisek hřídelů soustružením se také používá při opravách. Na soustruhu se vyrobí vložka, která se umístí do převodové skříně (např.) a nahradí díru, která je poškozená nebo nesprávně obrobena. Pokud je třeba obrábět díry u větších součástí, je třeba použít svislých soustruhů. Těmto typům strojů se říká karusely.

Druhy soustruhů:

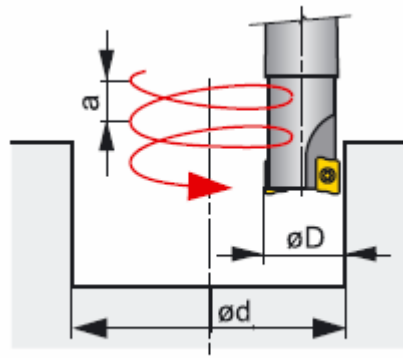
- hrotové soustruhy,
- svislé soustruhy (karusely),
- revolvérové soustruhy,
- čelní soustruhy (pro obrábění deskových součástí),
- CNC obráběcí centra.

1.2 Jemné frézování

1.2.1 Charakteristika metody

Při frézování je hlavním pohybem pohyb otáčivý, a ten koná nástroj, vedlejším pohybem je pohyb stolu tedy posuvný. Výsledným řezným pohybem je tedy cykloida. Nevýhodou při frézování je přerušovaný záběr zubů, který má za následek kolísání řezných tlaků, nerovnoměrné zatížení stroje a větší náchylnost ke chvění. Stroje používané při této dokončovací metodě musejí mít dostatečnou tuhost, aby nevznikalo chvění které by nemělo dobrý vliv na obráběný povrch. Tento problém se v praxi řeší přidáním vhodného setrvačnicku na vřeteno frézky. Kvalita povrchu při jemném frézování závisí nejen na tuhosti stroje, ale i na geometrii nástroje, vlastnostech a kvalitě obráběného materiálu, řezného materiálu a podmínek řezání.

Pro frézování je charakteristické, že každý řezný nástroj (tedy zub frézy) odebírá jen určité množství materiálu ve formě třísky, a to jen po určité dráze a poté jede naprázdno. Z toho plyne, že podmínky ochlazování jsou lepší než u jiných řezných nástrojů při ostatních způsobech třískového obrábění. Při frézování neželezných kovů a litin se nepoužívá chladicí kapaliny, u ostatních materiálů je třeba použít chladicí a mazací kapaliny ve formě emulze. Pro dokončování děr se moc nepoužívá. Slouží spíše jako hrubovací operace.



Obr. 1.3 Frézování vnitřní válcové plochy spirálovou interpolací ^[9]

1.2.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu

Touto obráběcí operací je možno dosáhnout povrchu 0,4 až 1,6 μm a třídy přesnosti IT 7 až IT 8.

1.2.3 Řezné podmínky

Řezné podmínky pro jemné frézování jsou vysoká řezná rychlost, malé posuvy a malé hloubky třísek.

Doporučené hodnoty řezné rychlosti jsou 120 až 240 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Doporučená hloubka třísky je 0,03 až 0,1mm a doporučený posuv 1,5 až 2,5 mm.

1.2.4 Nástroje

Pro jemné frézování se používá nástroje s jedním nebo více zuby, na kterých je připevněna břitová destička ze slinutých karbidů (SK) nebo ze polykrystalického nitridu boru (PND).



Obr.1.4 Dokončovací fréza ^[10]

1.2.5 Stroje

Frézky se dělí na tyto typy:

- konzolové frézky,
- stolové frézky,
- stolové frézky,
- rovinné frézky,
- speciální frézky,
- CNC obráběcí centra.

1.3 Broušení

1.3.1 Charakteristika metody

Broušení patří mezi nejčastější způsoby dokončovacích operací kovů. Broušením se dají obrábět všechny dostupné kovové i nekovové materiály, rovinných i rotačních tvarů, vnějších i vnitřních. A jako jedním z mála se dají i hospodárně obrábět kalené oceli.

Brusky obvykle zabírají jednu čtvrtinu výrobních strojů ve výrobě. V některých dílnách je to i více než 50%. Důsledkem vysokých řezných rychlostí a negativních uhlů čela vzniká poměrně velké teplo. Třísky se v místě řezu ohřívají na teploty 800 až 1200 °C. Část tepla přechází do mikroskopické vrstvy obráběného materiálu, tím se obrobený povrch naruší a u kalených obrobků dochází ke vzniku jemných trhlinek. Tímto tepelným vlivem na materiál vznikají v povrchové vrstvě poměrně značná napětí. A to 500 až 2000 MPa. Při broušení přechází do obrobku asi 70 až 80 % tepla. Oproti obrábění vysokými řeznými rychlostmi kdy do obrobku přechází přibližně jen 5% vyvinutého tepla.

1.3.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu

Přesnost broušení závisí na tuhosti brusné soustavy, velikosti zrna, druhu pojiva a řezných podmínkách. Při broušení načisto dosahujeme broušením přesnosti IT 5 až IT 7. A Ra pro broušení obvodem kotouče 0,4 až 1 μm. Jemným broušením lze na dobrém stroji a správnou volbou řezných podmínek dosáhnout přesnosti rozměrů a tvaru až 0,001 mm, Při běžných podmínkách lze dosáhnout 0,003 mm. Při dosažitelné hodnotě Ra až 0,05 μm.

Jemným broušením lze dosáhnout běžné přesnosti IT3 až IT4 s Ra 0,025 až 0,4 μm.

1.3.3 Řezné podmínky

Velikost řezných sil ovlivňuje hlavně volbu tvrdosti řezného kotouče. Při větších silách volíme tvrdší brusné kotouče a při menších silách měkčí brusné kotouče. Proto tvrdšími kotouči obvykle dosahujeme vyšší výkonnost broušení.

Při broušení kolísá průřez třísky mezi 0,001 mm až 0,002 mm². Malý průřez třísky je příčina vysoké obvodové rychlosti. Obvodová rychlost kotouče je oproti obrobku značně větší, dá se tedy považovat za řeznou rychlost.

Posuvy při běžném hrubovacím broušení vnitřních válcových ploch (i kuželových) jsou 0,3 až 0,75 šířky brusného kotouče. Délka přeběhu má být ½ šířky brusného kotouče.

Řezná rychlost pro vnitřní broušení je 15 až 20 m.s⁻¹. A posuv bývá 30 m .min⁻¹.

1.3.4 Nástroje

Řezným nástrojem je brusný kotouč, který je vyroben lisováním nebo litím ze směsi brusných zrn vhodné zrnitosti, pojiva (kobaltu) a popřípadě jiných přísad. Brusné zrno má nespecifikovaný tvar řezné části, která se po opotřebení odlomí a umožní tak zrnu pod ním obrábět. Pro jemné broušení je třeba, aby se jejich velikost pohybovala od 60 do 300 μ m.

1.3.5 Stroje

Dělení brusek:- dělí se podle toho jaké plochy je zapotřebí brousit.

- Brusky na broušení rotačních ploch vnitřních
- Brusky na broušení rotačních ploch vnějších
- Brusky na rovinné plochy
- Brusky na ozubení
- Závitové brusky

Pro obrábění otvorů jsou používány brusky na broušení rotačních ploch vnitřních.

Broušení, jako dokončovací operace děr, se provádí jen u děr v ose rotace a u menších průměrů. Jde především o to, že při broušení se otáčí i obrobek v pracovním vřetenu brusky. Každá bruska má ve svých parametrech daný oběžný průměr nad ložem a ten musí být dodržen. Jinak by broušení nebylo možné realizovat.

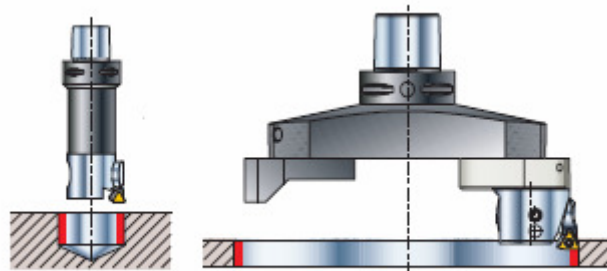
1.4 Vyvrtávání

1.4.1 Charakteristika metody

Vyvrtávání patří mezi nejpoužívanější metody dokončovacího obrábění děr pro uložení ložisek hřídelů u součástí vyrobených z litiny. Je to metoda při níž se rozšiřují předlité, předkované, předlisované, předvrtané nebo jinými způsoby předhotovené díry na požadovaný rozměr nebo tvar. Tuto metodu lze použít jak pro hrubování, tak i pro práci na čisto.

Při vyvrtávání se obrábí vyvrtávacími noži upevněnými ve vyvrtávacích tyčích nebo hlavách. Obráběné rotační plochy mají geometrický tvar válce, kužele, čelního mezikruží nebo rotační tvarové plochy. U složitějších obrobků mohou být tyto tvarové plochy kombinovány v různém uspořádání na jedné nebo více osách rozložených v rovině nebo v prostoru.

Obvykle se vyvrtávají díry o průměru větším jak 40 mm, ale při jemném vyvrtávání se dá vyvrtávat od průměru 15 mm. Posunového pohybu se dosáhne relativním pohybem obrobku a nástroje ve směru osy vyvrtávací tyče. Pracovní posuvy tedy vykonává jak pracovní stůl s obrobkem, tak i pracovní vřetenem stroje. Velikost posuvu stroje se udává délkou dráhy nože v axiálním směru za jednu otáčku vyvrtávací tyče.



Obr. 1.5 Vyvrtávání děr ^[10]

1.4.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu

Vyvrtávacími metodami dosahujeme vysoké přesnosti rozměrů, a tedy stupně přesnosti IT 4 až IT 5. A Ra je možno dosáhnout až 0,1 μm , a při vyvrtávání ložiskových kovů diamantem je možno dosáhnout Ra až 0,025 μm . Hospodárně se však obrábí na Ra 0,5 až 0,8 μm .

1.4.3 Řezné podmínky

Přídavky na obrábění se volí maximálně 0,3 až 0,6 mm na průměr, odebírají se na 2 až 4 záběry s malou hloubkou řezu 0,1 až 0,5 mm. Posuvy se volí malé 0,02 až 0,12 mm. Řezné rychlosti jsou běžně voleny mezi 250 až 350 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

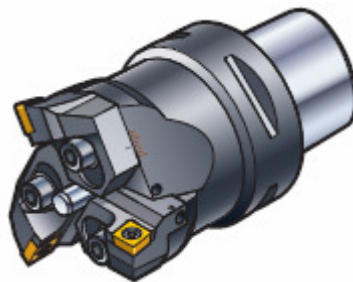
1.4.4 Nástroje

Nástrojem je ve své podstatě soustružnický nůž s upravenou geometrií břitu pro vyvrtávání, který je upnut ve vyvrtávací tyči. Podle způsobu upnutí nože jsou vyvrtávací tyče uloženy letmo nebo jsou podepřeny ložiskem.

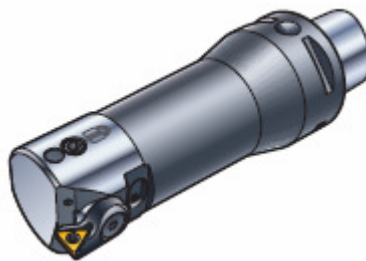
Pro vyvrtávání děr do průměru 500 mm se používají vyvrtávací hlavy. Pro průměry nad 500 mm se musí použít vyvrtávací ramena. Ty bývají buď jednostranná nebo oboustranná.

Vyvrtávací nože jsou vyrobeny ze stejných materiálů jako nože pro soustružení. Tedy z rychlořezných ocelí, ze slinutých karbidů, řezné keramiky, polykrystalického nitridu boru a diamantů.

Schopnost vyvrtávací tyče odolávat deformaci narůstá s mírou zvyšování modulu pružnosti. Protože modul pružnosti slinutého karbidu je třikrát větší než u oceli, používají se pro práce s velkým vyložením přednostně vyvrtávací tyče ze slinutého karbidu. Jejich nevýhodou je však jejich křehkost. U vyvrtávacích tyčí z oceli vyztužené slinutým karbidem se využívá houževnatosti oceli a velké tuhosti slinutého karbidu. [3]



Obr.1.6 Vyvrtávací nástroj pro hrubování se 3 břitovými destičkami [10]



Obr.1.7 Vyvrtávací nástroj pro dokončování [10]

1.4.5 Stroje .

Pro vyvrtávání se používají především horizontální vyvrtávačky, jemné vyvrtávačky a souřadnicové vyvrtávačky. Tyto stroje mají často koncepci vyvrtávacích obráběcích center. Horizontální vyvrtávačky se vyrábějí jako stolové a deskové.

- Dělení:- stolové vyvrtávačky,
- deskové vyvrtávačky,
- jemné vyvrtávačky,
- souřadnicové vyvrtávačky.

1.5 Honování

1.5.1 Charakteristika metody

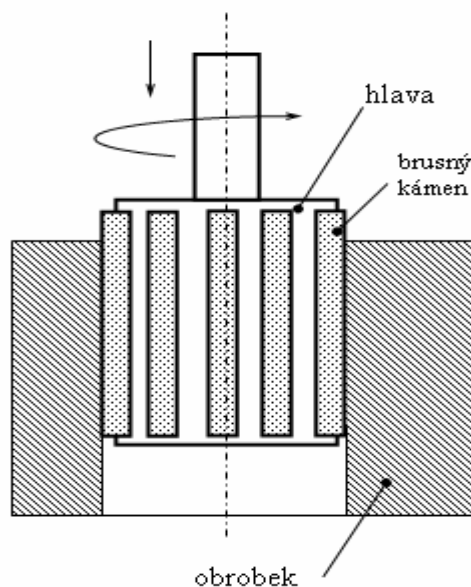
Je to dokončovací operace při obrábění, kterou se dosahuje vysoké kvality povrchu a vysokého stupně přesnosti. V určitých mezích je také možno zlepšit přesnost geometrického tvaru.

Honovat lze válcové díry průchozí i neprůchozí, s drážkami různých tvarů a velikostí průměrů až 750 mm a délek až 24 m. S přídatným zařízením lze honovat i kuželové díry.

Jedná se o vybrušování vnitřních nebo vnějších válcových ploch honovacími kameny, které jsou na honovanou plochu přitlačovány silou v rozmezí od 0,35 MPa do 1,4 MPa. Tyto kameny jsou upnuty v honovací hlavě. Honovací hlava má podle svého průměru, a tedy velikosti obráběné díry, po obvodu 3 až 12 brusných kamenů. Honování je svým způsobem broušení při kterém dochází ke sdruženému pohybu otáčivému s posunovým. To znamená, že kameny honovací hlavy vykonávají tedy šroubovitý vratný pohyb. Tím pádem se dráhy zrn brusných kotoučů překrývají. Tím se kromě jakosti povrchu zvětšuje také válcovitost obráběného povrchu. Délka zdvihu se musí nastavit tak, aby nástroj vyjížděl o $\frac{1}{4}$ své délky dole i dolů i nahoru přes honovanou plochu. Podle rychlosti pohybů rozlišujeme honování s dlouhým a s krátkým zdvihem. Obě tyto varianty mohou být použity jak pro díry, tak i pro obrábění vnějších ploch. Před honováním je třeba díru vyvrtat s přídatkem.

Jako metoda úzce příbuzná broušení je tedy i honování náchylné ke vzniku tepla, a tedy je zapotřebí chladit. K chlazení a odplavování třísek se používá emulze petroleje s parafínem nebo sířený olej.

Honování je metoda, která se dá použít i pro dokončování vnějších rotačních ploch. Rozdíl oproti honování vnitřních otvorů je v tom, že rotační a axiální pohyb koná obrobek.



Obr.1.8 Pohyby při honování

1.5.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu

Přesnost geometrického tvaru dosažitelná honováním se pohybuje v mezích od 2 do 5 μm . Touto metodou se dosahuje přesnosti tříd IT2 až IT4 a běžně dosažitelná hodnota $R_a = 0,4 \mu\text{m}$. Za zvláštních podmínek lze dosáhnout hodnoty $R_a = 0,025 \mu\text{m}$.

1.5.3 Řezné podmínky

Hlavní parametry, které určují poměry při honování jsou výsledná řezná rychlost a její složky (axiální a obvodová), úhel překřížení honovacích stop a specifický tlak kamenů. Výsledná řezná rychlost $v_e \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ je relativní rychlost, kterou se pohybují částice honovacího nástroje po povrchu honovaného povrchu. Její velikost a směr je daný vektorovým součtem obvodové rychlosti součástky $v_o \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a osově axiální rychlosti $v_a \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$.

Obvodová rychlost součástky:

$$v_o = \frac{\pi D(n_1 + n_2)}{1000} \quad (1.1)$$

D – průměr otvoru (mm)

n_1 - otáčky honovací hlavice (min^{-1})

n_2 - otáčky součástky (min^{-1})

n_2, n_1 mají vzájemně opačný smysl otáčení, někdy bývá jedna rovna nule.

Osově axiální rychlost:

$$v_a = \frac{2z \cdot L_z}{1000} \quad (1.2)$$

z – je počet dvojzdvihů (min^{-1})

L_z – délka zdvihu honovací hlavice (mm)

Délka zdvihu honovací hlavice:

$$L_z = L + l_1 + l_2 - l \quad (1.3)$$

L – délka otvoru (mm)

l_1 – dolní přeběh (mm)

l_2 – dolní přeběh (mm)

l – je délka kamene

Výsledná řezná rychlost :

$$v_e = \sqrt{v_o^2 + v_a^2} \quad (1.4)$$

Úhel křížení stop 2α se určuje ze vztahu: :

$$\text{tg } \alpha = \frac{v_a}{v_o} = \frac{2z \cdot L_z}{\pi D(n_1 + n_2)} \quad (1.5)$$

Jeho střední hodnota je $\alpha = 45^\circ$. A tehdy má nejlepší úběr.”

Doporučené hodnoty $v_a = 8$ až $25 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $v_o = 15$ až $40 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Při hrubování bývá $\alpha = 45^\circ$ a při dokončovací operaci je $\alpha = 20^\circ$. Hodnoty měrného tlaku jsou $p = 0,2$ až $1,5 \text{ MPa}$. Tento tlak je rozdělen mezi velké množství zrn. Potom jedno zrno pracuje s přítlačnou silou asi $0,002 \text{ N}$.

1.5.4 Nástroje

Honovací nástroj se skládá z honovací hlavy, do které jsou podél její osy umístěny a upevněny honovací kameny. Honovací kámen je hranol s rozměry šířky a tloušťky podle honovací hlavice. Délka hlavice závisí na délce otvoru. Hlavice bývají někdy jednokamenové, častěji však jsou osazeny více kameny (3,5,6,7).

Honovací kameny jsou vyrobeny z:

- Karborunda – pro honování litin
- Umělého korundu – pro honování ocelí
- Diamantové – pro obrábění slinutých karbidů

1.5.5 Stroje

Honovat můžeme strojně nebo ručně. Ručně se honuje na vrtačkách, kde je strojový jen otáčivý pohyb nástroje a ručně se posouvá vřeteno nebo obrobek. Dokonalý proces probíhá však na honovacích strojích. Ty bývají horizontální nebo vertikální. Vertikální se vyrábějí pro maximální průměr obrobku 400 mm a délky 500 mm . Na delší součástky je lepší použít horizontálních honovacích strojů. Honovací stroje se používají především pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Dělí se na jednovřetenové a vícevřetenové.

1.6 Vyhrubování a vystružování

1.6.1 Charakteristika metody

Při vystružování odebíráme výstružníkem materiál v malých vrstvách, a tak dosáhneme na předvrtaných nebo předhrubovaných válcových nebo kuželových otvorech přesný rozměr, správný geometrický tvar a hladký povrch. Část výstružníku za řeznou hranou nástroj jen vede a kalibruje díru. Proto má úzkou válcovou fazetku. V zadní části výstružníku se průměr zužuje o úhel 2 až 5 °, aby nástroj neztvrděl otvor a nezhoršoval povrch. Ruční výstružníky mají řezné hrany na protáhnutém kuželu s úhlem asi 30 °. Sraženou čelní hranou je možné lehčí zavádění do vystružované díry. Pokud má protáhnutý řezný kužel i strojní výstružník, získává se obvykle velmi hladký povrch vystružované díry.

Vystružování je rovnocenná operace s vyvrtáváním. Volbu vhodného způsobu ovlivňuje sériovost výroby a rozměry otvoru. V kusové výrobě obvykle převládá vyvrtávání a v hromadné vystružování. Na dokončování otvorů s průměrem nad 100 mm je nevhodné vyrábět nástroje s více řeznými hranami (výhrubníky a výstružníky), protože výroba by byla velmi nákladná a údržba značně pracná.

Při vyšších požadavcích na parametry přesnosti díry, se tyto díry dokončují výhrubníky a výstružníky. Díry do průměru 10 mm se pouze vystružují, větší díry se vyhrubují a pak vystružují. Přídavky na vyhrubování a vystružování závisí zejména na požadované přesnosti a hodnotě Ra díry, ale i na druhu obráběného a nástrojového materiálu, konstrukci nástroje a dalších činitelích.

1.6.2 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu

Vystružováním jsou zhotovovány otvory stupně přesnosti IT 7 a IT 8. Při větší preciznosti můžeme dosáhnout tolerance IT 5 až IT 6. Hodnota Ra po normalizovaných výstružnicích bývá 0,4 až 0,8 μm. Výstružníky s jednou řeznou hranou se získává hodnota Ra 0,15 až 0,20 μm.

1.6.3 Řezné podmínky

Velikost přídavků pro vystružování závisí na průměru otvoru a pohybuje se od 0,1 do 0,4 mm. Výstružníky s jedním řezným klínem mají přídavky až 0,8 mm. Řezná rychlost pro vystružování je volena v rozmezí 3 až 30 m.min⁻¹ a posuv je volen v rozmezí 0,15 až 0,2 mm podle druhu obráběného a řezného materiálu.

Tab.1.1 Řezné podmínky pro vyhrubování a vystružování ^[2]

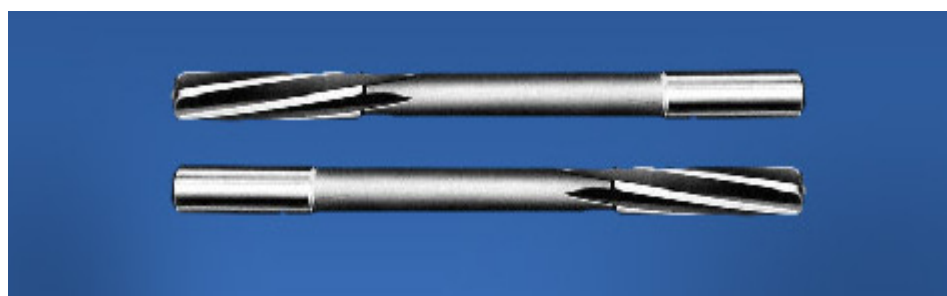
Obráběný materiál		v_c [m.min ⁻¹]	f [mm]
Šedá litina	Vyhrubování	6 až 10	0,2 až 0,7
	Vystružování	10 až 30	0,1 až 1
Ocel Rm = 600 Mpa	Vyhrubování	15 až 18	0,2 až 0,7
	Vystružování	7 až 15	0,1 až 0,8
Ocel Rm = 1000 Mpa	Vyhrubování	6 až 8	0,2 až 0,7
	Vystružování	2 až 6	0,2 až 6
Hliníkové slitiny	Vyhrubování	30 až 50	0,5 až 2
	Vystružování	30 až 60	0,5 až 2

Při požadavcích vysoké jakosti povrchu je třeba při vystružování zabezpečit dokonalou filtraci a čistotu řezné kapaliny, protože případné drobné částice by se mohli dostat na vodící část, a značně tak poškrábat opracovaný povrch. Jako řezné kapaliny se používají emulze a oleje.

1.6.4 Nástroje

Výhrubníky a výstružníky jsou vícebřité nástroje, které mají obvykle párový počet zubů. Ale pro zhotovování přesných rozměrů je třeba nástroje s nerovnoměrným rozstupem zubů po obvodu, nebo lichým počtem zubů je toto také zajištěno. Výhrubník předvrtanou díru hrubuje, výstružník ji dokončuje na přesný rozměr, geometrický tvar a požadovanou hodnotu Ra. Oba nástroje se upínají pomocí válcové nebo kuželové stopky. Výstružníky se vyrábějí jako pevné nebo se stavitelnými zuby, kdy jsou řezné destičky s břity posuvné v drážkách na kuželové ploše těla nástroje. Zuby bývají přímé, s levou šroubovicí (nejčastější) a nebo pravou šroubovicí. Posouváním destiček v axiálním směru se mění průměr výstružníku.

Výhrubníky i výstružníky se vyrábějí z nástrojových oceli 19 800, 19 830 nebo s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů.

Obr.1.9 výchrubníky ^[13]Obr.1.10 Strojní výstružníky ^[13]

1.6.5 Stroje

Stopky výhrubníků a výstružníků bývají pomocí upínání upínány ve vrtacích, vyvrtávacích a frézovacích strojích a centrech.

1.6.6 Novinka ve vystružování ^[4]

Zajímavé řešení výstružníků vyvinula firma Beck. K realizaci vysokých rychlostí obrábění je třeba zvolit vhodnou kombinaci otáček a posuvu, charakteristickou hodnotou přitom zůstává posuv na zub. Častěji se využívá vysokých otáček než zvýšených posuvů, které jsou vázány na nutnost zapojení více břitů. Právě použití většího počtu břitů na těle nástroje bylo cílem nového koncepčního řešení vystružovacích nástrojů firmy Beck. Jejich důležitým konstrukčním znakem jsou břitové destičky vlepené do ocelového těla nástroje vedle otvoru pro výstup chladicí kapaliny (emulze nebo oleje), která zajistí odvod třísek. Tento princip nachází uplatnění zejména při vystružování průchozích otvorů.



Obr.1.11 Nové vystružovací nástroje firmy Beck. ^[4]

1.7 Válečkování

1.7.1 Charakteristika metody

Je to nekonvenční dokončovací metoda, při které na dokončovanou plochu působí váleček, který se po ní odvaluje. Výsledný efekt závisí na průměru aktivního povrchu válečku. Menší průměr zvyšuje hloubku zpevnění zatím co většími průměry se dosahuje povrchů s nižší hodnotou Ra.

Válečkovat lze tvárné materiály s pevností 1250 MPa a minimální tažnosti 8 %. Používá se pro dokončování obrobených povrchů s hodnotou Ra do 3,2 až 1,6 μm . Nejčastěji se válečkují vnější a vnitřní válcové a kuželové plochy.

1.7.2 Varianty metody

- Statické válečkování
- Dynamické válečkování

1.7.3 Dosažitelné hodnoty kvality povrchu

Statickým válečkováním se dosahuje rozměrové přesnosti IT 6 až IT8 a hodnoty Ra 0,1 až 0,4 μm .

Dynamickým válečkováním se dosahuje horší hodnoty Ra a to 0,2 až 0,8 μm .

1.7.4 Obráběcí podmínky

Velikost přitlačné síly závisí na materiálu obrobku a pohybuje se od 500 do 5000 N. Obvodová rychlost při válečkování dosahuje 50 až 100 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. Posuv válečkovacího nástroje na otáčku válečkování obrobku nemá být stejný jako posuv při předchozím obrábění a bývá 0,2 až 1 mm. Válečkovat se dají všechny materiály, u kterých je schopnost se plasticky přetvářet do tvrdosti 50 HRC. Při použití diamantových nástrojů je to až do 60 HRC.

1.7.5 Nástroj

K válečkování se používají válečkovací hlavy statické a dynamické pro válcování vnějších a vnitřních ploch.

1.7.6 Stroje

Válečkování se dá provádět na běžných strojích, jako jsou soustruhy, frézky a vrtačky. Nástroje bývají upnuty nejčastěji v pinolách koníku na soustruzích.

2 POROVNÁNÍ DOKONČOVACÍCH OPERACÍ ^{[1], [2], [3], [11]}

Tab.2.1 Srovnávací tabulka některých druhů dokončovacích operací děr

Dokončovací operace	Ra	Stupeň přesnosti	Přídavek na Ø	Řezná rychlost	Teplota povrchu
	[µm]	IT	[mm]	[m.min ⁻¹]	[°C]
Jemné frézování	0,4 - 1,6	7 - 8	0,1 - 0,3	120 - 240	50 - 300
Jemné soustružení	0,2 - 0,8	5 - 7	0,2 - 0,5	150 - 1200	100 - 300
Vystružování	0,2 - 0,3	5 - 6	0,01 - 0,4	3 - 30	40 - 150
Vyvrtování	0,1 - 0,8	4 - 5	0,1 - 0,3	250 - 300	50 - 250
Broušení	0,025 - 0,4	3 - 4	0,01 - 0,3	900 - 2400	200 - 900
Honování	0,025 - 0,4	2 - 4	0,02 - 0,2	15 - 40	30 - 150
Válečkování	0,02 - 0,4	6 - 7	0,005 - 0,02	10 - 30	30 - 50

V tabulce jsou seřazeny metody dokončovacích operací děr podle hodnoty Ra, kterou jsme jimi schopni dosáhnout. Jak je vidět, od hodnoty Ra se odvíjí i stupeň přesnosti IT. Pouze válečkování je metoda, která nám pouze vylepší hodnotu Ra.

3 POŽADAVKY NA POVRCH PŘED NALISOVÁNÍM LOŽISKA

Než přijde ložisko umístit je třeba, aby bylo zajištěno několik požadavků, aby byla zajištěna jeho správná funkce a životnost.

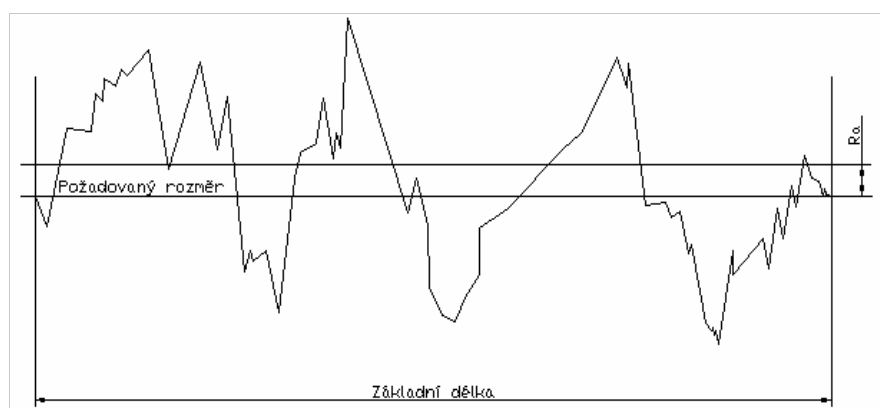
Jedním ze základních a nejdůležitějších požadavků na povrch před umístěním ložiska je hodnota R_a . Tato hodnota je navržena konstruktérem a zaznačena na výkrese. Je rozdílná podle funkce, druhu a výkonu stroje .

Na hodnotu R_a má vliv:

- tvar a geometrie břitu,
- velikost posuvu,
- řezná rychlost,
- tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek,
- řezné prostředí.

Hodnota R_a je aritmetický průměr absolutních hodnot v rozsahu základní délky .^[8]

Tabulka z firmy ZKL – Výzkum a vývoj a.s. pro přiřazování hodnot R_a k rozměrům a ke stupni lícování viz příloha 9.



Obr. 3.1 Znázornění průměrné aritmetické úchylky rozměru.^[8]

Dalším požadavkem je souosost. Je daná konstrukcí. Závisí na ní házení hřídele, ale i montáž, životnost a správný chod stroje. Cílem je, aby díry, ve kterých budou uloženy ložiska pro chod hřídele, byly v jedné ose. Tím se zajistí, aby soustava vydržela namáhání chodu a byl zajištěn správný chod.

Souosost se zajišťuje tím, že díry jsou vyráběny z jedné strany. Pokud tento způsob obrábění není z důvodu rozměru a uložení děr možný je třeba použít varianty s otočným stolem. Po otočení stolu k obrobení děr na druhé straně je třeba zajistit zaměření nástroje na danou osu před vlastním obráběním. Na správném ustavení je závislý bezporuchový chod strojů. Téměř 50% poruch rotačních strojů je zapříčiněno nedodržením souososti.

Měření souososti se provádí na měřicích zařízeních, jako je například, měřicí přístroj CNC 3D Wenzel - Typ LH 87 (viz obr. 4.2). Nebo také měření pomocí středícího trnu a vodicích pouzder.

Pokud se jedná o vyhotovení děr pro ložiska hřídelů, které budou přenášet otáčivý pohyb od ozubených kol, jako je v převodové skříni, je důležitým faktorem i rovnoběžnost os děr.

Válcovitost je také jedna ze základních tolerancí díry. Tato tolerance nám slouží ke správnému umístění ložiska. Má vliv i na životnost. Válcovitost je možné měřit na stejném stroji jako u předchozího příkladu souosost. Tedy na měřicím přístroji CNC 3D Wenzel - Typ LH 87 (viz obr. 4.2).

Stupeň přesnosti je dán konstruktérem a musí zajišťovat správné uložení a životnost ložiska v převodové skříně. Pro díry k uložení ložisek se předepisuje K6. Soustava tolerancí a uložení ISO viz příloha 10. Toleranční pole děr viz příloha 11.

3.1 Norma ČSN 02 4620

Norma uvádí vzájemnou polohu tolerančních polí hřídelů a děr těles vzhledem k tolerančním polím kroužků ložisek, která mohou být pro dané provozní podmínky použita k uložení valivých ložisek podle ČSN 02 4629 s průměrem díry do 500 mm tak , aby byla zaručena správná funkce. Norma dále uvádí doporučená toleranční pole uložení vzhledem k provozním podmínkám, a zatížení pro radiální a axiální ložiska, tolerance tvaru a polohy pro úložné a opěrné plochy a doporučené maximální hodnoty Ra povrchu úložných ploch.^[7]

4 UVEDENÍ PŘÍKLADŮ ZE STROJÍRENSKÉ VÝROBY

4.1 Vyvtávání

Vyvtávání je jedna z nejpoužívanějších metod dokončovacích operací děr pro uložení ložisek. Jako příklad uvádím výrobu z firmy TOS KUŘIM - OS, a.s., kde se tato metoda provádí na stroji WHX 100 NC. Ale používají i stroje MC FHD 80A, které mají otočný stůl o rozměrech 800 x 800 mm. Otočné stoly jsou nezbytné, pokud je třeba obrobek obrábět z obou stran. Nástrojem pro vyvtávání je vyvtávací systém z dílny Walter.

Dokončována byla převodová skříň s několika otvory pro ložiska. Materiálem je Litina dle ČSN 42 2425 třídy obrobitelnosti 11 a. Řezné podmínky byly voleny takto:

- řezná rychlost $300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$,
- posuv 0,1 mm.



Obr.4.1 Stroj WHX 100 NC při vyvtávání děr

Měření hodnoty R_a se u tohoto druhu převodovek běžně neměří. Jen je kontrolou vizuálně zkontrolována a měří se jen v případě, když má kontrola podezření, že nebyla dodržena. Řezné podmínky jsou dané již léty praxe a obecně platí, že s dodržáním hodnoty R_a není problém.

K měření souosostí, rovinností, a dalších tolerancí je používán měřicí přístroj CNC 3D Wenzel - Typ LH 87.

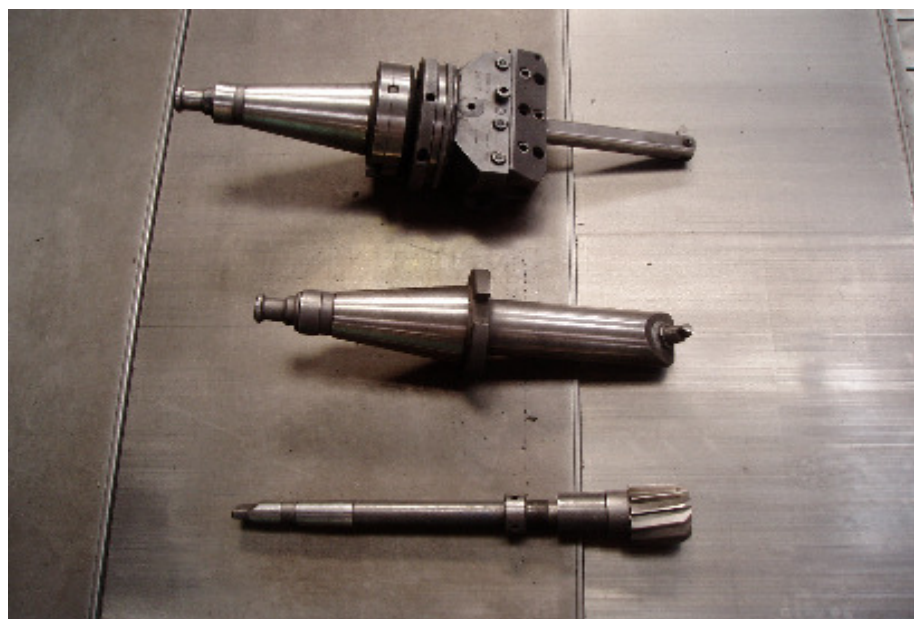
Protokol měření a výrobní výkres jsou přiloženy v příloze 1 a 2.



Obr. 4.2 Měřicí přístroj CNC 3D Wenzel - Typ LH 87 [5]

4.2 Vystružování

Ve firmě STROJTOS LIPNÍK a.s. byla u vyráběné součásti obráběna vystružováním díra $\text{Ø}45\text{H}8$. Druhý otvor, tedy díra o $\text{Ø}70\text{H}8$ byla vyvrtávána. Materiálem je litina dle ČSN 42 2425 třídy obrobitelnosti 11 a.



Obr. 4.3 Použité nástroje.

Pro díru $\text{Ø}70\text{H}8$ byla předepsaná $Ra = 3,2$. Řezné podmínky byly voleny takto:

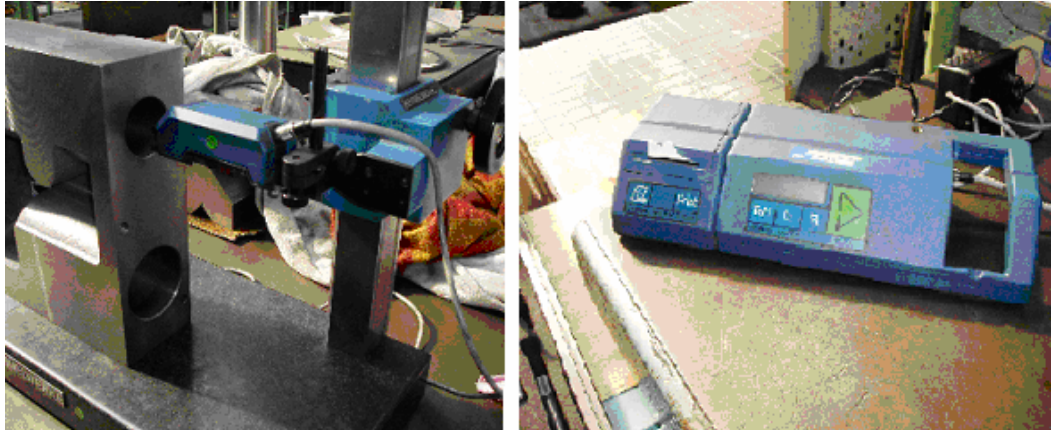
- otáčky 240 ot
- posuv 0,15 mm
- hloubka třísky 0,1mm

Měření střední aritmetické úchytky rozměru bylo provedeno na měřícím zařízení firmy HOMMEL TESTER. Typ LV 15. Bylo dosaženo hodnoty $Ra 2,84 \mu\text{m}$.

Pro díru $\text{Ø}45\text{H}8$ byla předepsána $R_a = 1,6$. Řezné podmínky byly voleny takto:

- Pro srovnávací třísku - otáčky včetně 310 ot
- Pro výstružník - posuv 0,2 mm
- Pro výstružník - otáčky včetně 28 ot
- - posuv 1 mm

-Měření střední aritmetické úchytky rozměru bylo provedeno na měřicím zařízení firmy HOMMEL TESTER. Typ LV 15. Bylo dosaženo hodnoty $R_a 1,26 \mu\text{m}$.



Obr.4.4 Měření hodnoty R_a na přístroji HOMMEL TESTER Typ LV15.

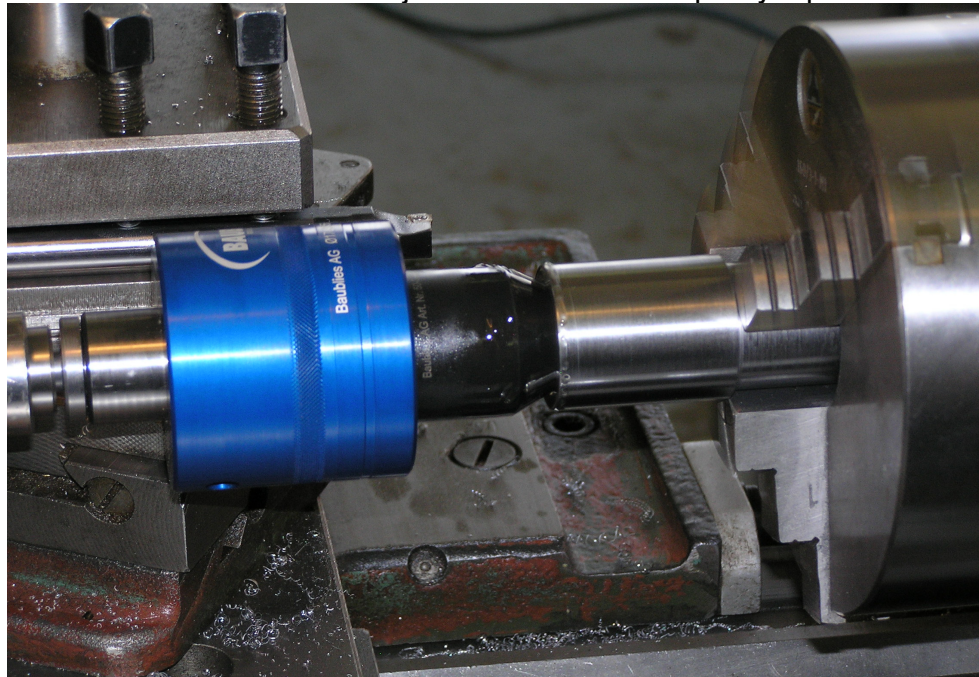
4.3 Válečkování

Jedná se o dokončovací metodu obrábění, která neodebírá žádnou třísku. Válečkováním dochází ke zkvalitnění dokončené plochy a k získání lepších mechanických vlastností této plochy. V dílnách VUT FSI bylo prováděno testování nových nástrojů firmy Baublies pro dokončování vnitřní kuželové plochy válečkováním.

Soustružení i následné válečkování bylo provedeno na univerzálním hrotovém soustruhu SV-18-RD. Použit byl nástroj Baublies IRG-K-3 (Parametry v příloze 3).



Obr. 4.5 Válečkovací nástroj Baublies IRG-K-3 upnutý v pinole koníku.



Obr. 4.6 Válečkovací nástroj Baublies IRG-K-3 v dokončovacím cyklu.

- Materiál polotovaru byla ocel 11 600 .
- Obráběcí podmínky byly voleny z grafu v příloze 4 takto:
 - otáčky 800 ot. ,
 - posuv 0,6 mm.

Soustružením bylo dosaženo hodnoty $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. A následným válečkováním byla tato hodnota vylepšena na $R_a = 0,02 \mu\text{m}$. Měření bylo provedeno na Profilometru Mahr Perthometer M2 (parametry v příloze 5).



Obr. 4.7 Profilometr Mahr Perthometer M2

Válečkování, jako metoda, je velice rychlá, a pokud by povrch díry vyžadoval hodnoty R_a dosažitelné touto metodou, a pokud by konstrukce díry tuto metodu umožňovala použít, je dle mého názoru lepší využít ji než broušení nebo nějakou jinou metodu, kterou se dosahuje podobných kvalit povrchu.

Srovnání povrchu po obrábění soustružením a po dokončení válečkováním, tedy výstupní protokol z profilometru je uveden v příloze 6.

5 POROVNÁVÁNÍ VYSTRUŽOVÁNÍ A VYVRTÁVÁNÍ

Tyto dvě varianty dokončovacích operací děr pro uložení ložisek hřídelů jsou nejpoužívanější pro obrábění děr převodových skříní z litin. U obou se jako stroje používají horizontální vyvrtávací centra.

Tab.5.1 Srovnávací tabulka vyvrtávání a vystružování

	Hodnota R_a	Stupeň přesnosti IT	Řezná rychlost	Obráběný \varnothing
	$[\mu\text{m}]$		$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	
Vyvrtávání	0,1 - 0,8	4 - 5	250 - 300	i přes 500mm do 100 mm
Vystružování	0,2 - 0,3	5 - 6	3 - 30	

Vystružování je dokončovací metoda, která se používá převážně v sériových výrobcích. Zatímco vyvrtávání, je používáno převážně ve výrobcích kusových.

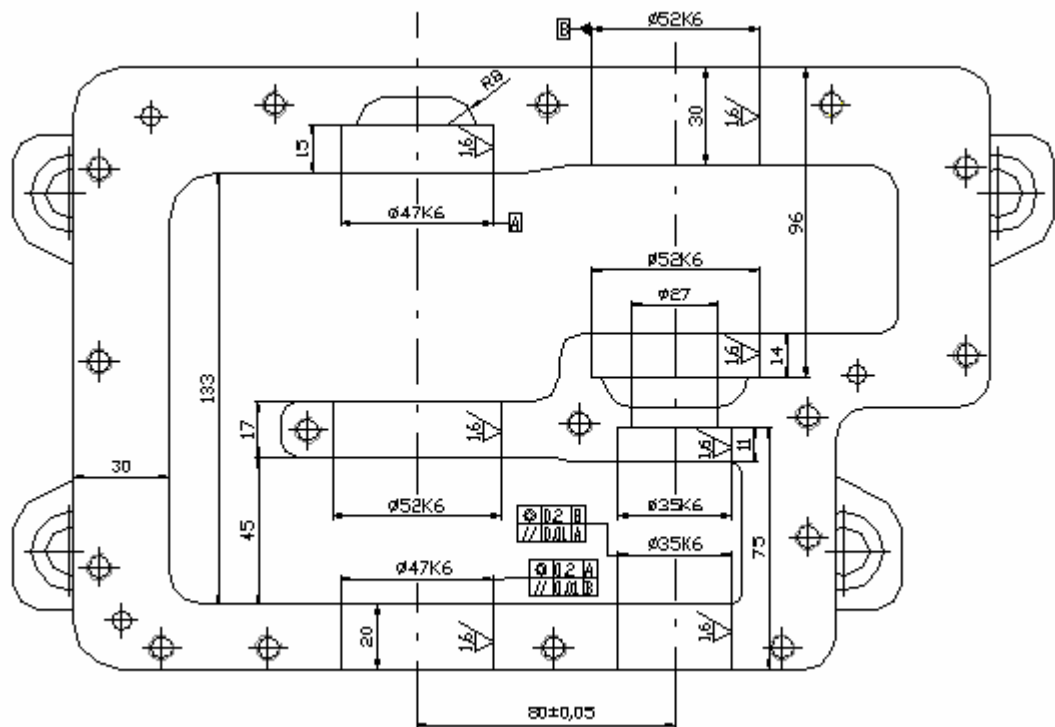
Vystružování není vhodné pro průměry děr nad 100 mm, protože u těchto velikostí otvorů není hospodárné vyrábět vícebřitý nástroj. Výroba by byla dosti nákladná a údržba tohoto nástroje pracná.

6 PŘÍKLAD OBROBNÍ A DOKONČENÍ ĎĚR PŘEVODOVÉ SKŘÍŇĚ

6.1 Materiál

Převodová skříň je odlita z šedé litiny dle ČSN 42 2425. Třída obrobitelnosti 11 a.

Odlitek se musí obrábět ve spojeném stavu obou polovin skříňe, aby bylo zajištěno dodržení tolerancí požadovaných pro chod soustavy. Pro uložení ložisek se budou obrábět díry $\varnothing 35K6$, $\varnothing 47K6$ a $\varnothing 52K6$.



Obr. 6.1 Spodní část převodové skříňe

6.2 Volba stroje

Jak je patrné z výkresu součásti, bude třeba skříň obrábět z obou stran. Proto bude zapotřebí použít stroj nejlépe s otočným stolem, aby došlo k co nejmenší možnosti vzniku chyby při otáčení dílce. Například stroj WH 10 CNC, který tento požadavek splňuje. Parametry a příslušenství stroje, viz. příloha 7.



Obr. 6.2 Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj WH 10 CNC ^[12]

6.3 Volba nástroje

Jako nástroj by bylo podle mého názoru nejvýhodnější použít vyvrtávacích hlavic a vyvrtávacích tyčí. Problém je však díra $\text{Ø}52\text{K}6$, která je mezi dírami $\text{Ø}47\text{K}6$. Proto navrhuji, aby se nejdříve vyvrtala díra pro $\text{Ø}35\text{K}6$ na $\text{Ø}27$ do požadované vzdálenosti. Poté se pomocí hrubovacích vyvrtávacích hlavic obrobily díry $\text{Ø}35\text{K}6$ a $\text{Ø}47\text{K}6$. Pro obrobení díry $\text{Ø}52\text{K}6$ bude třeba využít vyosení vyvrtávací tyče. A následné obrobení díry $\text{Ø}52\text{K}6$ (Nástroj pro tuto operaci je třeba vhodně poskládat z nabídky dodavatele. Nebo je možné si jej nechat vyrobit na zakázku). Poté se pomocí otočného stolu skříň otočí o 180° a zaměří se nástroj na osu děr $\text{Ø}35\text{K}6$. Obrobí se díry $\text{Ø}52\text{K}6$. Otvory pro díry $\text{Ø}47\text{K}6$ a $\text{Ø}52\text{K}6$ jsou předlity. Otvor pro $\text{Ø}35\text{K}6$ se bude muset z důvodu malého rozměru předvrtat.

Nástroje firmy Iscar viz příloha 8:

- Pro hrubovací operace :
 - BHR MB25-25x50 - pro hrubování na $\text{Ø}34\text{ mm}$
 - BHR MB32-32x63 - pro hrubování na $\text{Ø}46\text{ mm}$
 - pro hrubování na $\text{Ø}51\text{ mm}$ je třeba vhodně poskládat nástroj z nabídky dodavatele. Nebo je možné si tento nástroj nechat vyrobit s požadovanými parametry na zakázku.



Obr.6.3 Hrubovací vyvrtávací hlava ^[6]

- Vrtací operace:
 - DR027-108-32-09-4D-N - pro předvrtání děr $\text{Ø}35\text{K}6$

- Pro dokončovací operace
 - BHF MB25-25x50 - pro dokončení na $\varnothing 35K6$
 - BHF MB32-32x63 - pro dokončení na $\varnothing 47K6$
 - pro dokončení na $\varnothing 52K6$ je třeba obdobně složit nástroj jako při hrubování této díry. Nejlépe kontaktovat výrobce a domluvit se na možnostech jejich nástrojů a zvážení možných variant.



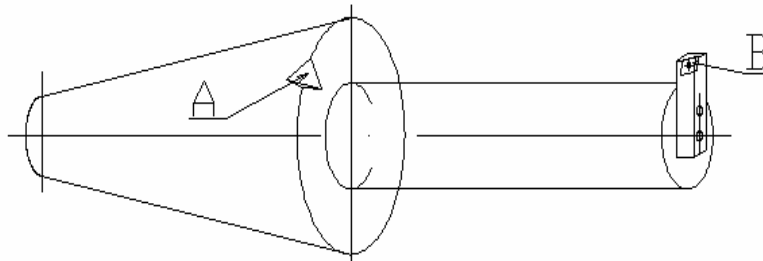
Obr.6.4 Dokončovací vyvrtávací hlava ^[6]

6.4 Řešení obrobení díry $\varnothing 52 K6$ mezi dírami $\varnothing 47K6$

Aby bylo možné tuto díru vyrobit, je zapotřebí vyvrtávací tyčí najet mimo osu, a k tomu je zapotřebí:

- 1) Složit nástroj s polohovanou špičkou vůči držáku.

$$A \equiv B$$



Obr.6.5 Schéma polohování špičky vůči drážce na držáku

- 2) Provést orientovaný stop vřetene
 - zastavit nástroj tak, aby špička byla zastavována v určitém stále stejném místě. Například otočení v rotační ose C o 90° , tedy rovnoběžně s osou + x.
- 3) Pojezd nástroje v protisměru o diferenci, která překáží špičce. To je v našem případě o 3 mm plus 0,1 mm, aby nebyla poškozena díra, kterou budeme projíždět.
- 4) Průjezd menší dírou
- 5) Vrácení nástroje do osy a start otáček
- 6) Obrobení otvoru
- 7) Zpětný výjezd opačnou posloupností pohybů.

6.5 Rámcový výrobní postup

Postup obrábění děr		Název celku:	Název součástky: Převodová skříň	Číslo součástky: 001-00000
č.o.	Název stroje Tř. č. stroje	Dílna	Popis práce	Měřidla
10	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Vyvrtat díru v ose $\varnothing 35\text{K6}$ na $\varnothing 27$ do vzdálenosti 81	
20	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Hrubovat díry v ose $\varnothing 35\text{K6}$ na $\varnothing 34$ do vzdálenosti 74,5	Posuvné měřítko Mitutoyo
30	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Hrubovat díry v ose $\varnothing 47\text{K6}$ na $\varnothing 46$ do vzdálenosti 168	Posuvné měřítko Mitutoyo
40	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Dokončit díry $\varnothing 47\text{K6}$ a $\varnothing 35\text{K6}$ na hotovo	Válcový kalibr $\varnothing 35\text{K6}$ a $\varnothing 47\text{K6}$
50	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Hrubovat díru v ose $\varnothing 47\text{K6}$ na $\varnothing 51$ ve vzdálenosti 83	
60	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Dokončit díru $\varnothing 52\text{K6}$ na hotovo	
70	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Otočení stolu o 180° , zaměření na osu $\varnothing 35\text{K6}$.	
80	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Hrubovat díry v ose $\varnothing 35\text{K6}$ na $\varnothing 51$ do vzdálenosti 95,5	Posuvné měřítko Mitutoyo
90	WH 10 CNC 34822	Obrobna	Dokončit díry $\varnothing 52\text{K6}$ do vzdálenosti 96 na hotovo	Válcový kalibr $\varnothing 52\text{K6}$
100	94750	Obrobna	Odjehlit	
110		OTK	Závěrečná kontrola rozměrů	CNC 3D Wenzel - T yp LH 87

7 VYUŽITÍ CNC STROJŮ

V dnešní době jsou CNC stroje neodmyslitelnou součástí ve strojírenském průmyslu. Vložením programu se naprogramují a nastaví cykly stroje, vyrobí se vzorový kus a odladí se všechny chyby programu. Poté odladěný stroj pracuje s minimálními prostoji. Tyto stroje mají spoustu výhod, oproti jejich předchůdcům. Jednou z hlavních předností je, vysoká tuhost stroje, opakovatelnost výroby, snadnost obsluhy, rychlá výměna nástrojů, přesná výroba a její opakovatelnost. S toho plyne že pokud chce dílna efektivně obrábět, rozvíjet se a vyrovnat se konkurenci je použití CNC strojů nezbytné. V dnešní době se tyto stroje využívají prakticky ve všech odvětvích strojírenské výroby.

ZÁVĚR

Problematika dokončování přesných děr je rozdělena v ucelených kapitolách.

V první kapitole jsou popsány vybrané dokončovací metody děr u kterých jsou uvedeny stroje, nástroje, řezné podmínky a dosažitelné hodnoty Ra a stupně přesnosti IT, kterých jsou tyto metody schopny dosáhnout za patřičných řezných podmínek. Slouží k seznámení s možnostmi dokončování děr.

V druhé kapitole je obsažena porovnávací tabulka dokončovacích operací děr, kde je stručně a přehledně vidět která metoda je schopna dosáhnout nejlepší hodnoty Ra, stupně přesnosti IT, v jakém rozmezí řezných rychlostí pracuje a jaké jsou potřebné přídatky na průměr díry. Nejvyšší hodnoty Ra jsme schopni dosáhnout válečkováním. Touto metodou se však nedosahuje až takových stupňů přesnosti IT jako třeba u honování. Většinou uvedených metod se díry pro uložení ložisek hřídelů nevyrábějí. Pro tyto díry se převážně používá jemného soustružení, vyvrtávání, vyhrubování a vystružování. Ostatní metody se používají k dokončování děr ale pro díry k uložení ložisek, jsou zbytečně nákladné. Například honování se používá k obrábění pístů do motorů.

Třetí kapitola představuje souhrn požadavků které by obrobený otvor měl splňovat, aby byl zajištěn správný chod stroje. Mezi nejdůležitější z nich patří hodnota Ra, stupeň přesnosti IT a sousost.

Kapitola čtvrtá uvádí rozdílné metody dokončování děr ze strojírenské výroby firem TOS KUŘIM - OS, a.s. a STROJTOS LIPNÍK a.s.. Dále je v ní okrajově uveden příklad válečkování v laboratořích VUT FSI.

V páté kapitole je uvedeno porovnání dvou variant dokončovacích operací. Vyvrtávání a vystružování. Tyto dvě metody jsou nejpoužívanějšími typy obrábění děr pro uložení ložisek v odlitcích převodových skříní. Zatím co vystružování se nejčastěji používá pro díry do 100 mm průměru vyvrtávání je možno použít i u děr průměru 500 mm a více.

V šesté kapitole je návrh obrobení převodové skříně. Jako stroj jsem zvolil horizontální frézovací a vyvrtávací stroj WH 10 CNC. Tento stroj má možnost obrábění s otočným stolem, který je o průměru 50 mm. Obráběná převodová skříň se musí obrábět z obou stran, varianta otočného stolu je výhodnější než otáčet skříň a znova ji upínat. Díky otočnému stolu se doba na obrobení skříně výrazně sníží. Dalším problémem bylo obrobení díry Ø52K6, která je umístěna uvnitř skříně mezi dírami Ø47K6. Řešení této situace je ve vyosení nástroje mimo osu a jeho následné zpětné najetí a obrobení díry.

V sedmé kapitole jsou uvedeny výhody a přednosti CNC strojů ve strojírenské výrobě.

Dokončovací metody obrábění děr jsou neodmyslitelnou součástí ve strojírenství. Používají se především v automobilovém průmyslu, u obráběcích strojů a všude tam kde se vyskytují různé druhy převodových skříní.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění – Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. Z: Modern metal Cutting – A Practicak Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
2. KOČMAN, Karel, PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. LIPA, Zdenko, JANÁČ Alexander. *Dokončovacie spôsoby obrábania*. 1. vyd. Bratislava : Slovenská technická univerzita, 2000. 94 s. ISBN: 80-227-1324-4.
4. DVOŘÁK, Luděk. Nekonenční technika vystružování. *MM Průmyslové spektrum*. Květen2009, č. 5, s. 38. ISSN 1212-2572. Dostupný z www: < <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonenncni-technika-vystruzovani>>.
5. CNC 3D Wenzel - Typ LH 87. [online]. [cit.2009-05-10]. Dostupné z www: < <http://www.hanimann-3dmesslabor.ch/?site=4> >
6. ISCAR. [online]. [cit.2009-05-11]. Dostupné z www: < <http://www.iscar.cz>>.
7. NORMA 02 4620. [online]. [cit.2009-04-10]. Dostupné z www: < <http://shop.normy.biz>>.
8. PODKLADY DO CVIČENÍ. [online]. [cit.2009-04-18]. Dostupné z www: < <http://www.umz.fme.vutbr.cz/>>
9. PRAMET-ŘÍRUČKA OBRÁBĚNÍ. [online]. [cit.2009-05-26]. Dostupné z www: < http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/prirucka_cz.pdf>.
10. SANDVIK COROMANT. [online]. [cit.2009-05-20]. Dostupné z www: < <http://www.coromant.sandvik.com/cz>>.
11. STROJÍRENSTVÍ. [online]. [cit.2009-04-22]. Dostupné z www: < <http://www.strojirenstvi-cz.blogspot.com>>.
12. ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE VUT FSI – Katalog strojů pro technologické předměty [online]. [cit.2009-05-11]. Dostupné z www: < http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/swh10cnc_1.html>.
13. VELKOOBCHOD NÁŘADÍ KBN spol.s.r.o. [online]. [cit.2009-05-10]. Dostupné z www: < <http://www.kbn.cz/vyhrubniky.html>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	Tažnost
Ra	[μm]	Průměrná aritmetická úchylka rozměru
IT		Stupeň přesnosti
v_c	[$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	Řezná rychlost
f	[mm]	Posuv
n	[min^{-1}]	Otáčky
D	[mm]	Průměr díry

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres převodové skříně
Příloha 2 Výstupní měřicí protokol ze stroje CNC 3D Wenzel - Typ LH 87
Příloha 3 Válečkovací nástroj firmy Baublies
Příloha 4 Grafy volby otáček a posuvů pro válečkování
Příloha 5 Měřicí přístroj Mahr Perthometer M2
Příloha 6 Výsledky měření profilometru Mahr Perthometer M2
Příloha 7 Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj
Příloha 8 Nástroje od firmy ISCAR
Příloha 9 Tab. Přiřazení hodnot Ra k průměrům a ke stupni přesnosti
lícování.
Příloha 10 Soustava tolerancí a uložení ISO
Příloha 11 Toleranční pole děr

Příloha 2 Výstupní měřící protokol ze CNC 3D Wenzel - Typ LH 87

0134 72 100003

Měření: 8 /

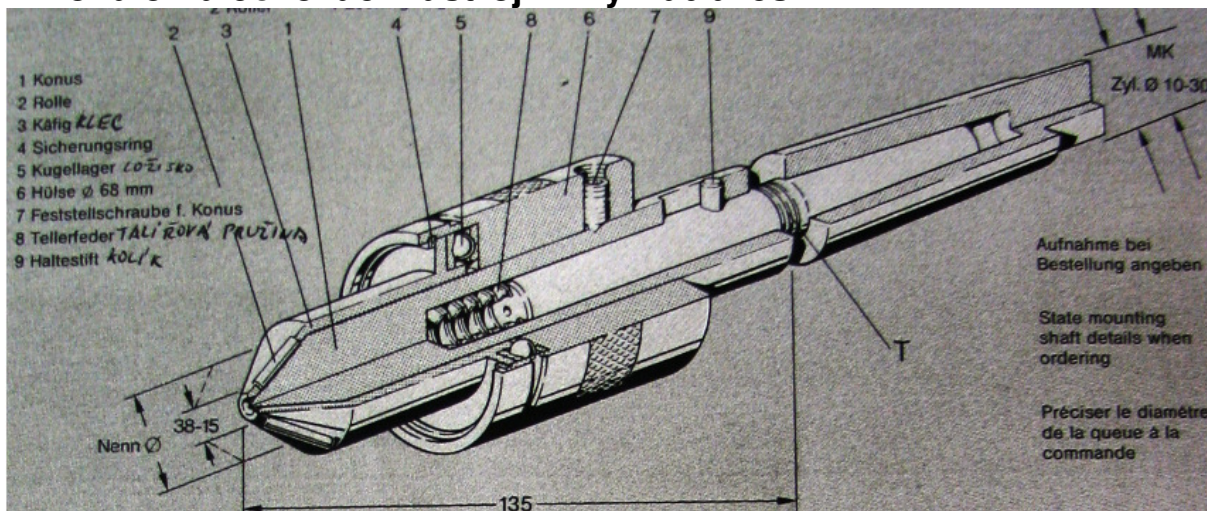
Inspection Report

Drawing: Teleso prev. skrine
 Comment:
 TMP: 10
 Measure: 8 /
 Operator: PH
 Datum:



Č.	Vlastnost	Nom. hod.	HMR	DMR	Naměřeno	Odchylka	Využití
13	Rovinnost	0.000	t= 0.010		0.013	0.013	134% 0.003
14	Tolerance rovnoběžnosti	0.000	t= 0.010		0.018	0.018	182% 0.008
15	Tolerance pravouhlosti	0.000	t= 0.010		0.001	0.001	13% 0.000
16	Průměr	P 55.000	0.046	0.000	P 55.030	0.030	31% 0.000
17	Průměr	P 90.000	0.004	-0.018	P 89.988	-0.012	-45% 0.000
18	Průměr	P 120.000	0.004	-0.018	P 119.983	-0.017	-87% 0.000
19	Průměr	P 130.000	0.003	-0.015	P 129.988	-0.012	-69% 0.000
20	Průměr	P 120.000	0.002	-0.013	P 119.982	-0.018	-167% -0.005
21	Průměr	P 15.000	0.018	0.000	P 15.010	0.010	17% 0.000
22	Vektorová pozice [Z]	Z 304.000	0.000	0.000	Z 303.977	Z -0.023	0% 0.000
23	Vektorová pozice [Z]	Z 304.000	0.000	0.000	Z 303.967	Z -0.033	0% 0.000
24	Vektorová pozice [X]	X 187.000	0.000	0.000	X 187.017	X 0.017	0% 0.000
25	Vektorová pozice [X]	X 187.000	0.000	0.000	X 187.015	X 0.015	0% 0.000
26	Vzdálenost přímka - přímka [R]	r 133.000	0.019	-0.019	r 132.977	r -0.023	-122% -0.004
27	Vzdálenost přímka - přímka [R]	r 133.000	0.019	-0.019	r 132.983	r -0.017	-90% 0.000
28	Vzdálenost přímka - přímka [R]	r 113.000	0.050	-0.050	r 112.996	r -0.004	-8% 0.000
29	Vzdálenost přímka - přímka [R]	r 113.000	0.050	-0.050	r 112.996	r -0.004	-8% 0.000
30	Tolerance rovnoběžnosti	0.000	t= 0.010		0.024	0.024	242% 0.014
31	Tolerance rovnoběžnosti	0.000	t= 0.010		0.003	0.003	33% 0.000
32	Tolerance rovnoběžnosti d	0.000	t= 0.010		0.012	0.012	119% 0.002
33	Tolerance rovnoběžnosti d	0.000	t= 0.050		0.008	0.008	17% 0.000
34	Tolerance sousosti	0.000	t= 0.020		0.008	0.008	38% 0.000
35	Tolerance sousosti	0.000	t= 0.020		0.007	0.007	36% 0.000
36	Tolerance sousosti	0.000	t= 0.020		0.002	0.002	8% 0.000
37	Tolerance sousosti	0.000	t= 0.020		0.005	0.005	27% 0.000
38	Tolerance sousosti	0.000	t= 0.050		0.002	0.002	5% 0.000
39	Tolerance sousosti	0.000	t= 0.050		0.006	0.006	12% 0.000

Příloha 3 Válečkovací nástroj firmy Baublies



Obr. Schéma válečkovacího nástroje IRG-K-3

1. Kužel
2. Váleček
3. Klec
4. Pojistný kroužek
5. kuličkové ložisko
6. Pouzdro
7. zajišťovací šroub pro kužel
8. Talířová pružina
9. Upevňovací kolík

Technické data:

Počet válečků: 3

Materiál válečků: SK

Dovolený tlak: 1 až 3 dělicí rysky

Doba válečkování: 1 až 2 sec.

Hodnota Rz před válečkováním: 5-15 μ m

Rozsah průměrů: \varnothing 17-38/56°36'

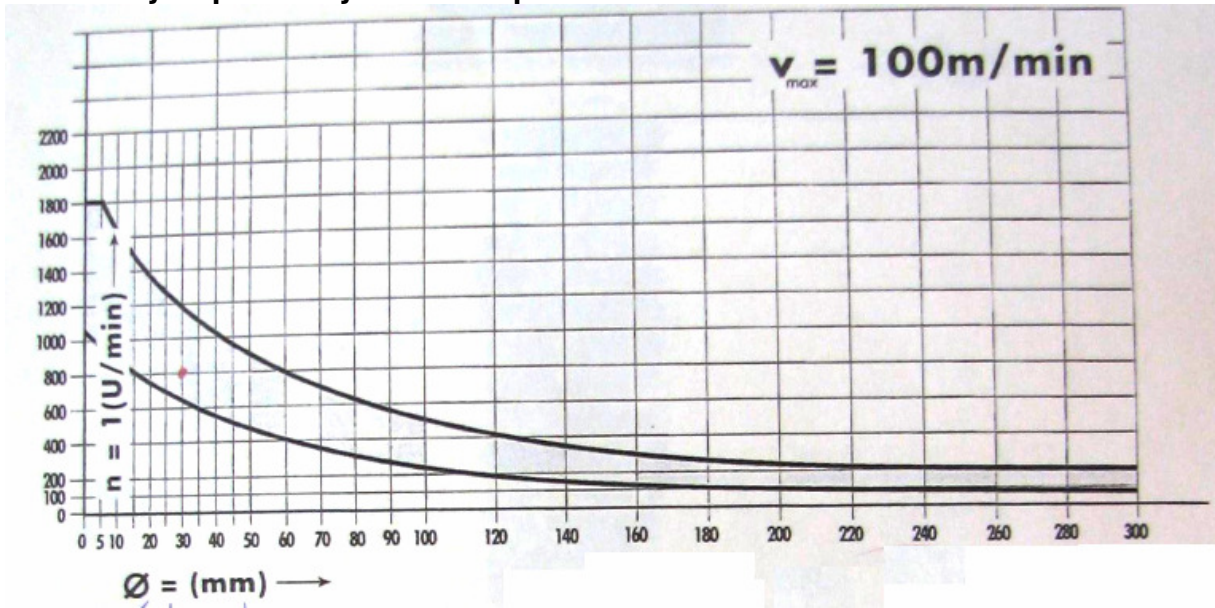
Výrobní číslo: 50-396-00; No: 0818790

Typ otvoru: vnitřní kužel 60° – 90° – 120° ?

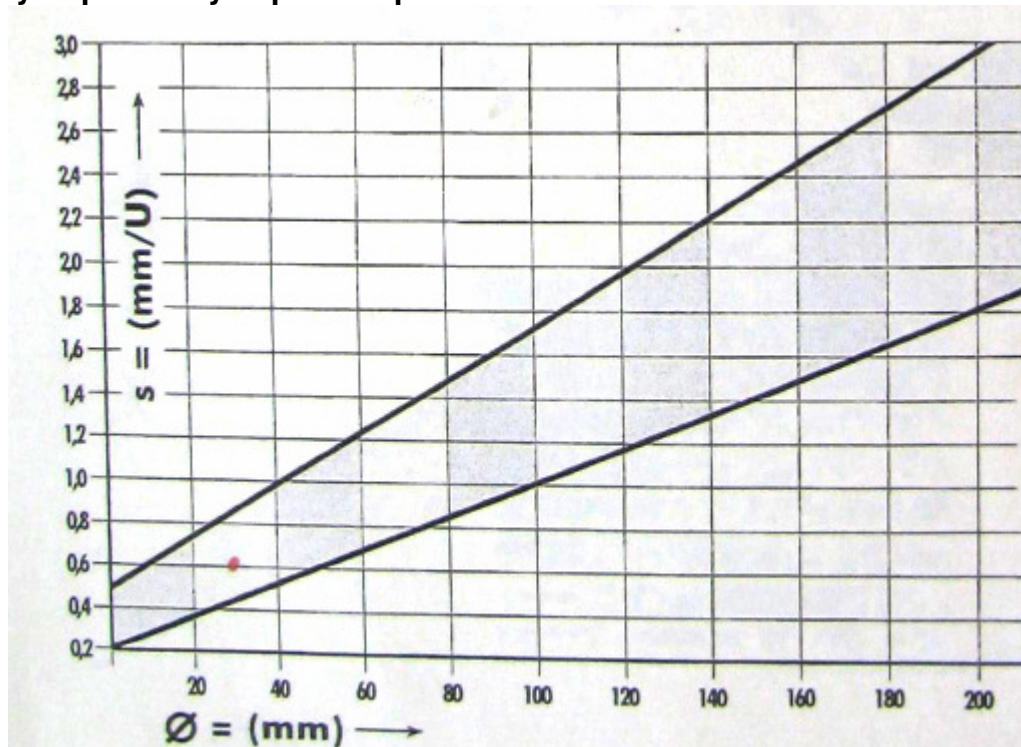
Výdrž válečků: přibližně 15 000 ks

Příloha 4 Grafy volby otáček a posuvů pro válečkování

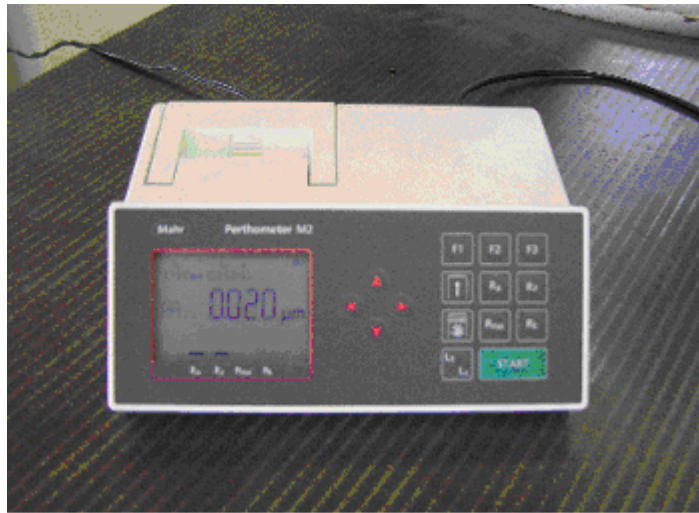
Graf volby doporučených otáček pro válečkování



Graf volby doporučených posuvů pro válečkování



Příloha 5 Měřicí přístroj Mahr Perthometer M2



Parametry přístroje:

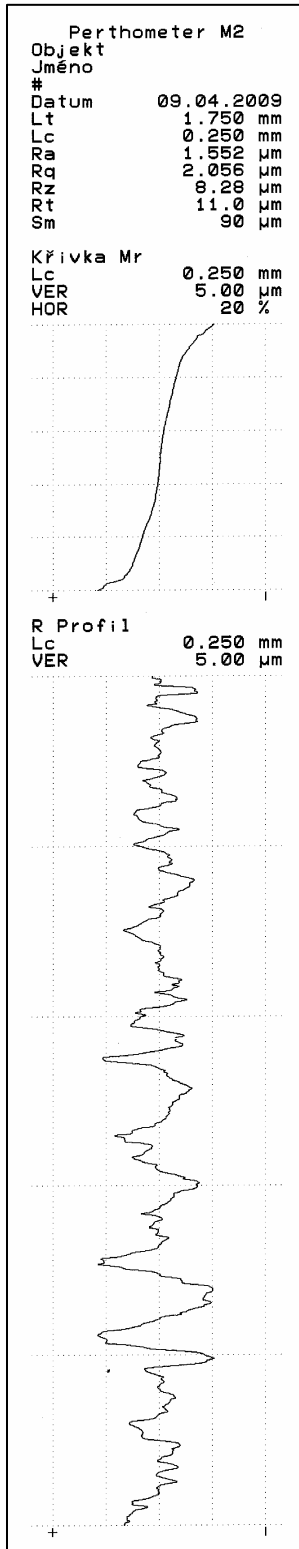
- Měřicí rozsah do 150 μm (6000 μin)
- Měrná jednotka $\mu\text{m}/\mu\text{in}$ volitelně
- úhel diamantového kužele 90°
- poloměr hrotu snímače 2 μm
- Standards: DIN/ISO/JIS a CNOMO (Motif) volitelně
- Snímaná délka dle DIN EN ISO 4288/ASME B461: 1,75 mm; 5,6 mm; 17,5 mm (0,07 in; 0,22 in; 0,7 in); a dle EN ISO 12085: 1 mm; 2 mm; 4 mm; 8 mm; 12 mm; 16 mm
- dílní měřené délky nastavitelné 1 do 5
- Automatický výběr filtrů a snímané délky odpovídající standardů
- Cut-off 0,25 mm/0,8 mm/2,5 mm (0,01 in/0,032 in/0,100 in)
- Zmenšený cut-off volitelně
- Parametry dle DIN/ISO/SEP: Ra, Rz, Rmax, Rp, Rq, Rt, R3z, Rk, Rvk, Rpk, Mr1, Mr2, Mr, Sm, R_{Pc}; as per JIS: Ra, Rz, Ry, Sm, S, tp; Motif Parameters: R, Rx, Ar, W
- Tolerance jsou ukazovány na displeji a zaznamenávány
- Automatické nebo manuální nastavení měřítka
- Tisk R-profilu (ISO/JIS), P-profil (Motif),
- Datový výstup měřených hodnot vč. času
- Integrovaná paměť pro 200 naměřených hodnot
- Dynamická kalibrace
- Blokování nastavení proti nechtěnému zásahu s možností ochrany

Příloha 6 Výsledky měření profilometru Mahr Perthometer M2

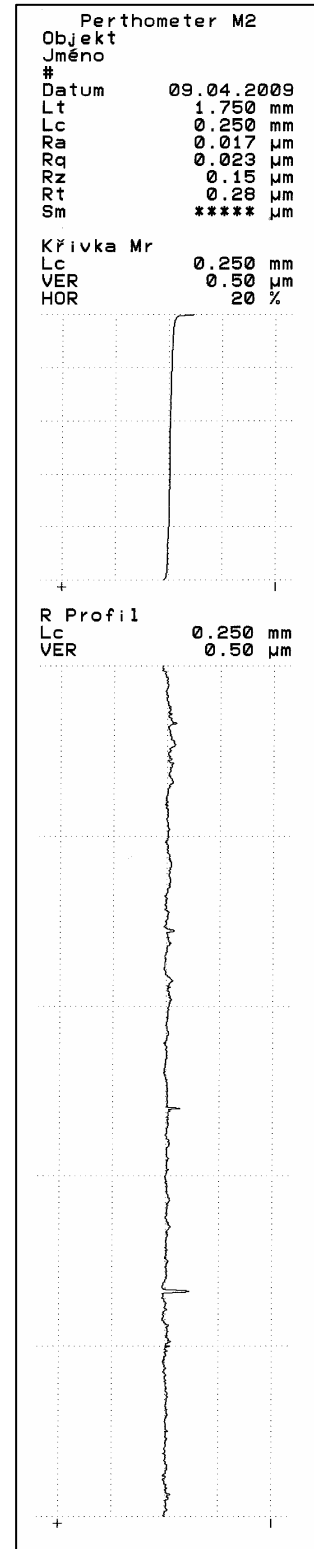
a) měření po soustružení

b) měření po válečkování

a)



b)



Příloha 7 Horizontální frézovací a vyvrtávací stroj WH 10 CNC str.1/2



HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE

Ø pracovního vřetena	<i>mm</i>	100
Upínací kužel pracovního vřetena		ISO 50
Výsuv pracovního vřetena (W)	<i>mm</i>	630
Programovatelné otáčky pracovního vřetena	<i>min⁻¹</i>	10–1 800
Výkon hlavního motoru (při provozu S2)	<i>kW</i>	20,0
Příčné přestavení stolu (X)	<i>mm</i>	1 250
Svislé přestavení vřeteníku (Y)	<i>mm</i>	1 120
Podélné přestavení stolu (Z)	<i>mm</i>	940
Upínací plocha stolu	<i>mm</i>	1 000 x 1 120
Maximální hmotnost obrobku	<i>Kg</i>	3 000
Pracovní posuvy (X, Y, Z, W)	<i>mm.min⁻¹</i>	4–2 500
Rychloposuv (X, Y, Z, W)	<i>mm.min⁻¹</i>	6 500
Rychloposuv otáčení stolu (B)	<i>min⁻¹</i>	2
Celkový příkon stroje	<i>kVA</i>	50,0
Půdorysná plocha stroje	<i>mm</i>	7 200 x 3 620
Výška stroje	<i>mm</i>	3 340
Hmotnost stroje	<i>kg</i>	13 400

Příloha 7

UŽITÍ STROJE

Str.2/2

Vodorovná vyvrtávačka WH 10 CNC je stroj v klasickém provedení s výsuvným vřetenem, pevným stojanem a křížově přestavitelným otočným stolem. Vyvrtávačka je určena pro přesné souřadnicové vrtání, vyvrtávání a frézování středně velkých obrobků z litiny, ocelolitiny a oceli. Stroj je řízen souvislým řídicím systémem Heidenhain TNC 426 a vybaven servopohony Siemens. Řízeny jsou 4 lineární osy (X, Y, Z, W), polohovací stůl (osa B) a vřeteno (C). Stroj je vhodný pro kusovou i sériovou výrobu a umožňuje užití i náročných technologických programů.

NORMÁLNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ

Mazací lis A 140
Vodící příruba VP 10 CNC
Nástavec pro upnutí nástroje (15 ks)
Vytěrák kuželové dutiny vřetena
Pracovní osvětlení
Sada nářadí k obsluze
Průvodní technická dokumentace
Kotevní materiál KM 10

ZVLÁŠTNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ

Zařízení pro chlazení nástrojů CHZ 10
Frézovací přístroj vertikální FP 40–WH 10
Frézovací přístroj univerzální UFP 40–WH 10
Upínací kostka UK 500
Upínací úhelníky UU 800, 950, 1120
Otočný upínací stůl ISD 50 (Ø 500 mm)
Sada redukcí ISO 50/MORSE
Sada nářadí s kuželovou stopkou ISO 50

JINÉ PROVEDENÍ STROJE

S úpravami vyplývajícími z požadavků jiných norem
Elektrická výzbroj pro jiné hodnoty než 400 V, 50 Hz

Příloha 8

Nástroje od firmy ISCAR

Vrták DR027-108-32-09-4D-N

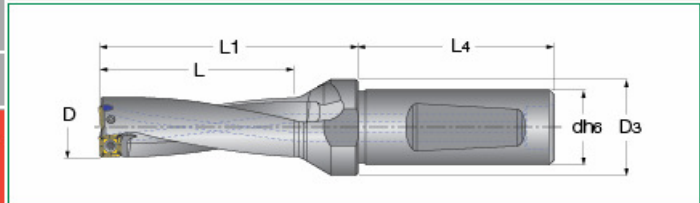


Fast Accurate HOLE MAKING 0.8mm - 80mm
For ISCARDRILL click here

www.iscar.com

Hole Making Family: DR-4D-N (Dia 14-44) DR indexable square inserts drills with coolant holes. Drilling depth - 4xD. Designation: DR027-108-32-09-4D-N

Search Path



Reset

Hole Making

Main Application

D	L	L1	D max !	L4	d	D3
27.00	108.0	140.0	30.50	58.0	32.00	42.00

Drilling

Catalog No	Primary View File (2D)	Auxiliary View File (2D)	Model (3D)	Remark
3201459	DXF	Not Available	Not Available	Hole tolerance: D+0.20/-0.05 in average conditions.

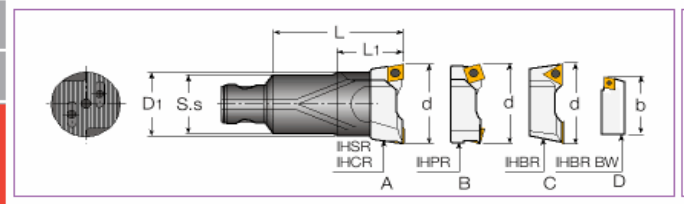
Sub Application

Hrubovací vyvrtávací hlava

www.iscar.com

BHR MB : Rough boring heads for 18-200 mm diameter range used on the MB modular boring system.

Search Path



Reset

Boring

Main Application

ITS-BORE system

Designation	S.s	d min	d max	D1	L	L1	Kg
BHR MB20-20X40 !	MB20	22.0	28.0	20.0	40.00	-	0.11
BHR MB25-25X50 !	MB25	28.0	38.0	25.0	50.00	-	0.18
BHR MB32-32X63 !	MB32	36.0	50.0	32.0	63.00	-	0.36

Dokončovací vyvrtávací hlava

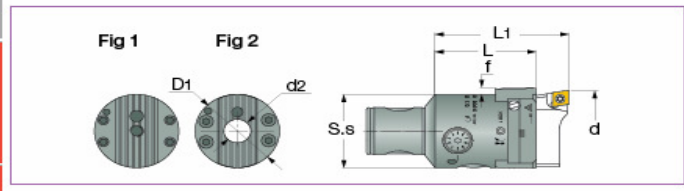
www.iscar.com

ITSBORE

Search Path

BHF MB16-MB50 Dia 18-108 : Fine boring head used on the MB modular boring system.

Reset



Boring

Main Application

ITS-BORE system

Designation	S.s	d min	d max	D1	L	L1	f	d2	Fig	Kg
BHF MB16-16X34 RV	MB16	18.0	23.0	16.0	26.00	34.0	1.0	-	1	0.11
BHF MB20-20X40 RV	MB20	22.0	29.0	20.0	31.50	40.0	2.0	-	1	0.16
BHF MB25-25X50 !	MB25	28.0	38.0	25.0	40.00	50.0	2.0	-	1	0.23
BHF MB32-32X63 !	MB32	35.5	50.0	32.0	51.50	63.0	3.0	-	1	0.43

Příloha 9

Tab. Přirazení hodnot Ra k průměrům a ke stupni přesnosti lícování.

Průměr	Stupeň přesnosti lícování							
	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	Hodnota střední aritmetické odchytky profilu (Ra)							
1-3	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25
3-6								
6-10	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
10-18								
18-30	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100
30-50								
50-80	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200
80-120								
120-180	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	400
180-250								
250-315	6,3	12,5	25	50	100	200	400	800
315-400								
400-500	12,5	25	50	100	200	400	800	1600

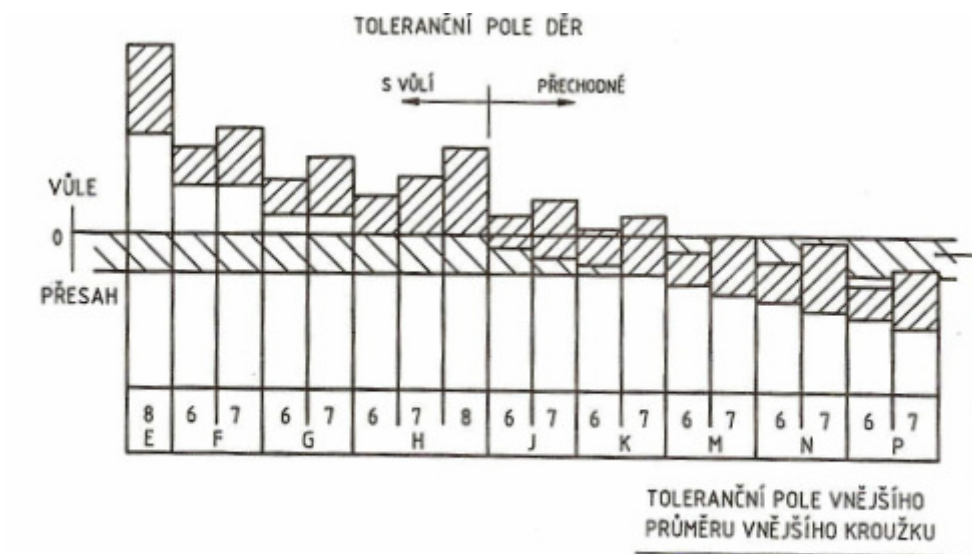
Příloha 10 Soustava tolerancí a uložení ISO

Základní tolerance		Rozměry v mm									
Jmenovité rozměry v mm		Toleranční stupně									
		IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8
		Podle zvláštních vztahů						7 i	10 i	16 i	25 i
přes	do	Číselné hodnoty základních tolerancí ISO									
		μm									
	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97

Jmenovité rozměry v mm		Toleranční stupně									
		IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
		40 i	64 i	100 i	160 i	250 i	400 i	640 i	1000 i	1600 i	2500 i
přes	do	Číselné hodnoty základních tolerancí ISO									
		μm					mm				
	3	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00	1,40
3	6	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80
6	10	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50	2,20
10	18	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70
18	30	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10	3,30
30	50	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50	3,90
50	80	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60
80	120	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50	5,40
120	180	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30
180	250	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60	7,20
250	315	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,20	8,10
315	400	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,60	5,70	8,90
400	500	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,30	9,70

Tolerančních stupňů 14 až 18 včetně se nepoužívá u rozměrů do 1mm.

Příloha 11 Toleranční pole děr



Obr.1 (pokračování) – Rozložení tolerančních polí uložení ložisek v díře tělesa.