



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ROTAČNÍ UPÍNACÍ ELEMENTY PRO OBRÁBĚCÍ STROJE

ROTARY CLAMPING ELEMENTS FOR MACHINE TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Čech

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2021

Zadaní bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Michal Čech
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Milan Kalivoda
Akademický rok:	2020/21

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

Rotační upínací elementy pro obráběcí stroje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Možnosti využití obráběcích strojů úzce souvisí s jejich příslušenstvím. Rotační upínací elementy tvoří rozsáhlou oblast, ze které lze pro konkrétní výrobu vybrat vhodné elementy. Katalogy světových výrobců nářadí nabízejí ucelené stavebnice, kde lze elementy různě kombinovat.

Cíle bakalářské práce:

- Přehled obráběcích strojů
- Přehled obráběcích procesů
- Využití rotačních upínacích elementů
- Volba konkrétního výrobku
- Sestavení TPV dokumentace
- Zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

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

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. P. 651. ISBN 0-19-514206-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá upínáním rotačních nástrojů na obráběcích strojích. Popisuje základní principy jednotlivých obráběcích procesů. Dále se zaměřuje na rozdělení a popis obráběcích strojů. V práci jsou představeny hlavní způsoby upínání nástrojů do rotačních upínacích elementů a způsoby upínání těchto elementů do vřetene obráběcího stroje. V závěru řešeného tématu je pro zvolený výrobek sestavena technická příprava výroby, skládající se z technologického postupu a rozboru nástrojových sestav, s využitím konkrétních rotačních upínacích elementů a nástrojů.

Klíčová slova

Obrábění, obráběcí stroj, upínání nástrojů, rotační upínací element.

ABSTRACT

The bachelor thesis explores clamping of rotary tools of machine tools. It describes basic principles of individual machining processes. It also focuses on the division and description of machine tools. The thesis presents the main methods of clamping tools to rotary clamping elements and methods of clamping these elements to the spindle of the machine tool. At the end of the thesis, the technical preparation of production is compiled for the selected product, consisting of the technological process and analysis of tool assemblies, using specific rotary clamping elements and tools.

Key words

Machining, machine tool, tool clamping, rotary clamping element.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČECH, Michal. Rotační upínací elementy pro obráběcí stroje [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132605>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Rotační upínací elementy pro obráběcí stroje** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

20. 5. 2021

Datum

Michal Čech

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ	4
PODĚKOVÁNÍ	5
OBSAH	6
ÚVOD.....	8
1 PŘEHLED OBRÁBĚCÍCH PROCESŮ.....	9
1.1 Soustružení	9
1.2 Frézování.....	10
1.3 Vrtání.....	11
1.4 Broušení	13
1.5 Hoblování a obrážení.....	13
1.6 Protahování a protlačování.....	14
2 PŘEHLED OBRÁBĚCÍCH STROJŮ	15
2.1 Rozdělení podle konstrukce	15
2.1.1 Soustruhy.....	15
2.1.2 Frézky	16
2.1.3 Vrtačky a vyvrtávačky	17
2.1.4 Hoblovky, obrážečky a protahovačky.....	18
2.1.5 Brusky	19
2.1.6 Speciální obráběcí stroje.....	19
2.1.7 Obráběcí centra	20
2.2 Rozdělení podle způsobu řízení	22
2.2.1 Univerzální obráběcí stroje	22
2.2.2 Poloautomatické a automatické obráběcí stroje.....	22
2.2.3 NC, CNC obráběcí stroje	22
3 VYUŽITÍ ROTAČNÍCH UPÍNACÍCH ELEMENTŮ	24
3.1 Rozdělení dle způsobu upnutí rotačního upínacího elementu do vřetene ...	24
3.2 Rozdělení dle způsobu upnutí nástroje do rotačního upínacího elementu ..	28
3.3 Využití rotačních upínacích elementů u univerzálních obráběcích strojů ...	34
3.4 Využití rotačních upínacích elementů u CNC obráběcích strojů	36
4 VOLBA VÝROBKU	39
5 TPV DOKUMENTACE	40
5.1 Technologický postup	40
5.2 Rozbor nástrojových sestav.....	41

5.3 Technicko-ekonomické zhodnocení	42
ZÁVĚR	43
Seznam použitých zdrojů	44
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	48
SEZNAM PŘÍLOH.....	49

ÚVOD

V oblasti obrábění lze sledovat významné technologické pokroky a všechna odvětví této technologie jsou neustále ve vývoji. Rozmanitá skupina obrábění zahrnuje mnoho obráběcích procesů. V návaznosti na tyto procesy existují obráběcí stroje, na kterých se dané operace provádějí. Prudký vývoj zasáhl zejména stroje, jejichž chod je v dnešní době často plně automatizován a umožňují provádět více obráběcích operací za krátké časy. Přestože převládá výroba na CNC strojích, poloautomatické a univerzální stroje mají stále svůj význam zejména v kusové výrobě. Bakalářská práce obsahuje přehled a rozdělení jednotlivých obráběcích procesů a strojů.

Významnou roli v kvalitním a produktivním obrábění hraje správná volba nejen obráběcího stroje a nástroje, ale i upínacího elementu. Jedině s pomocí přesného a pevného upnutí nástroje je možné naplno využít potenciál moderních, výkonných a přesných obráběcích strojů. Kvalita upnutí se projevuje nejen na kvalitě výrobku, ale i na životnosti nástroje, což výrazně ovlivňuje náklady, proto jsou na upínače kladeny vysoké požadavky. Rotační upínací element musí vyvíjet dostatečně velkou upínací sílu, zajišťovat vysokou tuhost a přesnost upnutí, přenášet vysoké krouticí momenty a minimum vibrací. Házení je nežádoucí příčinou opotřebení nástroje. Moderní upínače způsobují velmi malé házení a zajišťují tak kvalitní spolehlivé upnutí. S upínacími elementy je potřeba snadno a rychle manipulovat, proto se klade důraz na jednoduchost provedení a rychlost výměny upínače i nástroje.

Na trhu se vyskytuje velmi široká nabídka rotačních upínacích elementů a jejich rozmanitost stále roste. Volba upínacího elementu záleží na konkrétních požadavcích zákazníka. Rotační upínací elementy se rozdělují podle způsobu upnutí do vřetene a podle způsobu upnutí nástroje do upínače. Dále lze rozlišovat rotační upínací elementy používané u univerzálních obráběcích strojů a upínače používané u CNC strojů, kde roste nabídka i poháněných nástrojových upínačů.

Téma je zaměřeno na praktický příklad využití rotačních upínacích elementů, jako součást nástrojové sestavy při výrobě zvoleného výrobku. Výroba se skládá z několika obráběcích procesů, popsaných v technologickém postupu. Pro každou operaci je sestavena odpovídající nástrojová sestava.

Bakalářská práce se zabývá rotačními nástrojovými upínači (obr. 1.1), nikoli upínáním obrobků, kde se jako rotující prvek může vyskytovat např. sklíčidlo.

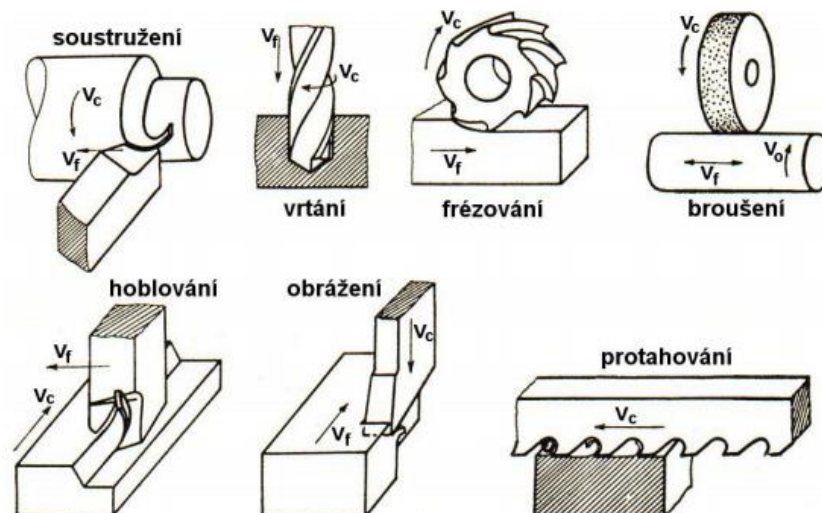


Obr. 1.1 Ukázky rotačních upínačů (zleva kleštinový upínač HSK, frézovací trn pro nástrčnou frézu ISO, tepelný upínač Capto) [1; 2; 3].

1 PŘEHLED OBRÁBĚCÍCH PROCESŮ

Technologie obrábění patří mezi nejdůležitější výrobní metody strojírenské technologie. Používá se pro výrobu strojírenských součástí. Tato výrobní metoda je založena na silovém působení nástroje na obráběný materiál. Technologie obrábění je nejrozšířenější způsob, kterým se zpracovávají hutní polotovary.

Obrábění je technologický proces, kterým vytváříme povrchy obrobku určitých tvarů, rozměrů a jakosti odebráním částic materiálu obrobku břitem nástroje. Významnou roli k dosažení čisté obrobené plochy, přesných rozměrů a odvodu tepla z rezné zóny hraje utváření, odchod, příp. lámání oddělovaných částic - třísek. Obráběcí proces zahrnuje aplikaci prakticky všech přírodních, ekonomických i společenských vědních disciplín. Výzkumy v oblasti technologie obrábění se zabývají rozvojem poznatků o procesu obrábění, zvyšování výkonnosti rezných nástrojů, inovacích, modernizaci a automatizaci obráběcích strojů apod. Jednotlivé obráběcí procesy (obr. 1.2) se liší způsobem pohybu nástroje a obrobku. [4; 5]

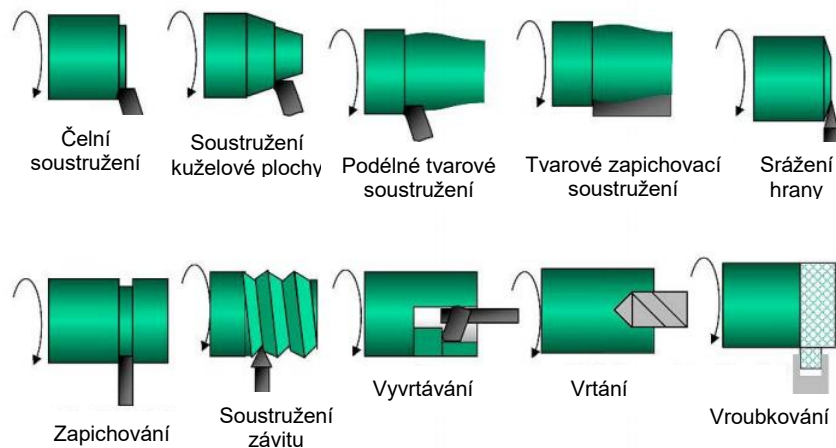


Obr. 1.2 Vybrané obráběcí metody (v_c – rezná rychlost, v_f – rychlost posuvu) [6].

1.1 Soustružení

Soustružení je obráběcí metoda využívána pro zhotovení součástí rotačních tvarů. Při soustružení se většinou používají jednobřité nástroje různého provedení. Jedná se o jednu z nejpoužívanějších obráběcích operací. Na soustruzích lze obrábět válcové, kuželové, kulové, i obecné rotační plochy, rovinné plochy i závit. Kromě soustružení lze na soustruzích provádět další operace (obr. 1.3) jako vrtání, vyvrtávání, vyhrubování, vystružování, řezání závitů, vroubkování, válečkování, apod. [4; 7]

Hlavním pohybem při soustružení je rotační pohyb obrobku. Nástroj koná vedlejší pohyby – podélný posuv, rovnoběžný s osou rotace obrobku, a příčný posuv, kolmý k ose obrobku. Podélným posuvem vzniká válcová plocha, příčným posuvem vzniká čelní rovinná plocha. Při kombinaci těchto posuvů vzniká obecná rotační plocha. Mezi další pohyby nástroje patří přísuv, tímto pohybem se nastavuje požadovaná šířka záběru ostří před začátkem obrábění.



Obr. 1.3 Základní soustružnické operace [6].

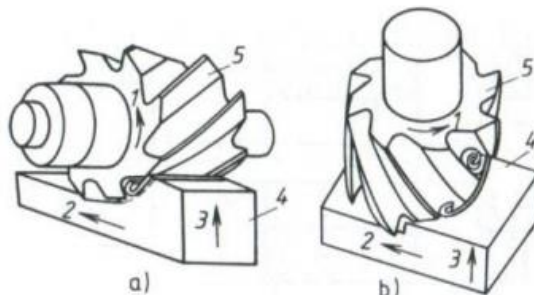
Na základě požadovaných vlastností a vstupních parametrů obrobku (materiál obrobku, materiál břitu rezného nástroje, chlazení apod.) je nutno zvolit vhodné řezné podmínky. Je vhodné se řídit doporučeními výrobců, uváděnými v katalogích a příručkách. Nástroje pro soustružení jsou uvedeny v Příloze 1. [7; 8]

Mezi rotující prvky na soustružnických strojích patří elementy upínající obrobek do vřetene, soustružnické nože konající obvykle posuvný pohyb se upínají do nástrojových hlav. Téma bakalářské práce se zaměřuje na rotační upínací elementy, které se vyskytují u poháněných nástrojových upínačů na CNC soustruzích.

1.2 Frézování

Frézování je obráběcí metoda, při které je materiál obrobku odebírán břity rotujícího nástroje. Při frézování koná nástroj hlavní řezný pohyb (rotační) a obrobek koná pohyb posuvný (obvykle přímočarý), převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou možné posuvné pohyby ve všech směrech (víceosé frézky, obráběcí centra).

Nástroj nazývaný fréza je obvykle vícebřitý. Řezný proces je přerušovaný, jednotlivé zuby nástroje postupně vcházejí a vycházejí z materiálu a odebírají třísku proměnného průřezu. Z technologického hlediska se rozlišují dva základní způsoby frézování: frézování válcové a frézování čelní (obr. 1.4).



Obr. 1.4 Princip frézování: a) válcové frézování, b) čelní frézování (1 – hlavní řezný pohyb, 2 – vedlejší posuv. pohyb, 3 – vedlejší přísuv. pohyb, 4 – obrobek, 5 – fréza) [9].

Válcové frézování se využívá při práci s válcovými a tvarovými frézami. Při frézování válcovou frézou řeže fréza zuby pouze po obvodu. V závislosti směru otáčení frézy vůči směru posuvu je frézování rozdělováno na nesousledné a sousledné.

Čelní frézování se využívá při práci s čelními frézami. Při čelním frézování řeže fréza současně zuby na obvodě i na čele. Fréza pracuje současně sousledně i nesousledně.

Podobně jako u soustružení je volba řezných podmínek závislá na vlastnostech stroje, nástroje (Příloha 1), obrobku a dalších požadovaných aspektech. Doporučuje se řídit katalogy a příručkami výrobců. [4; 7]

Rotační upínací elementy se využívají zejména na frézkách, kde upnutí rotačních nástrojů do vřetene stroje vyžaduje spolehlivý upínač splňující mnoho požadavků. Tyto upínací elementy jsou podrobněji rozebrány v následujících kapitolách.

1.3 Vrtání

Vrtání je způsob obrábění, který se používá ke zhotovování válcových děr v obrobku při použití řezných nástrojů (obr. 1.5). Tento pojem obrábění zahrnuje také další způsoby obrábění, jako vystružování, vyhrubování, zahlubování, vyvrtávání, ale také např. válečkování. Společným znakem těchto způsobů je rotační pohyb nástroje, případně obrobku, společně s přímočarým pohybem nástroje, respektive obrobku. Ve většině případů se používají vícebřitvé nástroje (Příloha 1). [7; 8]

Vrtáky se upínají do rotačních upínacích elementů v podobě např. tříčelistového sklíčidla, nebo přímo do vřetene přes Morse kužel.



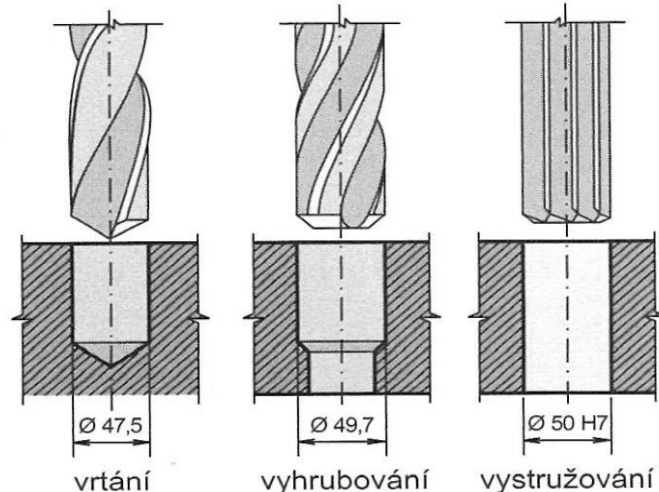
Obr. 1.5 Schéma vrtání (D – průměr vrtáku) [10].

Vyhrubování, vystružování a zahlubování

Při vyšších požadavcích na přesnost a kvalita povrchu díry po vrtání se používají dokončovací metody – **vyhrubování a vystružování** (obr. 1.6). Díry do průměru 10 mm se pouze vystružují, větší díry se nejdříve vyhrubují a pak vystružují.

Zahlubování je operace, kterou se rozšiřuje vyvrtaná díra (např. pro zapuštění hlavy šroubu).

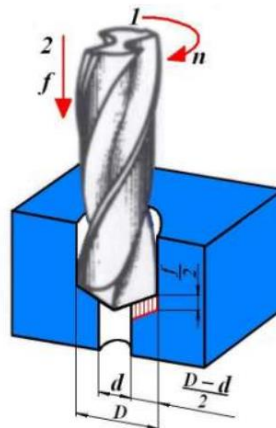
Tyto operace se provádějí většinou na vrtačkách, kde hlavní řezný pohyb (rotační) i posuv ve směru osy díry vykonává převážně nástroj (Příloha 1) upnutý do vřetene podobným způsobem jako vrtáky nebo frézy. [4; 7]



Obr. 1.6 Vrtání, vyhrubování a vystružování [11].

Vyvrtávání

Vyvrtávání je metoda obrábění, při níž se zvětšují díry kruhového průřezu (obr. 1.7), vytvořené vrtáním, tvářením, předlitím, předkováním apod. Metoda se používá pro hrubování i pro práci na čisto. Lze obrábět díry průchozí i neprůchozí.



Obr. 1.7 Vyvrtávání (1 – řezný pohyb, 2 – posuvový pohyb, d – průměr předvrtané díry, D – průměr vrtáku, f – posuv na otáčku) [12].

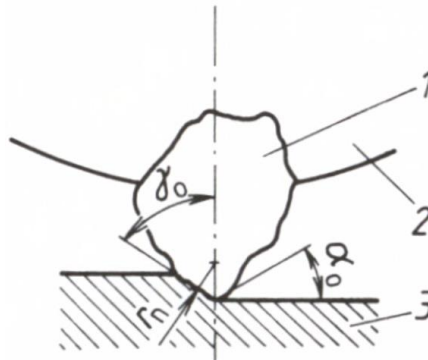
Hlavní řezný pohyb je rotační. Na vodorovných vyvrtávačkách vykonává hlavní pohyb nástroj upnutý ve vřetenu, na soustruzích obrobek. Na soustruzích vykonává posuv nástroj, upnutý v nožové hlavě, na vodorovných vyvrtávačkách může posuv konat buď nástroj vysouváním pinoly s vřetenu, nebo upnutý obrobek na pracovním stole. Typy vyvrtávacích nástrojů jsou uvedeny v Příloze 1. [4; 7]

Způsoby upínání vyvrtávacích nástrojů uvádí Kapitola 3.3.

1.4 Broušení

Broušení je dokončovací metoda používaná pro obrábění rovinných, válcových nebo tvarových vnějších a vnitřních ploch. Nástroje pro broušení mají břity tvořeny zrna tvrdých materiálů, které jsou spojeny pojivem. Broušení se používá pro obrábění součástí s vyššími požadavky na přesnost rozměrů a kvalitu povrchu.

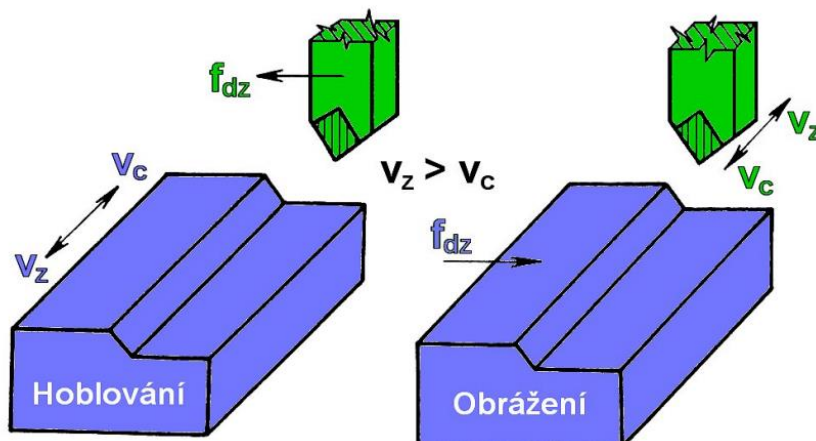
Brousicí proces má podobné základní charakteristiky jako jiné obráběcí procesy, např. frézování. Při broušení dochází k odlišnostem, které souvisí s vlastnostmi brousicího kotouče a reznými podmínkami. Brousicí nástroje obsahují nepravidelně rozmístěna brousicí zrna s různorodou geometrií tvaru (obr. 1.8). Brouší se při vysokých rezných rychlostech (30 až $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a při malých průřezech třísky (10^{-3} až 10^{-5} mm^2). Brousicí kotouče se upínají do upínacích přírub ve vřetení stroje, proto nejsou rotační upínací elementy potřebné. Podrobnosti o brousicích nástrojích a metodách broušení jsou uvedeny v Příloze 1. [13]



Obr. 1.8 Tvar zrna brousicího kotouče (1 – zrno, 2 – brousicí kotouč, 3 – obrobek, α_0 – ortogonální úhel hřbetu, γ_0 – ortogonální úhel čela, r_n – poloměr ostří) [7].

1.5 Hoblování a obrážení

Hoblování a obrážení se používá při obrábění plochých povrchů jednobřitým nástrojem. Při hoblování je hlavní rezný pohyb konán obrobkem, při obrážení nástrojem (obr. 1.9).



Obr. 1.9 Kinematika hoblování a obrážení (f_{dz} – posuvový pohyb, v_c – rezná rychlost, v_z – zpětný pohyb) [6].

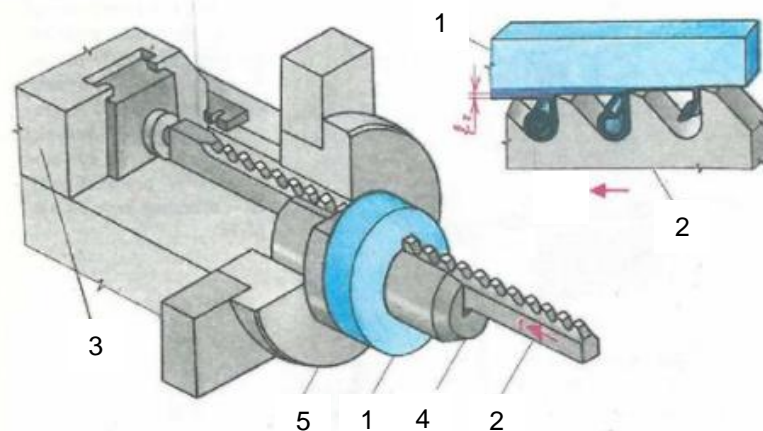
Ke vstupu nástroje do materiálu obrobku dochází při nárazech, nástroj zabírá do plného průřezu třísky. Při zpětném pohybu se tříška neodebírá. V každém dvojzdvihu je pouze jeden zdvih pracovní.

Hoblovací a obrážecí **nástroje** se svojí geometrií podobají soustružnickým nástrojům. Upínají se do nožových držáků, kde nejsou rotační upínací elementy potřebné. Kvůli rázovému namáhání nástroje bývá úhel sklonu ostří záporný a tělesa nástroje robustnější. Nástroj s prohnutou stopkou zabraňuje zaseknutí břitu do obráběné plochy při najetí na tvrdé místo. Nástroje bývají z rychlořezné oceli, s pájenými nebo upínanými břitovými destičkami ze slinutého karbidu (SK). [4; 7]

1.6 Protahování a protlačování

Protahování a protlačování je dokončovací obráběcí metoda, při níž se velmi produktivním způsobem obrábí vnější tvarové plochy nebo tvarové díry. Protahování a protlačování se od sebe liší konstrukcí nástroje, způsobem jeho upnutí a velikostí úběru materiálu. Využívají se zejména v sériové a hromadné výrobě.

Při protahování postupně zabírají zuby protahovacího trnu do obráběného materiálu. Obrobek zpravidla stojí a nástroj se pohybuje řeznou rychlostí. Hlavní řezný pohyb je přímočarý, může být i rotační a vykonává ho nástroj. Vysokou produktivitu má za následek záběr více břitů protahovacího trnu (obr. 1.10).



Obr. 1.10 Schéma protahování (1 – obrobek, 2 – protahovací trn, 3 – smýkadlo, 4 – vodící pouzdro, 5 – upínací hlavice, f_z – posuv na zub)

Protahovat lze po buď vrstvách, nebo postupným protahováním. Kotoučové protahovány slouží k přímému vnějšímu protahování ozubených kol. **Nástroje** pro protahování a protlačování jsou z nástrojových a rychlořezných ocelí. Protahovací trny se zuby osazenými vyměnitelnými břitovými destičkami (VBD) ze slinutého karbidu slouží k obrábění těžkoobrobitelných materiálů. Technologie rotačního protahování používá rotační upínací elementy, které ale mají charakter, než standardní rotační elementy pro ostatní obráběcí technologie. [4; 6; 7]

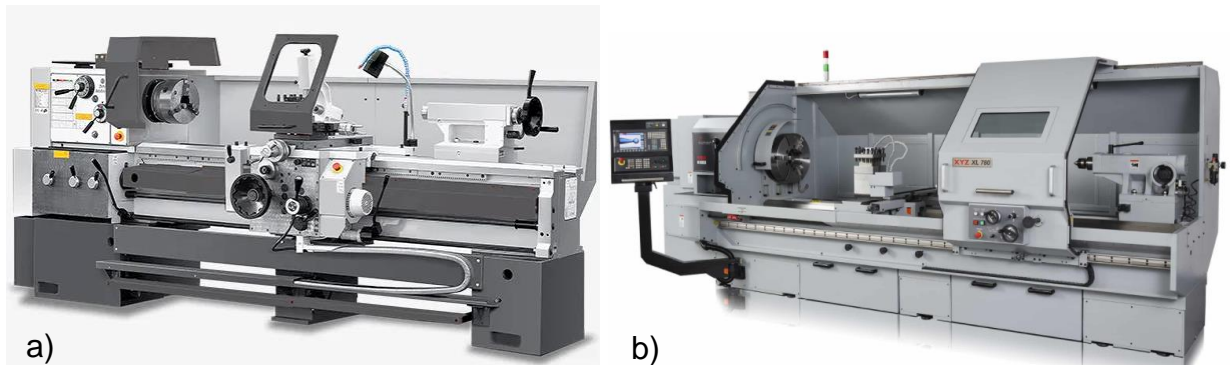
2 PŘEHLED OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

Obráběcí stroj je výrobní stroj, na kterém se obrábí výrobky požadovaných geometrických tvarů pomocí třískového obrábění. Obráběcí stroje lze třídit a kategorizovat mnoha způsoby, dělí se zejména podle konstrukce stroje a podle způsobu řízení jako např. v současné době nejrozšířenější počítačem řízené obráběcí stroje, označované CNC.

2.1 Rozdělení podle konstrukce

2.1.1 Soustruhy

Soustruh je nejrozšířenější typ obráběcího stroje. Na těchto strojích se provádějí soustružnické operace. Soustruhy se dělí na hrotové (obr. 2.1a), čelní, revolverové, svislé a podle stupně automatizace se rozlišují ručně ovládané, automatické, poloautomatické, NC a CNC soustruhy (obr. 2.1b).



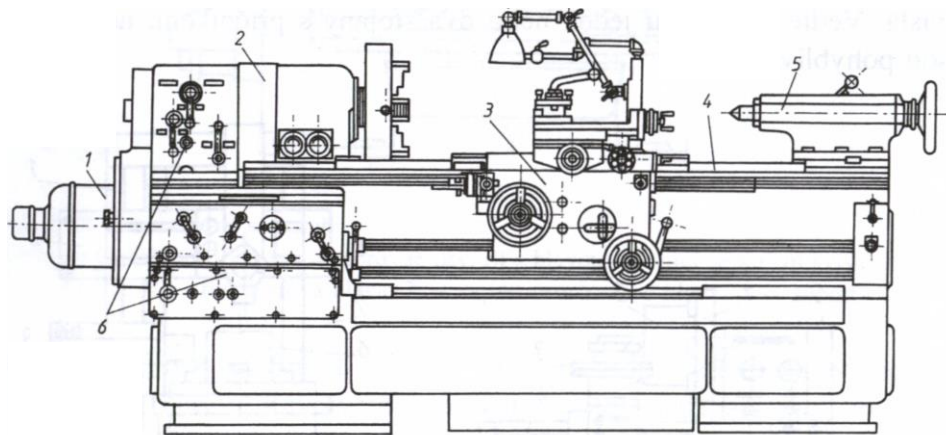
Obr. 2.1 Způsoby řízení soustruhů: a) univerzální soustruh ZMM CU550 firmy STYLE, b) CNC soustruh XL 780 firmy XYZ Machine Tools [14; 15].

Mezi hlavní stavební prvky patří podstavec, lože, suporty, koník, vřeteník, elektromotor a převodovky otáček a posuvů. Ve vřeteníku je uloženo vřeteno na ložiskách. Přes převodovku, tvořenou ozubenými koly, se na vřeteno převádí rotační pohyb. Na vřeteno se upíná sklíčidlo. Koník slouží pro vrtání osových děr a pro podepření delších obrobků. Pomocí suportů je prováděn pohyb nástroje vůči obrobku v podélném i příčném směru po ložích. [7; 16]

Hrotové soustruhy

Hrotové soustruhy jsou používány v kusové a malosériové výrobě zejména pro soustružení hřídelových a přírubových součástí různých rozměrů a tvarů bez náročného seřizování stroje. Vyrábějí se univerzální hrotové soustruhy (obr. 2.2) a jednoduché (produkční) soustruhy. Univerzální hrotové soustruhy umožňují řezat závity závitovým nožem díky vodicímu šroubu. Jednoduché soustruhy se používají zejména pro hrubování, nemají vodicí šroub. [4]

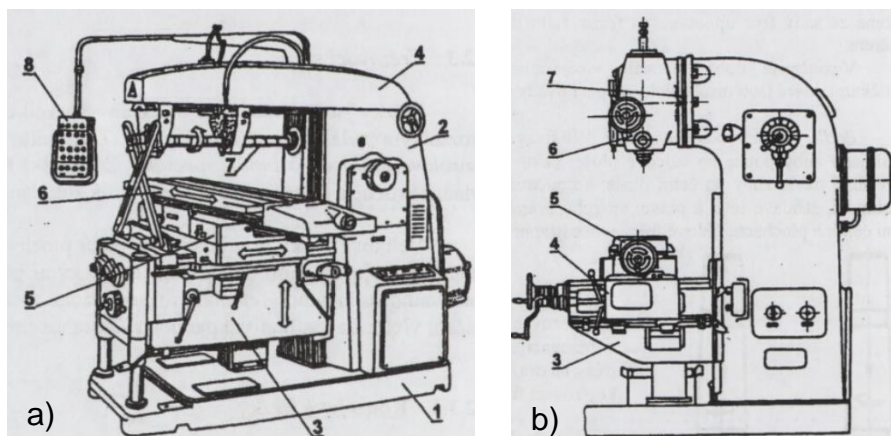
O dalších typech soustruhů, mezi které patří čelní soustruhy, revolverové soustruhy a svislé soustruhy (karusely), pojednává Příloha 2.



Obr. 2.2 Univerzální hrotový soustruh (1 – elektromotor, 2 – vřeteník, 3 – suporty, 4 – lože, 5 – koník, 6 – převodovky) [7].

2.1.2 Frézky

Frézka je obráběcí stroj určený k frézování. Frézky jsou vyráběny v různých velikostech s různým příslušenstvím. Rozdělují se na konzolové (obr. 2.3), stolové, rovinné a speciální.



Obr. 2.3 Druhy frézek: a) vodorovná konzolová frézka (1 – základna, 2 – stojan, 3 – konzola, 4 – rameno, 5 – příčné sáně, 6 – pracovní stůl, 7 – vřeteno, 8 – ovládací panel)
b) svislá konzolová frézka (3 – konzola, 4 – příčné sáně, 5 – pracovní stůl, 6 – naklápěcí vřeteník, 7 – kruhová základna vřeteníku) [4].

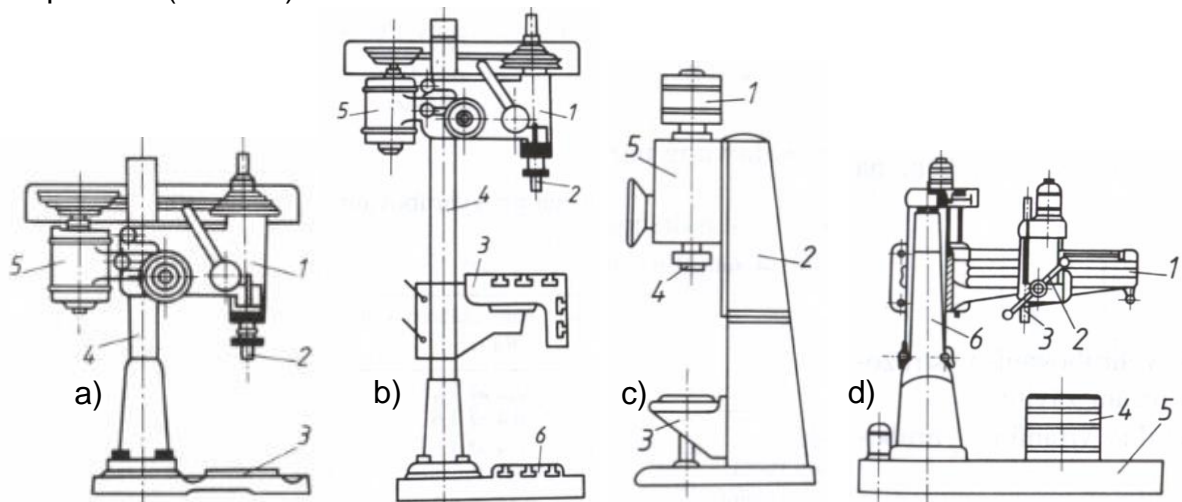
Konzolové frézky

Konzolové frézky patří k nejčastěji používaným frézám. Vyznačují se posuvnou konzolí, posouvající se po stojanu stroje, na které je umístěn pracovní stůl pro upínání obrobku. Stůl se posouvá příčně a podélně. Konzola umožňuje svislý pohyb stolu. Díky šroubům a maticím, zajišťujícím pohyb, je umožněn posuv ve třech osách. Konzolové frézky se vyrábějí ve vodorovném, svislém nebo univerzálním provedení. [7]

Mezi další typy frézek patří stolové frézky, rovinné frézky a další speciální frézky (na ozubení, závity, drážky, apod.), které jsou uvedeny v Příloze 2.

2.1.3 Vrtačky a vyvrtávačky

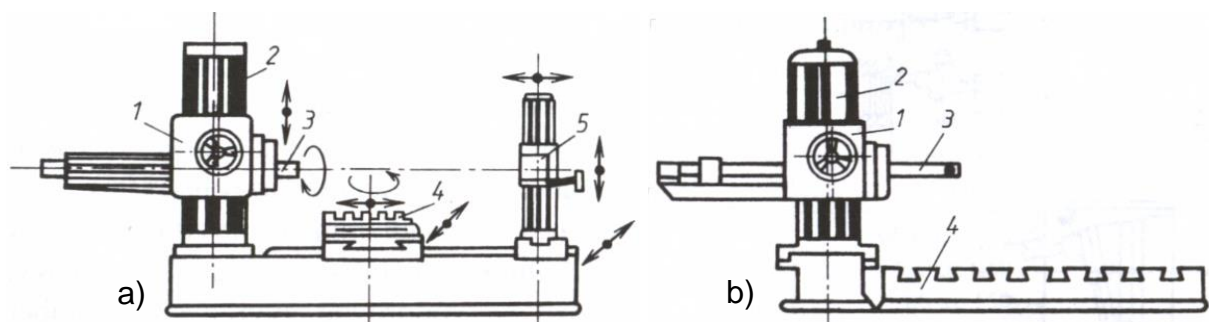
Vrtačky jsou stroje, na kterých se provádí vrtání, vyhrubování, vystružování, zahlubování a řezání závitů. Vřeteno koná hlavní řezný pohyb i posuv. Vrtačky se podle konstrukce dělí na stolní, sloupové, stojanové, radiální, souřadnicové a speciální (obr. 2.4).



Obr. 2.4 Druhy vrtaček: a) stolní vrtačka (1 – vřeteník, 2 – vřeteno, 3 – stůl, 4 – sloup, 5 – motor) b) sloupová vrtačka (1 – vřeteník, 2 – vřeteno, 3 – stůl, 4 – sloup, 5 – motor, 6 – podstavec) c) stojanová vrtačka (1 – motor, 2 – stojan, 3 – pracovní stůl, 4 – vřeteno, 5 – vřeteník) d) radiální vrtačka (1 – rameno, 2 – vřeteník, 3 – vřeteno, 4 – upínací kostka, 5 – základní deska, 6 – sloup) [7].

K vyvrtávání se používají především vodorovné a jemné vyvrtávačky. Vodorovné vyvrtávačky se dělí na stolové a deskové (obr. 2.5). Využívají se nejčastěji v malosériové výrobě. [4; 7]

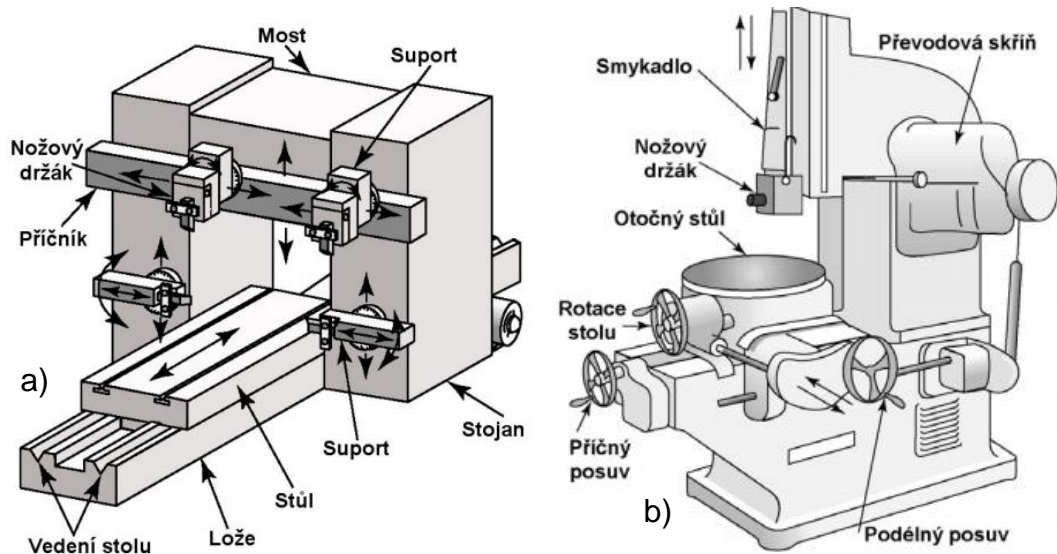
Jednotlivé typy vrtaček a vyvrtávaček jsou podrobněji rozebrány v Příloze 2.



Obr. 2.5 Druhy vodorovných vyvrtávaček: a) vodorovná stolová vyvrtávačka (1 – vřeteník, 2 – stojan, 3 – vřeteno, 4 – pracovní stůl, 5 – opěrné ložisko) b) vodorovná desková vyvrtávačka (1 – vřeteník, 2 – stojan, 3 – vřeteno, 4 – pracovní deska) [7].

2.1.4 Hoblovky, obrážečky a protahovačky

Hoblovka se skládá z loží, pracovního stolu, stojanů, příčnicku a suportů. Pracovní stůl koná podélný vratný pohyb a je poháněn hydraulicky nebo mechanicky. Posuv suportů a příčnicku je zajištěn pohybovými šrouby poháněnými elektromotory. Během zpětného pohybu jsou nožové držáky odklápěny od základní desky, aby nedocházelo k odírání a poškozování nástroje. Vyrábějí se **jednostojanové** a **dvoustojanové** (obr. 2.6a) hoblovky, jednostojanové mají nižší tuhost, ale lze na nich obrábět rozměrnější obrobky.



Obr. 2.6 Schéma konstrukce: a) dvoustojanové hoblovky, b) svislé obrážečky [17].

Obrážečky se dělí dle směru hlavního pohybu na **vodorovné** a **svislé** (obr. 2.6b). Stojan nese smýkadlo s nástrojem. Smýkadlo je poháněno mechanicky nebo hydraulicky. Posuvový pohyb stolu vodorovných obrážeček vychází z pohonu pohybového šroubu přes západku s rohatkou. U svislých obrážeček je pohyb smýkadla s nástrojem vertikální a je odvozen z klikového mechanismu. Změnou výstřednosti klikového mechanismu lze měnit délka zdvihu smýkadla.

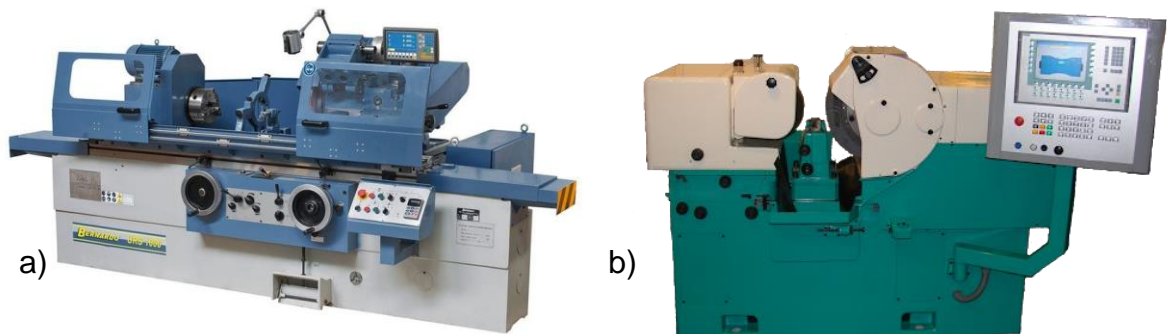
Protahovačky se dělí podle hlavního pohybu nástroje na **vodorovné** (obr. 2.7) a **svislé**, obě varianty se používají k vnitřnímu i vnějšímu protahování. U svislých protahovaček lze použít i více nástrojů zároveň. Pohon je většinou hydraulický. Nevýhodou vodorovné protahovačky je horší přesnost, způsobená průhybem trnu vlastní vahou. Výroba těchto strojů je nákladná a výkonnost protahování vysoká. Využívají se zejména ve velkosériové výrobě. [6; 7]



Obr. 2.7 Vodorovná protahovačka HRY 1450/6 [18].

2.1.5 Brusky

Brusky jsou stroje s nedefinovanou geometrií nástroje sloužící pro broušení. Broušící stroje se vyrábějí v několika variantách dle použití. Brusky lze rozdělovat podle konstrukce a prováděných operací na hrotové, bezhroté (obr. 2.8), rovinné brusky, brusky na díry a další různé speciální brusky (Příloha 2).

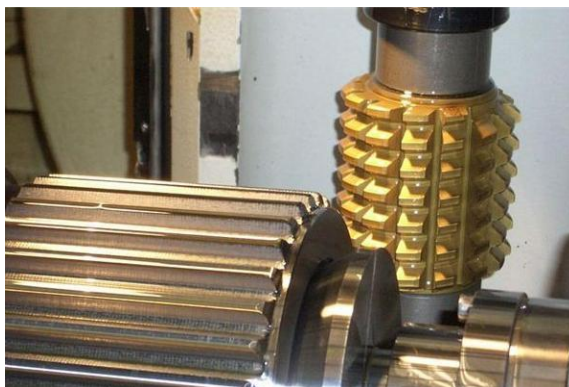


Obr. 2.8 Druhy brusek: a) univerzální hrotová bruska, b) bezhrotá bruska [2; 19].

2.1.6 Speciální obráběcí stroje

Jedná se o stroje, na kterých se vyrábějí plochy stejného typu konkrétní obráběcí metodou.

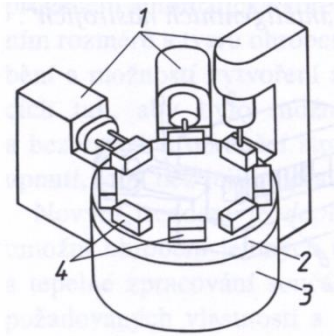
Stroje na výrobu ozubení se používají k obrábění čelních kol, šneků, šnekových kol, kuželových kol s přímými, šikmými nebo zakřivenými zuby. Podle kinematiky probíhá obrábění buď dělicím, nebo odvalovacím způsobem. Podle konkrétního obráběcího procesu lze ozubení vyrábět na strojích pracujících s tvarovým nástrojem, odvalovacích frézách (obr. 2.9), odvalovacích bruskách, švingovacích strojích, obrážkách pracujících s hřebenovým nebo kotoučovým nástrojem apod. [4; 7]



Obr. 2.9 Výroba ozubení na odvalovací frézce odvalovacím způsobem [20].

Na trhu se vyskytují i **stroje na výrobu závitů** určené přímo k výrobě vnějších nebo vnitřních závitů. Závitů se běžně obrábí na soustruzích, frézách nebo bruskách s využitím vhodných nástrojů, jako jsou např. strojní závitníky, závitové čelisti, závitorezné hlavy apod. [7; 21]

Jednouúčelové obráběcí stroje slouží k obrábění stejných součástí o požadovaných rozměrech. Stroje jsou konstruovány k sériové výrobě konkrétních součástí. Účelem je provést co nejvíce operací současně na jedno upnutí obrobku. Tyto stroje jsou automatizované a mají obvykle více vřeten (obr. 2.10) a pracovních ploch. Přes vysokou produktivitu, přesnější a levnější výrobu, krátký výrobní čas se zde vyskytují i nevýhody, jako např. velká pořizovací cena, obtížná přestavba při změně výrobku apod. [22]



Obr. 2.10 Jednouúčelový obráběcí stroj s otočným stolem (1 – pracovní jednotky, 2 – polohovací jednotky, 3 – spodní stavba, 4 – obrobky) [22].

2.1.7 Obráběcí centra

Obráběcí centrum je CNC obráběcí stroj, na kterém lze obrábět pomocí různých operací součásti při jednom upnutí. Obráběcí centra pracují v automatickém cyklu, jsou vybaveny automatickou výměnou nástrojů a obrobků a jsou schopna pracovat v bezobslužném provozu. Pro automatickou výměnu nástrojů bývají vybaveny zásobníkem s nástroji, mezi další příslušenství patří měřicí sondy pro měření součásti nebo rozměrů nástroje apod. Vývoj těchto strojů vedl od jednouúčelových obráběcích strojů s jednoduchými automatizovanými funkcemi až k programově řízeným univerzálně vybaveným obráběcím CNC strojům. Použití obráběcích center přináší spoustu výhod, jako je např. vysoká produktivita díky zkrácení vedlejších časů, zkrácení doby výroby, zvýšení přesnosti, snížení manipulačních úkonů apod. Obráběcí centra se dělí na soustružnická, frézovací (obr. 2.11) a multifunkční. [16; 23]



Obr. 2.11 Frézovací pětiosé centrum DMG MORI CMX 70 U [24].

Soustružnická centra

Soustružnická centra (obr. 2.12) pracují na stejném principu jako soustruhy, ale lze na nich provádět i další obráběcí operace. Kromě soustružení lze vrtat v ose i mimo osu obrobku, řezat závity, frézovat čelní i boční plochy, drážky apod.



Obr. 2.12 Soustružnické 4-osé centrum XYZ 320 LTY [15].

Frézovací centra

Koncepce frézovacích center vychází z konstrukce horizontální a vertikální frézky. Na těchto strojích lze frézovat, vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závity při jednom upnutí. Frézovací centra se dělí na horizontální, vertikální a portálová. Vertikální obráběcí centra umožňují obrábět součásti pouze z jedné strany, pro obrábění z více stran je nutné vybavit stroj např. indexovacím polohovacím upínacím stolem, nebo naklápěcí otočnou frézovací hlavou. [22]

Multifunkční centra

Tato obráběcí centra představují stroje, které umožňují provádět obě základní operace obrábění – soustružení i frézování. Někteří výrobci uvádějí na trh semimultifunkční obráběcí stroje, které se vyznačují přidáním soustružnického stolu do frézovacího stroje nebo frézovacího vřetena do soustružnického stroje. Kvůli dominanci zaměření na jednu z operací vznikaly problémy skrz nízkou pružnost stroje, což vedlo k vývoji multifunkčních center (obr. 2.13), kde jsou sloučeny obě operace do jednoho stroje za účelem rychlého, přesného obrobení na jedno upnutí. [25]



Obr. 2.13 Multifunkční stroj F-MT s pohyblivým stojanem (Soralluce) [25].

2.2 Rozdělení podle způsobu řízení

2.2.1 Univerzální obráběcí stroje

Univerzální obráběcí stroje jsou zpravidla řízeny manuálně. Ovládání stroje a polohování nástrojů či obrobků probíhá obvykle ručně. Výrobní proces složený z více technologických operací je časově náročnější. I v současné době mají ve výrobě univerzální obráběcí stroje svůj význam, často jsou vybaveny moderním příslušenstvím (přesné odměřování polohy, měřicí přístroje, atd.). Přestože jsou nahrazovány CNC stroji, v praxi je vhodnější použít univerzální stroje např. pro hrubovací práce. Slouží zejména ke kusové nebo malosériové výrobě.

2.2.2 Poloautomatické a automatické obráběcí stroje

Na poloautomatických a automatických obráběcích strojích lze soustružit, frézovat, vrtat, apod., avšak z konstrukčního hlediska se jedná zejména o soustruhy.

Poloautomatické soustruhy mají automatický pracovní cyklus, k výměně obrobku a opakování cyklu je nutná ruční obsluha.

U **automatických** soustruhů probíhá pracovní cyklus i výměna obrobků automaticky.

Poloautomatické a automatické stroje jsou vodorovné nebo svislé. Lze je třídit podle počtu vřeten na jednovřetenové a vícevřetenové. Podle aplikovaného řízení se dělí na **křivkové** (pohyby řízeny vačkami), **bezkrivkové** (pohyby řízeny elektrohydraulicky) a **CNC**. Efektivní uplatnění těchto strojů se využívá zejména v sériové a velkosériové výrobě. [4; 16]

2.2.3 NC, CNC obráběcí stroje

Číslicově řízené obráběcí stroje – NC (Numerical Control) jsou stroje, které obrábějí součásti některou z technologií obrábění a jejich činnosti jsou řízeny numerickým řízením. Toto řízení probíhá na základě série kódových informací, obsahujících čísla, písmena a jiné symboly. Kód je převeden na elektrické impulzy nebo jiné signály, aktivující pohybové motory a ostatní zařízení stroje, které řídí pohyby stroje. Tato činnost je vykonávána řídicí jednotkou stroje. [22]

Počítačem řízené obráběcí stroje – CNC (Computer Numerical Control) označuje obráběcí stroje využívající počítač k řízení obrábění podle předem připravených NC programů. CNC je nástupce NC konceptu. Rozdíl mezi NC a CNC strojem je, že k CNC stroji je připojen počítač s klávesnicí (nebo jiným ovládním, obr. 2.14), CNC systém je pružnější a umožňuje okamžité opravy, úpravy a zásahy do programu i během jeho používání. CNC je v dnešní době nejpoužívanější způsob řízení. Výrobní proces je zcela automatizovaný, výměna nástrojů a obrobků je automatizovaná nebo probíhá ručně. Pohybové mechanismy CNC strojů dokážou konat jeden nebo více pohybů (přímé nebo rotační) v různých osách. Pohon jednotlivých pohybových mechanismů je řízen servopohonem, který umožňuje pohyb určitou rychlostí, po určité dráze, do přesné polohy. [23]



Obr. 2.14 Systém pro řízení CNC strojů ProtoTRAK s dotykovou obrazovkou [15].

Používání **CNC** obráběcích strojů přináší mnoho výhod, díky automatizaci má obsluha minimální vliv na výrobní proces, což přináší snížení počtu možných chyb a výrazné zkrácení výrobního času. Kvalitní program zaručuje přesnost každého výrobku. Změnou programu, nástrojů a upínačů lze snadno měnit výrobní sortiment.

3 VYUŽITÍ ROTAČNÍCH UPÍNACÍCH ELEMENTŮ

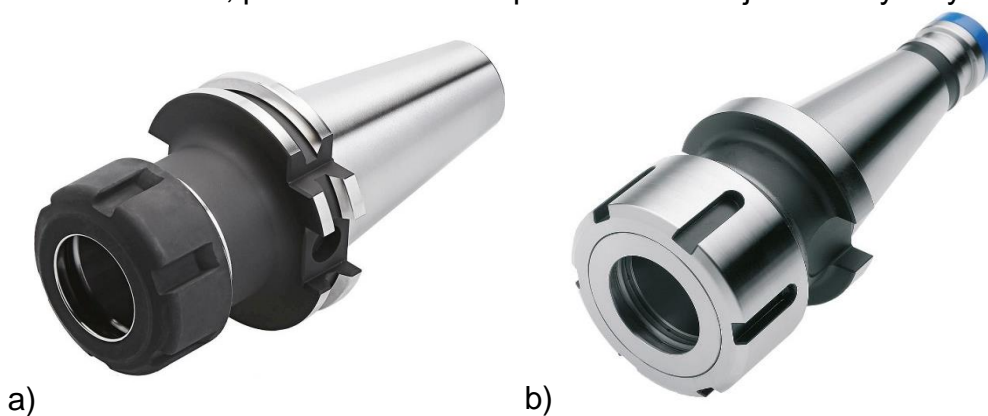
Podmínkou kvalitního obrábění je volba nejen vhodného nástroje, ale i upínacího zařízení pro obráběcí stroj. Pro zkrácení výrobních časů a dosažení vyšší produktivity je volba upínače důležitým parametrem. Kvalita upnutí ovlivňuje životnost nástroje. Při upínání nástrojů je požadována zejména dostatečně velká upínací síla při vysokých otáčkách, vysoká tuhost, přesnost, přenos krouticího momentu, bezpečnost, nízké vibrace, opakovatelnost, vyváženost a jednoduchost upnutí. Rozmanitost upínačů na světovém trhu stále roste. Při porovnání jednotlivých upínacích systémů, jejich vlastností a rozhraní, je zřejmé, že neexistuje optimální upínací systém nástrojů pro všechny operace. Výběr systémů je vždy jedinečné rozhodnutí, závislé na různých parametrech a požadavcích zákazníka. Typy rotačních nástrojových upínacích elementů lze dělit dle rozhraní rotační upínací element – vřeteno a nástroj – rotační upínací element.

3.1 Rozdělení dle způsobu upnutí rotačního upínacího elementu do vřetene

Na rozhraní rotační upínací element – vřeteno dochází ke spojení ploch nástrojového upínače a vřetene stroje. Na kvalitu tohoto spojení jsou kladeny vysoké požadavky, nejde jen o maximální stabilitu upnutí a přenos krouticího momentu, je požadována možnost rychlé výměny nástroje, přívod kapaliny středem nástroje, vysoká opakovaná přesnost apod. Běžně se používá upínání pomocí strmého kužele ISO a Morse, modernější přesnější upínací systémy, vhodné i pro obrábění při 15 000 a více otáčkách za minutu: HSK, Capto, BIG-PLUS, apod. [26]

ISO

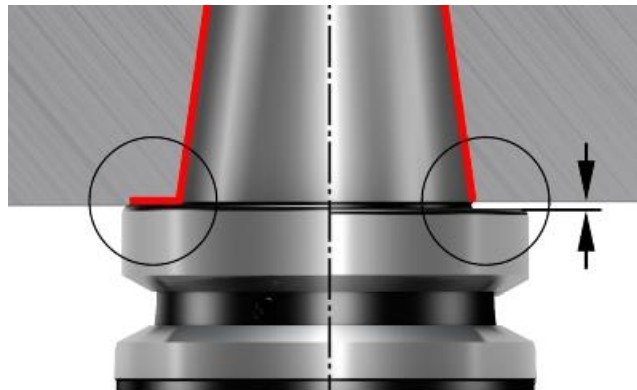
Upínače ISO mají strmý metrický kužel na stopce tělesa s kuželovitostí 7:24. Jedná se o jeden z nepoužívanějších a nejstarších typů upínače. Používají se pro ruční výměnu nástrojů (označení DIN 2080, obr. 3.1b) i pro automatickou výměnu nástrojů (označení SK/CAT, BT, obr. 3.1a). Nástrojový upínač s drážkami po obvodu příruby zapadá do unášecích kamenů na vřeteni stroje, což zajišťuje přenos krouticího momentu, který je přenášen i přes kuželovitou plochu. Tyto upínače nejsou samosvorné, pomocí tažného čepu nebo šroubu jsou zachyceny ve vřeteni.



Obr. 3.1 Kleštinový upínač: a) se stopkou SK 40 (pro automatickou výměnu)
b) se stopkou DIN 2080 (pro ruční výměnu) [27].

Při vysokých otáčkách dochází působením vysoké odstředivé síly ke zvětšování kuželové dutiny a vtahování stopky do dutiny, což může vést k nežádoucí změně axiální polohy nástroje. Není vhodný pro příliš vysoké otáčky. Díky svému tvaru se rychle a jednoduše vyměňuje a jeho výroba má nízké náklady. Vyrábějí se v různých velikostech, ke spojení rotačního upínacího elementu s vřetenem o větších rozměrech kužele lze použít redukční pouzdro, sloužící jako adaptér. Existují různá provedení ISO upínačů o různých rozměrech, jako např. SK podle normy DIN nebo BT podle MAS. [20; 26]

Nevhodnost použití ISO upínačů s kuželovitostí 7:24 při vysokých otáčkách vedla k vývoji novějších způsobů upínání. Upínací systém **BIG-PLUS** přináší řešení v podobě upnutí s kontaktem dvou styčných ploch. Jako dosedací plochy pro upnutí upínače slouží kužel i příruba. To zajišťuje vyšší stabilitu, výkonnost, větší tuhost a minimální vibrace. Další výhodou vřeten s BIG-PLUS je, že se mohou používat se všemi typy rotačních upínacích elementů s kuželovitostí 7:24 (ISO, SK, BT), ovšem opačně BIG-PLUS upínač nelze použít na běžném vřetenu. [28]



Obr. 3.2 Kontakt čelní plochy vřetene s přírubou upínače BIG-PLUS (vlevo), vůle mezi čelní plochou vřetene a přírubou ISO upínače (vpravo) [21].

Morse

Upínače s Morse kuželem se podobají tvarem i velikostí ISO upínačům. Jejich kuželovitost bývá okolo 1:20 (mění se dle velikosti kužele). Patří mezi starší způsoby upínání. Morse kužel je samosvorný, plochý unašeč na konci kužele zapadne do vřetene a brání pootočení nástroje. Kužel lze vyjmout poklepáním na vyrážecí klín, který se vsouvá do vřetene. Morse kužely mají nízkou tuhost a slouží pouze k ruční výměně nástrojů. Používají se zejména u vrtaček. [20]



Obr. 3.3 Kleštinový upínač se stopkou Morse [2].

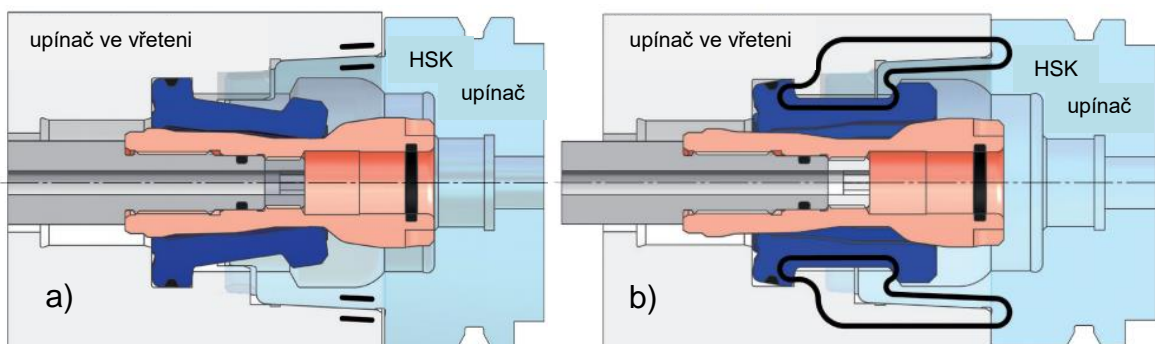
HSK

Upínače HSK se vyznačují dutou kuželovitou stopkou (Hohl Schaft Kegel). Při vysokých otáčkách se stěna kužele roztahuje a kontakt s vřetenem je pevnější. Upínač dosedá na čelo vřetene, dochází k částečné deformaci a upínač je do vřetene upnut z vnitřní strany dutiny táhly a předepjatými talířovými pružinami. Čím vyšší je axiální upínací síla, tím vyšší je i axiální tuhost spojení. Vnější kuželovitost HSK stopky je 1:10.



Obr. 3.4 Rotační upínací element s HSK-A stopkou [21].

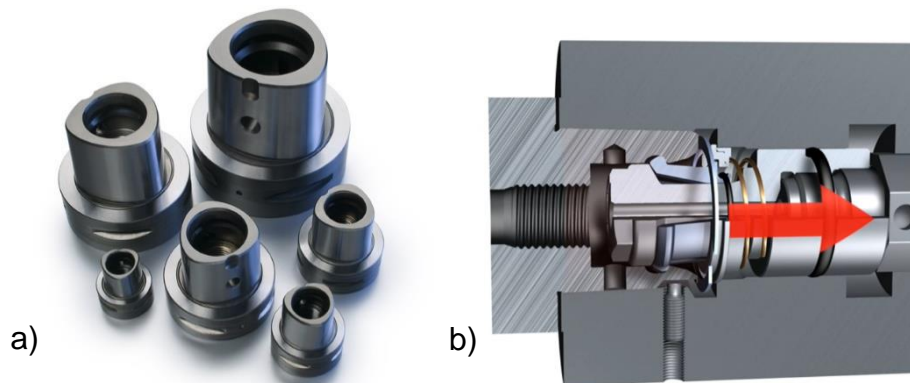
HSK upínače se vyrábějí v menších rozměrech než ISO upínače a díky menší hmotnosti (což je výhodné při vysokých otáčkách) se s nimi ručně snadno manipuluje. Jsou vhodné pro ruční i automatickou výměnu. Další výhodou těchto upínačů je vysoká přesnost a tuhost upnutí, nevýhodou jsou vysoké výrobní náklady. HSK upínače se používají především pro vysokorychlostní obrábění (dále jen HSC – high speed cutting). Vyrábějí se v různých velikostech v několika provedeních (typ A – F) podle počtu maximálních otáček a přenosu krouticího momentu. [21; 26]



Obr. 3.5 HSK upínač ve vřeteni: a) před upnutím, b) po upnutí [29].

Capto

Upínací systém Capto s kuželovostí stopky 1:20 se řadí mezi nejstabilnější systémy pro upínání. Využívá kontaktu kuželové plochy i čelní dosedací plochy příruby. Kuželová stopka má tvar polygonu, nedochází tak k pohybu upínače ve vřeteni. Capto využívá upínání za vnitřní segmenty (podobně jako HSK, obr. 3.6) a je tak schopno vyvinout vyšší upínací síly než je možné dosáhnout s pomocí upínacích čepů u strmého kužele.



Obr. 3.6 Ukázka upínačů Capto: a) spojka s polygonálním rozhraním Capto, b) upínání pomocí upínacích segmentů [21].

Výhody Capto upínačů:

- vysoká tuhost v krutu i ohybu,
- schopnost snášet vysoké krouticí momenty (obr. 3.7),
- vysoká stabilita, přesnost a opakovatelnost upnutí,
- rychlá ruční i automatická výměna,
- vysoká modulárnost nástrojových upínačů,
- přívod procesní kapaliny dutinou upínače,
- minimální házení,
- kratší časy na seřízení,
- vhodné i pro HSC obrábění.

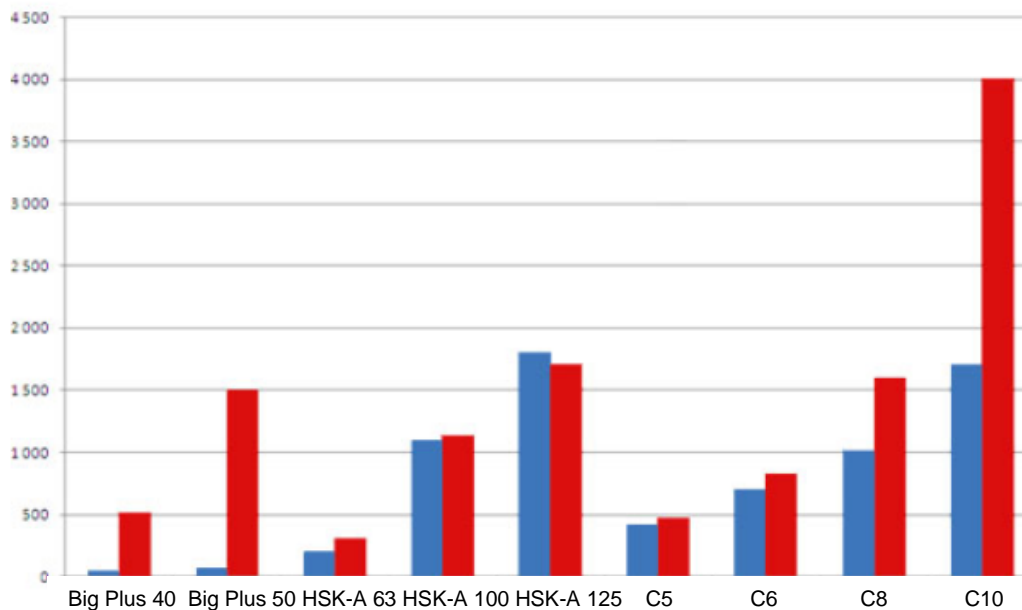
Nevýhody Capto upínačů:

- vyšší pořizovací cena.

Jedná se o modulární upínací systém nacházející se i na rozhraní rotační upínací element – nástroj, proto díky modulární konstrukci není nutné použití drahých speciálních nástrojů s dlouhými dodacími lhůtami. Sandvik Coromant nabízí široký sortiment prodlužovacích a redukčních adaptérů pro sestavení nástrojů různých délek a tvarů bez ohledu na typ rozhraní obráběcího stroje (ISO, HSK...). V celém závodě je možné využívat stejné nástroje a výrazně tak snížit velikost nástrojového inventáře.

Společnost Sandvik Coromant zaujímá vedoucí postavení v oblasti výroby nástrojů a nabídky odborných znalostí a řešení pro obrábění kovů. Společnost je součástí celosvětové průmyslové strojírenské skupiny Sandvik AB.

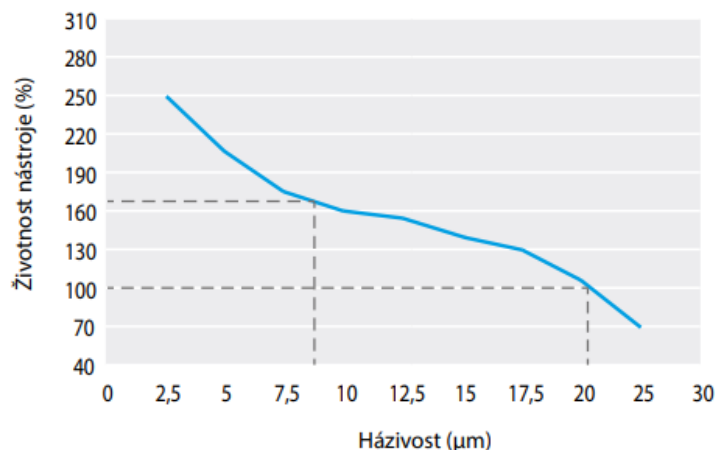
Technologie Capto upínání nese vysoké výrobní náklady a tím i vyšší pořizovací cenu. Upínače se vyrábějí se stopkami v různých velikostech. Velká stopka má dobrou tuhost, ale snese menší otáčky, malá stopka umožňuje použít vyšší otáčky, ale má nižší tuhost. Upínací systémy na podobném principu vyrábějí i jiné konkurenční světové firmy, např. americká firma Kennametal uvádí na trhu upínací systém **K-M**. [21; 26]



Obr. 3.7 Diagram maximálních hodnot momentů u vybraných typů upínačů (modře: max. ohybový moment [Nm], červeně: max. krouticí moment [Nm] daný mezí únavy) [21].

3.2 Rozdělení dle způsobu upnutí nástroje do rotačního upínacího elementu

Rozhraní nástroj – rotační upínací element představuje spojení stopky nástroje s otvorem upínacího elementu. Jedná se upínání zejména frézovacích nástrojů, kde jsou kladeny vysoké požadavky na přesnost a tuhost upnutí. Důležitým požadavkem je vysoká spolehlivost a bezpečnost upnutí. Upínač zásadně ovlivňuje životnost a spolehlivost nástroje. V rámci zvyšování produktivity a zkracování výrobních časů je vyžadována co nejsnadnější a nejrychlejší výměna nástrojů.

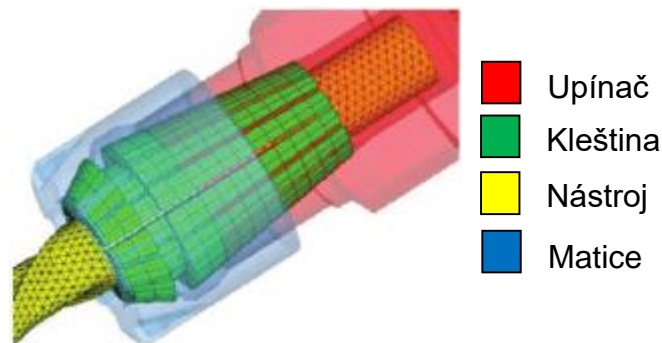


Obr. 3.8 Příklad vlivu házivosti upínání na životnost nástroje ze slinutého karbidu [30].

Na trhu se objevuje mnoho typů upínacích nástrojových systémů, fungujících na různých fyzikálních principech. Mezi mechanické upínání patří např. kleštinové upínače, Morse, Weldon, Whistle Notch, Capto, Sino nebo Tribos upínače. Často se také používá trendové upínání, to jsou tepelné a hydraulické upínací systémy. Přestože jsou upínací systémy Morse a Capto využívány i v rozhraní nástroj – rotační upínací element, jejich principy jsou uvedeny v kapitole 3.1. [31]

Kleštinový upínač

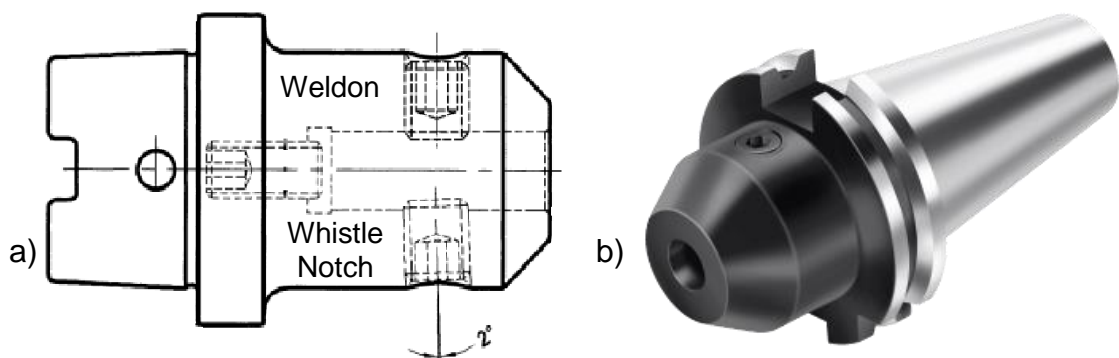
Upínání pomocí kleštin je nejrozšířenější způsob upínání vrtáků a fréz s válcovou stopkou. Princip tohoto upínání spočívá v zatlačování kleštiny do kuželové dutiny upínače, k tomu slouží převlečná matice nebo jiné vtahovací mechanismy. Kleština se utahuje pomocí hákového klíče. Přesnost upnutí a házivost nástroje závisí na provedení a přesnosti při výrobě kleštiny. Moderní kleštinové upínače nabízí velmi přesné upnutí a nízké hodnoty házivosti nástroje, pohybující se obvykle okolo několika mikrometrů. Kleštinové upínače jsou určeny pro ruční i automatickou výměnu a jsou vhodné i pro HSC obrábění. [31; 32]



Obr. 3.9 Hlavní komponenty kleštinového upínače [33].

Weldon a Whistle Notch

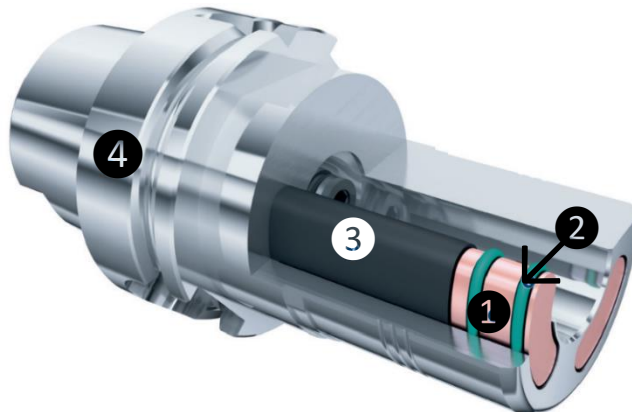
Upínací systémy typu Weldon a Whistle Notch nabízí jednoduché a bezpečné upnutí pomocí šroubů, dosedajících kolmo na vyfrézovanou plochu ve stopce nástroje. Upínače typu **Weldon** mají tuto plochu rovnoběžnou s osou nástroje, upínače pro upnutí nástrojů s válcovou stopkou se šikmou upínací plochou (**Whistle Notch™**) ji mají odkloněnou od osy nástroje pod úhlem 2° (obr. 3.10). Výhodou těchto upínacích systému je nízká pořizovací cena a schopnost přenášet vysoké krouticí momenty, nevýhodou je nutnost použít pro každý rozměr stopky nástroje jiný upínač. Vlivem odtlačování upínacími šrouby mimo osu rotace vzniká nepříznivá vysoká házivost upnutého nástroje (0,015 – 0,020 mm). [31]



Obr. 3.10 Upínač Weldon: a) schéma Weldon/Whistle Notch upínače b) Weldon s ISO stopkou [34].

Tribos

Upínací systém Tribos od firmy SCHUNK nabízí přesný inovativní způsob řešení upínání, jehož základem je polygonální tvar upínací díry (obr. 3.11). Při působení vnějších sil na stěny upínače se dutina deformuje, díra získá kruhový tvar, do kterého se následně vloží nástroj. Po odstranění působících sil se díra vrací do svého původního tvaru a obrobek je pevně upnut (obr. 3.12). Deformace upínače probíhá pouze v oblasti pružné deformace. Výměna probíhá pomocí hydraulického upínacího zařízení (TRIBOS SVP) a je velmi rychlá.



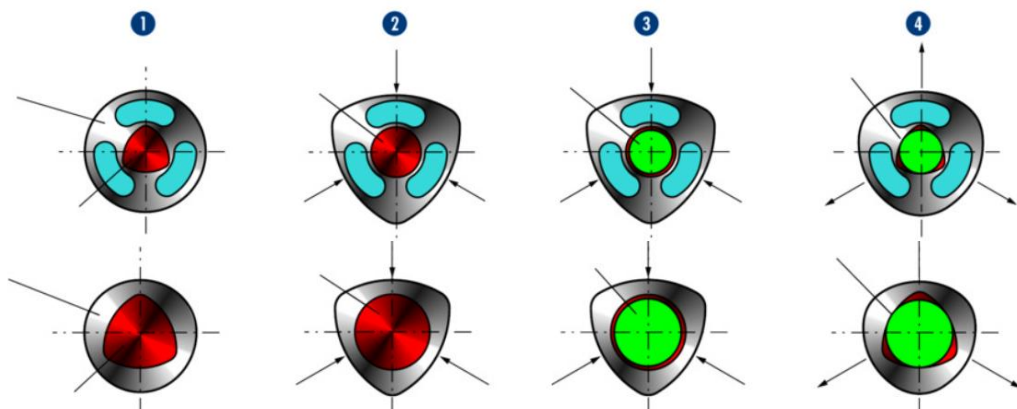
Obr. 3.11 Průřezový diagram TRIBOS-R (1 – integrovaná měděná vložka, 2 – O-kroužek pro tlumení vibrací, 3 – epoxid, 4 – základní těleso) [35].

Výhody Tribos upínačů:

- jednoduchá a bezpečná obsluha,
- vysoká přesnost a stabilita,
- nízké hodnoty obvodového házení,
- tlumení vibrací,
- rychlá výměna nástroje,
- dobrá vyváženost,
- vhodné i pro HSC obrábění.

Nevýhody Tribos upínačů:

- vyšší pořizovací cena.



Obr. 3.12 Funkční princip polygonální upínací techniky: 1. původní tvar, 2. upínací průměr se zaoblí, 3. vložení stopky nástroje, 4. nástroj je upnut (horní část – TRIBOS-R, dolní část – TRIBOS-S) [35].

Tribos upínače se vyrábějí v pěti variantách, liší se zejména velikostí, tvarem, využitím a dalšími vlastnostmi (TRIBOS-S, TRIBOS-R, TRIBOS-RM, TRIBOS-SVL, TRIBOS-Mini). Například upínač TRIBOS-S, s házivostí pod 0,003 mm, se vyznačuje svou štíhlou konstrukcí, díky které je vhodný i pro obtížně přístupné obrábění nebo také pro HSC obrábění. TRIBOS-R je upínač robustnější konstrukce, snese největší krouticí momenty a výborně tlumí vibrace. [31; 36]

Tepelné upínače

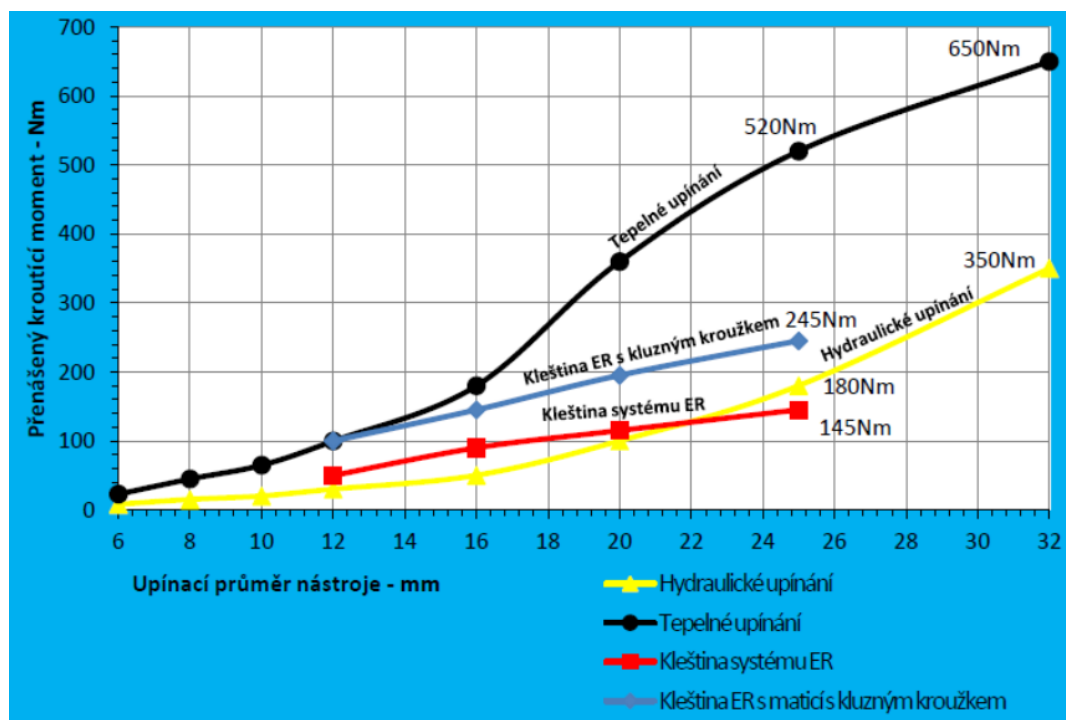
Tepelné upínání nástrojů otevírá nové možnosti pro velmi přesné a výkonné obrábění. Tepelný upínač využívá tepelné roztažnosti materiálu (upínače), zahřátím upínací části se pouzdro rozevře a nástroj lze vložit dovnitř (obr. 3.14). Po zchlazení se pouzdro smrští a nástroj je zachycen velkou přídržnou silou. Ohřev na teplotu 250-350 °C je prováděn zpravidla indukční cívkou a trvá řádově několik sekund. Samovolné chlazení je pomalejší a trvá řádově v minutách, použití proudu vzduchu zkrátí dobu chlazení. Nejrychlejší metoda chlazení je chlazení kapalinou, upínač je zchlazen během několika sekund – např. 20 sekund. Rychlá výměna nástrojů vyžaduje investici do dražších tepelných zařízení a chladicích systémů. [3; 37]

Výhody tepelných upínačů:

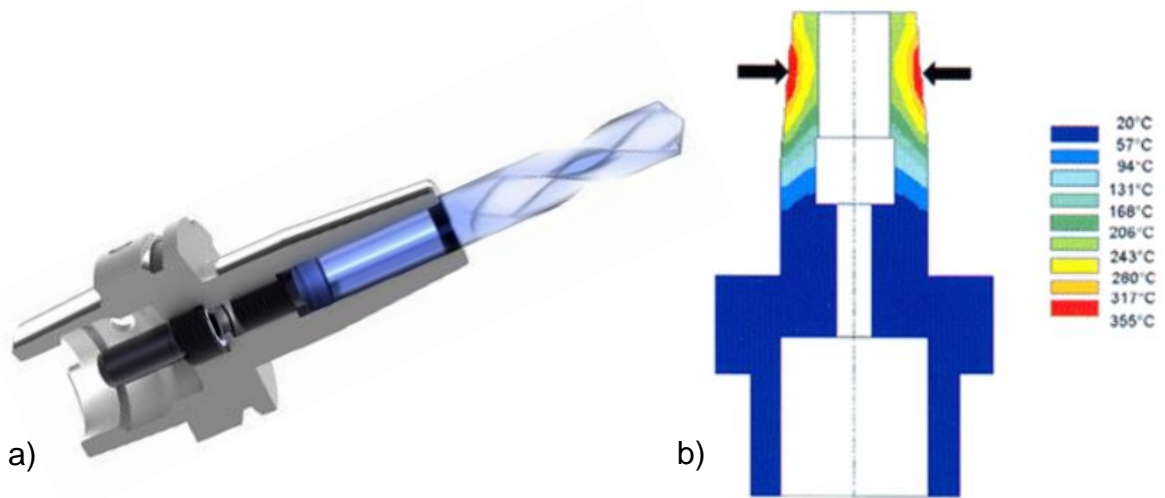
- vysoká přesnost obvodového házení (do 0,003 mm),
- vysoká tuhost,
- rychlé výměna nástroje (při použití adekvátního zařízení),
- dlouhá životnost upínače,
- možnost HSC a vysokovýkonného (dále jen HPC) obrábění,
- přenos vysokých krouticích momentů (obr. 3.13).

Nevýhody tepelných upínačů:

- vyšší pořizovací cena.



Obr. 3.13 Maximální přenášený krouticí moment pro jednotlivé upínače [3].



Obr. 3.14 Princip tepelného upínání: a) upnutí nástroje v tepelném upínači, b) rozsah teplot při nahřívání upínače [3; 38].

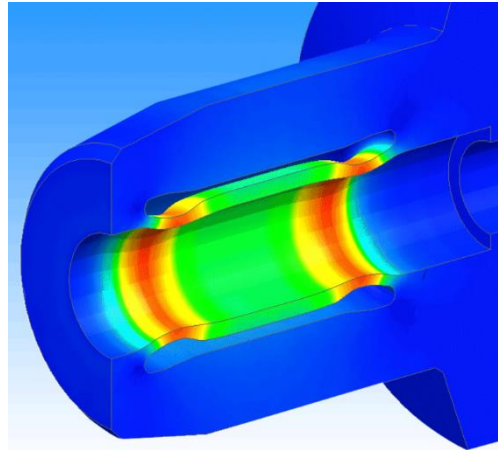
Hydraulické upínače

Hydraulické upínače nástrojů patří mezi velmi přesné upínače s nízkými hodnotami házení (do 0,003 mm). Mezi přední výrobce těchto upínačů patří firma Schunk s hydraulickými upínači řady Tendo. Vyznačují se velmi dobrým tlumením vibrací, jejich údržba je nenáročná, délka upnutí je snadno přestavitelná a pomocí přesných vložek lze snadno a rychle měnit průměr upínané stopky. Pomocí upínacího šroubu se zvýší hydraulický tlak média, který způsobí deformaci vnitřního pouzdra, a tím dojde k upnutí nástrojové stopky. Pouzdro je vybaveno drážkami, kterými se odvádí vytlačené nečistoty působením vysokého tlaku při upnutí nástroje, což zajistí čistou a suchou upínací plochu (obr. 3.15). Výroba těchto upínačů je poměrně složitá a nákladná. Jsou vhodné i pro HSC a HPC. [31; 35]



Obr. 3.15 Průřezový diagram upínače Tendo E compact (1 – aktivační šroub, 2 – upínací píst, 3 – rozpínací pouzdro a olejová komora, 4 – základní těleso, 5 – šroub pro nastavení délky upnutí, 6 – nástroj, 7 – drážka pro odvedení nečistot) [35].

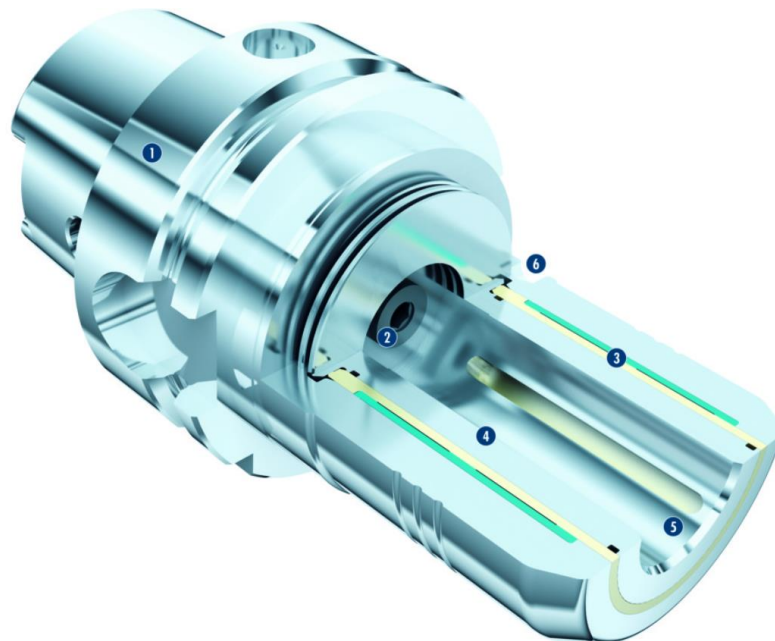
Upínače **CoroChuck 930** jsou nejnovějším typem hydraulických upínačů firmy Sandvik Coromant. Jejich upínací mechanismus využívá technologii Fulcrum a jsou velmi přesné a odolné proti vytažení nástrojů (obr. 3.16). Princip spočívá v tom, že tenká pájená membrána v upínací části se rozpíná tak, že na obou svých koncích vytváří dvě samostatné opěrné plochy. To zajišťuje opakovatelnou upínací sílu, přenos krouticího momentu, ochranu proti vytažení nástrojů a tlumicí funkci. [21]



Obr. 3.16 Opěrné plochy v upínači CoroChuck 930 (Fulcrum) [21].

Sino

Upínací systém Sino firmy SCHUNK se principem podobá hydraulickým upínačům, místo kapalného média se v expanzní komoře nachází pevné deformační segmenty (high-end elastomer, obr. 3.17). Upínače disponují špičkovým tlumením vibrací, vysokou radiální tuhostí, přenosem velkých krouticích momentů, snadnou obsluhou a doporučuje se pro upínání závitořezných fréz. [35]



Obr. 3.17 Průřezový diagram SINO-R (1 – základní těleso, 2 – závit pro přednastavení axiální délky, 3 – rozpínací komora s upínacím pouzdrem a elastomerem, 4 – zesílené rozpínací pouzdro, 5 – krycí pouzdro, 6 – retenční otvor) [35].

3.3 Využití rotačních upínacích elementů u univerzálních obráběcích strojů

Na každém obráběcím stroji se provádějí odlišné obráběcí procesy. Univerzální obráběcí stroje se používají v kusové a malosériové výrobě. Tyto stroje jsou ve velké míře obsluhovány ručně a upínače nástrojů jsou tak uzpůsobeny ruční výměně nástrojů. Pro každou obráběcí operaci existuje jiný způsob upínání nástroje. Upínač se vybírá podle požadované přesnosti házení, přenosu krouticího momentu, spolehlivosti, životnosti, jednoduchosti a rychlosti upínání a ceny. To vše souvisí také s tím, při jaké operaci se upínač používá, zda jde o hrubování, nebo o přesné dokončovací obrábění. Rotační nástrojové upínací elementy se využívají především u frézek, vrtaček a vyvrtávaček.

Soustruhy

Univerzální soustruhy využívají rotační nástrojové upínače pouze ojedinele, jedná se například o upnutí vrtacích sklíčidel (obr. 3.18) nebo závitovacích hlavic do koníka s Morse dutinou. Při soustružení rotuje obrobek, který bývá upnut do sklíčidla, do kleštiny, na upínací desku, mezi hroty, opěry nebo mezi soustružnické trny. Soustružnické nástroje se upínají do různých upínek nebo do otočných nástrojových hlav. Revolverové soustruhy, svíslé soustruhy a automatické soustruhy upínají nástroje do otočných revolverových hlav. [4]



Obr. 3.18 Rychloupínací vrtací sklíčidlo se stopkou Morse [2].

Frézky

Při frézování je požadováno minimální radiální a axiální házení frézy. To bývá způsobeno nepřesností upnutí i výrobními tolerancemi tělesa frézy. Nástroj musí být upnut s maximální tuhostí.



Obr. 3.19 Frézovací trn pro nástrčnou frézu s ISO stopkou, schéma upnutí frézy s VBD na trn [2; 31].

Nástrčné frézy se upínají na trn, který je zakončen ISO nebo Morse kuželem (obr. 3.19). Přenos krouticího momentu z vřetene je u ISO kužele zajištěn třením a unášecími kameny, u samosvorného Morse kužele pouze třením. Přenos krouticího momentu z upínacího trnu na frézu je zajištěn perem nebo unášecími

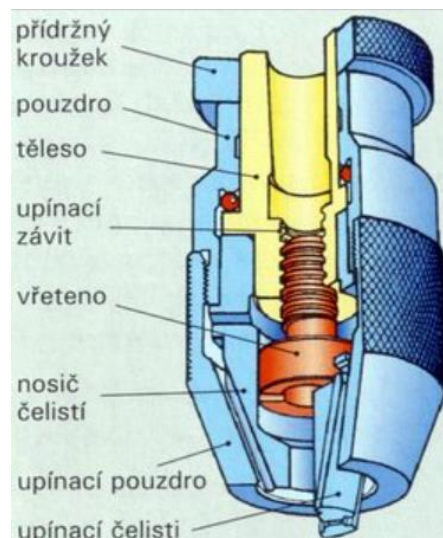
kameny. Frézovací trny mohou být krátké nebo dlouhé. Krátké trny slouží k upínání zejména čelních nástrčných fréz a frézovacích hlav a na dlouhé trny se upínají válcové a kotoučové frézy.

Na univerzálních frézkách se frézy s válcovou stopkou se upínají převážně do kleštinových upínačů, Weldon upínačů nebo Whistle Notch upínačů (kapitola 3.2).

Frézy s kuželovou stopkou ISO nebo Morse mohou být upnuty buď přímo, nebo přes redukční pouzdro ve vřetení stroje. Upnutí je zajištěno šroubem, vedeným vřetenem stroje. [4; 7]

Vrtačky

Vrtáky s válcovou upínací stopkou se upínají do tříčelistových sklíčidel. Tři čelisti zajišťují přesné vystředění vrtáků, oproti méně přesným dvoučelistovým sklíčidlům, která se už běžně nepoužívají. Sklíčidla se utahují klíčem s kuželovým ozubeným kolečkem. Stopka vrtáku by měla být do sklíčidla zasunuta alespoň ze tří čtvrtin. K urychlení výměny vrtáku lze použít samosvorná rychloupínací sklíčidla (obr. 3.20), která nevyžadují k dotažení klíč, ale dotahují se pouze rukou.



Obr. 3.20 Rychloupínací sklíčidlo [39].

Vrtáky opatřeny kuželovou stopkou Morse (obr. 3.21) nabízejí přesnější a tužší uložení ve vřetení vrtačky. Vrtáky s Morse stopkou mohou být upnuty ve vřetení přímo, ovšem pokud je velikost kužele vrtáku menší, je potřeba použít redukční pouzdro k vyrovnání rozdílů velikostí. [39]



Obr. 3.21 Redukční pouzdro a vrták se stopkou Morse [3].

Vyvrtávačky

Vyvrtávací tyče se upínají na univerzálních vyvrtávačkách pomocí Morse kužele nebo ISO strmého kužele pro ruční výměnu, příp. upínacího systému HSK. Samosvorné Morse stopky se zajišťují klínem, zabraňujícím uvolnění nástroje kvůli vznikajícím vibracím. Podobně jako u vrtáků se pro vyvrtávací tyče (obr. 3.22) mohou používat redukční pouzdra. Vyvrtávací tyče s válcovou stopkou se upínají do kleštinových upínačů, upínačů Weldon, příp. Whistle Notch. [40]



Obr. 3.22 Vyvrtávací tyče s kuželovou a válcovou stopkou [41].

3.4 Využití rotačních upínacích elementů u CNC obráběcích strojů

Zvyšující se požadavky na co nejkratší výrobní a vedlejší časy, přesnost, produktivitu a výkonnost při obrábění nevyhnutelně vedou k využívání CNC obráběcích strojů s nejmodernější technologií a nejvyšším stupněm automatizace. U CNC strojů je požadována vysoká přesnost a spolehlivost upnutí nástroje. Výměna nástrojů musí být rychlá a jednoduchá, ať už se jedná o ruční nebo automatickou výměnu. Výběr upínacího systému je velmi rozmanitý a závisí na konkrétní obráběcí operaci. Rotační upínací element se upíná ve vřetení CNC stroje pomocí rozhraní ISO, HSK, Capto, apod. K upnutí nástroje do upínače se používají mechanické upínací systémy (ER kleštiny, Weldon, Tribos, Capto, atd.) nebo trendové upínací systémy (tepelné a hydraulické upínání).

Soustružnická centra

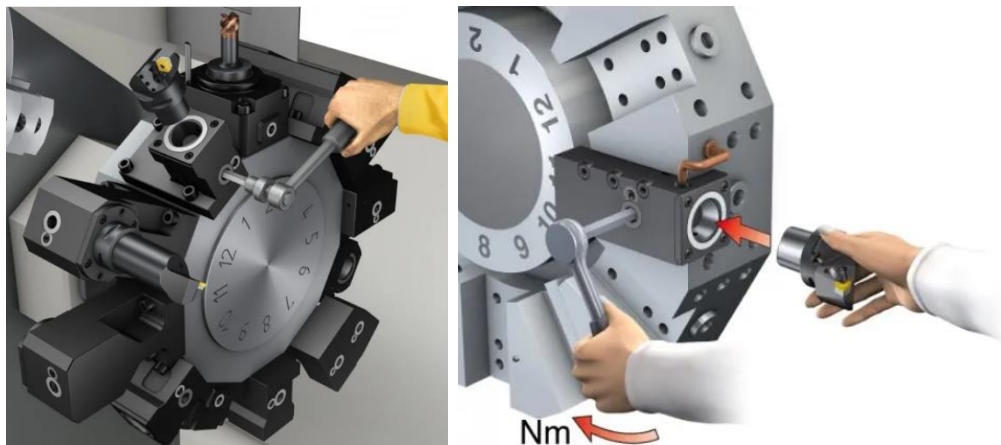
Rotační upínací elementy u soustružnických center se vyskytují u poháněných nástrojů, resp. poháněných nástrojových upínačů. Tyto poháněné upínače představují podstatné zvýšení technologických možností obráběcího stroje. Soustružnické a frézovací operace lze provádět pouze na jedno upnutí, a tím mohou představovat další řízenou osu, což významně zvyšuje produktivitu.

Poháněné nástrojové upínače se upínají na revolverovou hlavu, která má vlastní pohon (obr. 3.23). Na revolverové hlavě jsou situovány axiálně nebo radiálně. Způsoby upínání poháněných nástrojových upínačů se liší dle typu obráběcího stroje a provedení revolverové hlavy. Upínací rozhraní poháněný nástrojový upínač – revolverová hlava je tvořeno válcovým polohovacím čepem upínače, opatřeným drážkami, které slouží ke vtažení poháněného upínače do otvoru revolverové hlavy. Hnaná hřídel upínače se spojí s hnací hřídelí revolverové hlavy a krouticí moment je zajištěn ustavovacími čepy. Na rozhraní nástroj – poháněný nástrojový upínač se používá upínání pomocí kleštin, Capto upínání nebo např. Tribos upínání. [42]



Obr. 3.23 Poháněné nástrojové upínače radiální (1,2,4,5) a axiální (3) na hvězdicové a kotoučové revolverové hlavě [43].

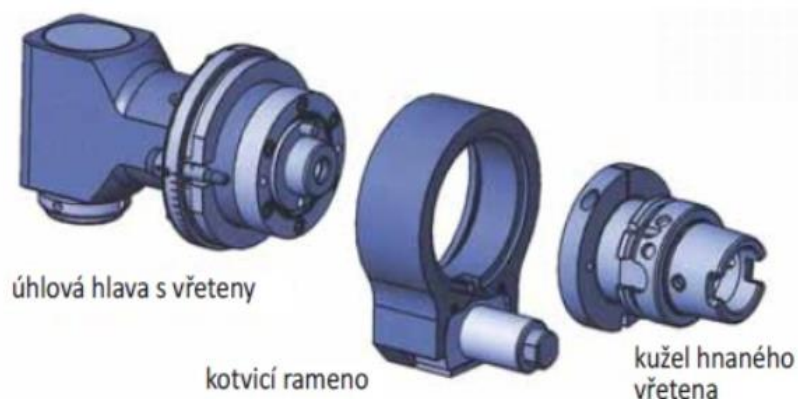
Sandvik Coromant nabízí toto rozhraní v provedení CDI a CBI, které využívají upínací systém Capto. Výhodou tohoto rozhraní je jeho tuhost, stabilita a stejné provedení pro statické i poháněné nástrojové upínače. Sandvik Coromant nabízí také pro tyto upínače rychlovýměnná řešení (obr. 3.24), pomocí kterých lze upnout a polohovat nástroj v upínači pouhým pootočením upínací páky, což v porovnání s upínáním nástroje do kleštiny ušetří až 90 % času. [21]



Obr. 3.24 Rychlovýměnné nástrojové vybavení firmy Sandvik Coromant [21].

Frézovací centra

Podobně jako u soustružnických center lze využít poháněné nástrojové upínače i u CNC frézovacích a vyvrtávacích strojů. Poháněné nástrojové upínače jsou upínané do vřetene stroje pomocí ISO, HSK nebo Capto kužele a mohou být vybaveny přírubou pro systém automatické výměny. Jedná se o vyvrtávací hlavy, zrychlovací hlavy, úhlové hlavy (obr. 3.25), přestavitelné úhlové hlavy a vícevřetenové hlavy (obr. 3.26). Frézovací úhlová hlava rozšiřuje možnosti obrábění a umožňuje obrábět i místa, která nejsou při běžném frézování dostupná. Poháněné upínače mohou být poháněny separátním elektrickým pohonem s dálkovým napájením, kde je způsob upnutí stejný jako upnutí běžného nástroje do vřetene, nebo jako pohon slouží vřeteno stroje a tělo poháněného upínače je fixováno vůči vřeteníku stroje pomocí příruby nebo kotvicího ramene. Kotvicí rameno má ustavovací čep, který zapadá do drážky zhotovené v kotvicím bloku, pevně spojeném s vřeteníkem. [42]



Obr. 3.25 Sestava úhlové hlavy firmy BENZ včetně kotvicího ramene s čepem a HSK kužele [42].



Obr. 3.26 Vícevřetenové hlavy a úhlové hlavy [44].

Na CNC frézách a frézovacích centrech se používají k upínání nástrojů do upínače nejen mechanické upínací systémy, jako jsou např. ER kleštiny nebo Weldon, ale i velmi přesné systémy Tribos, tepelné upínače a hydraulické upínače, které jsou vhodné pro automatickou výměnu a lze je použít i pro HSC a HPC obrábění. Kromě Morse kuželů se všechny druhy upínačů z kapitoly 3.1 a kapitoly 3.2 stále běžně používají na CNC frézách.

4 VOLBA VÝROBKU

Rotační upínací elementy mají různorodé využití a díky tomu je lze kombinovat. Nástrojovou sestavu lze skládat z mnoha elementů v různých provedeních a variantách podle toho, jaká součást se bude vyrábět, jakým obráběcím procesem bude zhotovena, na jakém stroji a za jakých podmínek bude obrábění probíhat.

Příklad praktického využití rotačních upínacích elementů bude ukázán na výrobě konkrétní součásti (obr. 4.1). Bude provedena technická příprava výroby, která zahrnuje základní technologický postup a rozbor nástrojových sestav, které se skládají z rotačních upínacích elementů a samotných nástrojů. Zvolený výrobek slouží k demonstraci konkrétních obráběcích procesů a není určen k praktickému použití. Výkresová dokumentace výrobku se nachází v Příloze 5.

Jedná se o spodní část víka z konstrukční oceli S235JRC dle ČSN EN 10278. Součást bude zhotovena frézováním z polotovaru 150x120x20 na CNC frézce. Vnější tvar i dutina se budou frézovat, díry budou navrtány a hrany sraženy. Do vyvrtaných děr bude zhotoven závit.



Obr. 4.1 Snímek modelu víka vytvořeného v aplikaci Autodesk Inventor.

5 TPV DOKUMENTACE

Základní podklad pro dokumentaci technické přípravy výroby představuje výkres součásti (Příloha 5).

5.1 Technologický postup

Technologický postup je uveden v tabulce 5.1.

Tab. 5.1 Technologický postup [45].

Číslo operace	Popis práce	Řezné podmínky	Výrobní pomůcky
0	Kontrola polotovaru – přeměření předem obrobené tloušťky a základních rozměrů polotovaru		Posuvné měřidlo
1	Frézování profilu, hl. 15 Nepravidelný tvar s obrysem 145x116	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n = 3800 \text{ min}^{-1}$ $f_z = 0,075 \text{ mm}$	Nástrojová sestava T1
2	Frézování kapsy, hl. 10 Nepravidelný tvar s obrysem 103x66	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n = 3800 \text{ min}^{-1}$ $f_z = 0,075 \text{ mm}$	Nástrojová sestava T1
3	Navrtání a sražení hran u M8-6H, 8x Navrtání Ø10 Sražení hrany Ø10	$n = 2000 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$	Nástrojová sestava T2
4	Vrtání 8x díra Ø8, hl. 20	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $v_f = 50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$	Nástrojová sestava T3
5	Sražení hran po obvodu součásti	$n = 2500 \text{ min}^{-1}$ $v_f = 150 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$	Nástrojová sestava T2
6	Kontrola rozměrů: Díra M8-6H, 8x. četnost 100% Sražení hran... 8x četnost 20%		Závitový kalibr M8-6H Posuvné měřidlo
7	Závitování 8x M8-6H, hl. 15	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $f_z = 0,03 \text{ mm}$	Nástrojová sestava T4
8	Odfrézování upínací části polotovaru, hl. 5	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ $n = 3800 \text{ min}^{-1}$ $f_z = 0,075 \text{ mm}$	Nástrojová sestava T1
9	Sražení hran po obvodu součásti	Ručně	Odjehlovací nástroj
10	Odmaštění polotovaru.		Průmyslová pračka
11	Závěrečná kontrola.		

Legenda: Operace 9 je po vyjmutí součásti ze svěráku prováděna ručně, přestože se jedná o CNC.

5.2 Rozbor nástrojových sestav

Všechny operace probíhají na jednom pracovišti na stejném obráběcím stroji. Jedná se CNC frézku XYZ RMX 3500 s vřetenem ISO 40 DIN 2080. Podrobné informace o nástrojích jsou v Příloze 4. Rozbor navržených nástrojových sestav je v tabulce 5.2.

Tab. 5.2 Rozbor nástrojových sestav [45; 46].

Nástrojová sestava	Nástroj	Upínač
T1	Karbidová fréza 4-břítá OSG EPL-HP-4FL, Ø10 mm se stopkou Weldon	Upínač Weldon Ø10 mm, SK 40 Kemmler 401.04.10
T2	Víceúčelový nástroj s VBD OSG HY-PRO-CARB, 90°, Ø22,5 mm	Kleštinový upínač ER 32, kleština Ø20 mm, SK 40 Kemmler 401.02.20
T3	Karbidový vrták s povlakem OSG HYP-HP-3D, Ø6,8 mm	Vrtací sklíčidlo Ø1-13 mm, SK 40 Kemmler 401.15.13
T4	Závitovací fréza OSG AT-1, M8x1,25	Kleštinový upínač ER 32, kleština Ø6 mm, SK 40 Kemmler 401.02.20

5.3 Technicko-ekonomické zhodnocení

Zvolená součást, určena pro kusovou výrobu, je obráběna na CNC poloautomatické (někdy také nazývané mechatronické) frézce XYZ RMX 3500. Rozsah otáček a posuvů, stejně jako způsob výměny nástrojů jsou však limitující z pohledu volby rotačních upínacích elementů, proto bylo nutné do nástrojových sestav zařadit rotační upínací elementy se stopkou DIN 2080. Přesto, že nejsou tyto upínače tolik rozšířené, vyskytují se na trhu zastoupení výrobci, kteří nabízejí upínače DIN 2080 v různých přesnostech obvodové házivosti a stupně vyvážení. Rotační upínací elementy byly vybrány od výrobce Kemmler. Patří mezi dostupné upínače s dostatečně vysokou přesností dodávané společností Dormer Pramet a jsou vhodné pro vybraný stroj. Nástroje byly vybrány od výrobce OSG. Jedná se o kvalitní, dobře dostupné nástroje s technickým zázemím v České Republice.

Pro operaci závitování byla zvolena technologie výroby závitu závitovou frézou, která je sice dražší oproti strojnímu závitníku, ale na druhou stranu nevyžaduje použití kompenzační závitovací hlavice. Upnutí závitové frézy do kleštinového upínače ER tak 32 vyjde přibližně pětkrát levněji. Výroba závitu závitníkem je ve srovnání s frézováním rychlejší, ale při jeho zalomení většinou dochází k poškození obrobku. Oprava takto poškozeného závitu je nákladná.

Navrtání a sražení hran děr je sloučeno do jedné operace. Tato operace je provedena kombinovaným nástrojem, a tím se ušetřila jedna výměna nástroje. Za účelem úspory prostředků vynaložených na nástroje a jejich upínače byla použita nástrojová sestava T1 pro více frézovacích operací.

Strojní časy byly odměřeny přímo při obrábění. Slučováním operací se dosáhlo nízkých hodnot strojních časů. Tyto hodnoty lze dále snížit použitím jiných frézovacích nástrojů, což by se ale projevilo ve vyšších pořizovacích nákladech operace.

Tab. 5.3 Seznam strojních časů.

Číslo operace	Operace	Strojní čas t_{AS} [min]
1	Frézování profilu	5,83
2	Frézování kapsy	3
3	Navrtání a sražení závitových děr	0,4
4	Vrtání děr	4,22
5	Sražení hran po obvodu součásti	2,5
7	Závitování	1,17
8	Odfrézování upínací části polotovaru	8,67

ZÁVĚR

Úroveň technologie obrábění roste a tím i snaha vyrábět kvalitní obrobky za krátký čas a nízké náklady. Vyšší nároky se projevují zejména ve vývoji obráběcích center, která umožňují kombinovat různé obráběcí procesy na plně automatizované úrovni. Podstatný vliv na výsledek samotného obrábění má volba způsobu upnutí nástroje do vřetene. Přes velmi široký výběr rotačních upínacích elementů nelze určit ideální upínač vhodný pro všechny obráběcí operace, protože každý upínač je vhodný pro použití při odlišných podmínkách.

Pro výrobu prototypu zvolené součásti byl zvolen obráběcí stroj XYZ RMX 3500. Tato CNC poloautomatická frézka s ruční výměnou nástrojů je vhodná pro kusovou a malosériovou výrobu především z důvodu snadného programování pomocí přednastavených cyklů a také díky možnosti ovládat stroj pomocí ručních koleček nebo jako plnohodnotné CNC. Stroje této kategorie dosahují přesností <0,01 mm, což je dostatečné pro jejich účel použití.

V nástrojových sestavách T2 a T4 jsou zvoleny kleštinové upínače ER 32, které umožňují velký rozsah upínacích průměrů (Ø2-20 mm), díky čemuž jsou často používané a oblíbené. Pro nástrojovou sestavu T3 bylo použito vrtací sklíčidlo s rozsahem upnutí vrtáků od Ø1 mm do Ø13 mm s rychloupínacím systémem pomocí imbusového klíče. Přestože Weldon upínač, nacházející se v nástrojové sestavě T1, může způsobovat při vysoce výkonném obrábění větší házivost upnutého nástroje, dokáže přenést vysoké krouticí momenty a byl zvolen zejména z důvodu nízké pořizovací ceny.

V případě, že by se jednalo o výrobu větší série, by bylo vhodnější použít frézovací centrum s automatickou výměnou nástrojů a zvolit jinou technologii obrábění, což by vedlo k použití dražších modernějších a přesnějších upínacích systémů.

Podle navrženého technologického postupu byla součást vyrobena z technického vosku na uvedeném obráběcím stroji. Použití této varianty postupu a navržených nástrojových sestav se při výrobě osvědčilo.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Kemmler Tools* [online]. Německo [cit. 2021-05-13].
Dostupné z: <https://kemmler-tools.com/>
- [2] *BOUKAL E-shop: Stroje s lidskou péčí* [online]. Litvínov, 2021
[cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/>
- [3] *Habilis shop: Kovoobráběcí nástroje* [online]. Praha [cit. 2021-04-03].
Dostupné z: <https://habilis-shop.eu/>
- [4] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 1. vydání.
Brno: CERM, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
- [5] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*.
Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- [6] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění 1. část* [online]. 1.
vydání. VUT v Brně: Fakulta strojního inženýrství, 2003, 138 s.
[cit. 2021-02-21]. Dostupné z:
http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-1cast.pdf
- [7] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd.
Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [8] *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. čes. vyd. Praha: Scientia, 1997.
ISBN 91-972299-4-6.
- [9] Základní operace strojního obrábění: Frézování. In: *Sszepreprov.cz* [online].
[cit. 2021-03-19]. Dostupné z:
http://www.sszepreprov.cz/dum/ov/VY_32_INOVACE_OV_2ROC_14.pdf
- [10] Zvyšování kvality výuky technických oborů. In: *SŠTO HAVÍŘOV* [online].
Havířov [cit. 2021-05-13]. Dostupné z: [https://www.ssto-havirov.cz/
katalog-obrazku/clanek-171/1669-vy-52-inovace-525-7.pdf](https://www.ssto-havirov.cz/katalog-obrazku/clanek-171/1669-vy-52-inovace-525-7.pdf)
- [11] Ruční zpracování technických materiálů II: Vyhrubování a vystružování.
In: *Sousvitavy3.netventic.net* [online]. 2013 [cit. 2021-03-19].
Dostupné z: [http://sousvitavy3.netventic.net/repository/medialib/user_273/
Rucnizpractechmaterialu/VY_32_INOVACE_OVZ_3_13.pdf](http://sousvitavy3.netventic.net/repository/medialib/user_273/Rucnizpractechmaterialu/VY_32_INOVACE_OVZ_3_13.pdf)
- [12] Vrtání a vyvrtávání. In: *Techstroj.g6.cz* [online]. [cit. 2021-03-19].
Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/T/T15.pdf>
- [13] ČEP, Robert a Jana PETRŮ. *Technologie obrábění: 5 broušení a
dokončovací technologie obrábění* [online]. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola
báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013 [cit. 2021-03-19].
ISBN 978-80-248-3012-4. Dostupné z:
[http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_001/
Technologie%20Obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD%20Text%20pro%20e-learning/
Technologie%20obrabeni%2005%20Brou%C5%A1en%C3%AD%20a%20dokon%C4%8Dovac%C3%AD%20operace%20obr%C3%A1b%C3%AD.pdf](http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_001/Technologie%20Obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD%20Text%20pro%20e-learning/Technologie%20obrabeni%2005%20Brou%C5%A1en%C3%AD%20a%20dokon%C4%8Dovac%C3%AD%20operace%20obr%C3%A1b%C3%AD.pdf)
- [14] *STYLE CNC Machines* [online]. Holland, 2021 [cit. 2021-03-25].
Dostupné z: <https://www.stylecncmachines.cz/>

- [15] *XYZ Machine Tools* [online]. Velká Británie, 2021 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://xyzmachinetools.com/>
- [16] BORSKÝ, Václav. *Obráběcí stroje*. 1. vyd. Brno: VUT, 1992. ISBN 80-214-0470-1.
- [17] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění 2. část* [online]. 1. vydání. VUT v Brně: Fakulta strojního inženýrství, 2003, 94 s. [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-2cast.pdf
- [18] Vodorovná protahovačka HRY 1450/6. In: *Kovostroj servis, spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.kovostroj servis.cz/nabizene-stroje-a-zarizeni/produkt/vodorovna-protahovacka-hry-1450-6>
- [19] Brusky bezhroté. In: *STROJMOTIV* [online]. Černá nad Orlicí [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <http://strojmotiv.cz/stroje/brusky-bezhrote/>
- [20] *Tumlikovo: Metal Cutting Technologies* [online]. Česká Republika [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/>
- [21] *Sandvik Coromant: Výroba nástrojů a nabídka řešení pro obrábění* [online]. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/pages/default.aspx>
- [22] ŘASA, Jaroslav, Přemysl POKORNÝ a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-336-3.
- [23] KRÁL, Pavel a Jan ŠRAJER. *CNC obráběcí centra*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. ISBN 978-80-7375-163-0.
- [24] DMG MORI CMX 70 U. In: *Dmgmori.com* [online]. 2021 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://en.dmgmori.com/products/machines/milling/5-axis-milling/cmx-u/cmx-70-u>
- [25] MAREK, Jiří. Multifunkční obráběcí centra. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2018 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/multifunkcni-obrabeci-centra-14043>
- [26] BORO VAN, Petr. Upínače nástrojů: rozhraní držák - obráběcí stroj. *Technický týdeník* [online]. Praha: Business Media CZ s.r.o., 2012 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/obrabeci-stroje-a-jejich-prislusenstvi/upinace-nastroju-4-rozhrani-drzak-obrabeci-stroj_8500.html
- [27] *KL-TECH s.r.o.: Nástroje, technologie, servis* [online]. Litvínov [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://klte.inshop.cz/>
- [28] *TGS: nástroje-stroje-technologické služby* [online]. Mýto [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <http://www.tgs.cz/>
- [29] *Röhm clamping devices: drill chucks, lathe chucks, HSK tools* [online]. Německo [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.roehm.biz/en/>
- [30] *PM-TECH* [online]. Praha [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.pm-tech.cz/>

- [31] BORO VAN, Petr. Upínače nástrojů. *Technický týdeník* [online]. Praha: Business Media CZ s.r.o., 2012 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/obrabeci-stroje-a-jejich-prislusenstvi/upinace-nastroju-2_8498.html
- [32] Michovský - TOOLS s.r.o.: *Nástroje, frézy a měřidla na obrábění kovů* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.nastroje.cz/>
- [33] Collet chuck main components. In: *ResearchGate* [online]. [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/a-Collet-chuck-main-components-b-tapered-collet-example_fig2_279154737
- [34] *Walter Tools: Engineering Kompetenz* [online]. Německo [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://www.walter-tools.com/>
- [35] *SCHUNK: Superior Clamping and Gripping* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://schunk.com/>
- [36] Polygonální upínače nástrojů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/polygonalni-upinace-nastroju>
- [37] Tepelné upínání nástrojů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/tepelne-upinani-nastroju-11885>
- [38] *ALBA precision: Nástroje, stroje a příslušenství* [online]. Brno [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <http://albaprecision.cz>
- [39] Vrtání děr. *Ostravská univerzita* [online]. Ostrava [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/vrtani/>
- [40] Vyvrtávání. *Elektronická učebnice* [online]. Olomouc [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1217>
- [41] *Karned Tools* [online]. Praha [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <http://www.karnedtools.cz/cs/>
- [42] BORO VAN, Petr. Poháněné nástroje a jejich upínání. *Technický týdeník* [online]. Business Media CZ s.r.o., 2012 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/obrabeci-stroje-a-jejich-prislusenstvi/upinace-nastroju-5-pohanene-nastroje-a-jejich-upinani_8501.html
- [43] *Hoffman Group* [online]. Německo [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/>
- [44] *SEMACO: tools and software* [online]. Jeseník [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.semaco.cz/cz/>
- [45] KATALOG VI: Závítování, vrtání, frézování. In: *OSG Europe* [online]. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: https://sk.osgeurope.com/sites/osg-corporate.dev/files/pdf/product_literature/09%20CZ_CAT_VI_LINKS.pdf
- [46] Toolholders DIN 2080. In: *Kemmler Tools* [online]. Německo [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: https://kemmler-tools.com/wp-content/uploads/FlippingBook/2020/KEMMLER_Katalog_2020_Kap04_DIN2080.pdf
- [47] *IndiaMART* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/>

- [48] *Grumant s.r.o.: prodej řezných nástrojů* [online]. Praha [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.grumant.cz/>
- [49] *Elektronická učebnice* [online]. Olomoucký kraj [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/>
- [50] Lícni soustruh Wmw - Madgeburg DP3. In: *Exapro* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.exapro.cz/wmw-magdeburg-dp3-p80119018/#prettyPhoto>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
CNC	Computer Numerical Control
NC	Numerical Control
HPC	Vysokovýkonné obrábění
HSC	Vysokorychlostní obrábění
HSK	Hohl Schaft Kegel
SK	Slinutý karbid
TPV	Technická příprava výroby
VBD	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
D	[mm]	Průměr díry/nástroje
f	[mm]	Posuv na otáčku
f_z	[mm]	Posuv na zub
n	[min ⁻¹]	Počet otáček za minutu
r_n	[mm]	Poloměr ostří
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
v_f	[m.min ⁻¹]	Posuvová rychlost
v_z	[m.min ⁻¹]	Rychlost zpětného pohybu
t_{As}	[min]	Strojní čas
z	[-]	Počet zubů
α_o	[°]	Ortogonální úhel hřbetu
γ_o	[°]	Ortogonální úhel čela
\emptyset	[mm]	Průměr díry/nástroje

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	PŘEHLED NÁSTROJŮ
Příloha 2	DOPLNĚK K OBRÁBĚCÍM STROJŮM
Příloha 3	KATALOG KEMMLER
Příloha 4	KATALOG OSG
Příloha 5	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

PŘEHLED NÁSTROJŮ

Soustružnické nástroje

Z technologického hlediska se dělí soustružnické nože na radiální, prizmatické, kotoučové a tangenciální. Radiální nože jsou nejčastější a lze je roztřídit podle různých hledisek:

- Materiál břítu – nože s břitů z nástrojových ocelí, ze slinutých karbidů, z řezné keramiky, z cermetů, z polykrystalických diamantů a polykrystalického nitridu boru
- Konstrukce – celistvé nože, nože s pájenou břitovou destičkou a s vyměnitelnou břitovou destičkou
- Směr posuvu – pravé (směr posuvu od koníka soustruhu k vřetenu) a levé (směr posuvu od vřetena ke koníku)
- Způsob obrábění – ubírací, závitové, zapichovací a upichovací, kopírovací a tvarové nože
- Tvar stopky nože – přímé a ohnuté nože
- Druh obráběcího stroje – soustružnické, revolverové a automatové nože

Téměř všechny dnes používané vyměnitelné břitové destičky jsou vícebřité a po opotřebení jednoho z břitů se mohou pootočit do nové polohy pro využití dalšího břítu (čtvercová oboustranná destička má 8 břitů). Výměna destiček je snadná a rychlá. Nástroj není potřeba na stroji znovu seřizovat. Způsobů upínání destiček je mnoho, nejčastěji se používá upnutí šroubkem za díru. [4; 7]



Obr. 1.1 Různá provedení soustružnických nožů s VBD [2].

PŘEHLED NÁSTROJŮ

Frézovací nástroje

Frézy se dělí dle mnoha hledisek, podle umístění břitů, tvaru zubů, průběhu ostří, upínání a konstrukce:

- Podle **umístění břitů** se frézy dělí: válcové, čelní, kotoučové, kuželové, tvarové (např. frézy na závity, frézy na ozubení),
- podle **tvaru zubů** jsou frézy: s frézovanými zuby, s podsoustruženými zuby,
- podle **průběhu ostří** zubů: s přímými zuby, se zuby do šroubovice,
- podle **upínání** se frézy dělí: stopkové, nástrčné,
- podle **konstrukce** se rozlišují frézy: celistvé (monolitní), s vyměnitelnými břitovými destičkami (obr. 1.2).

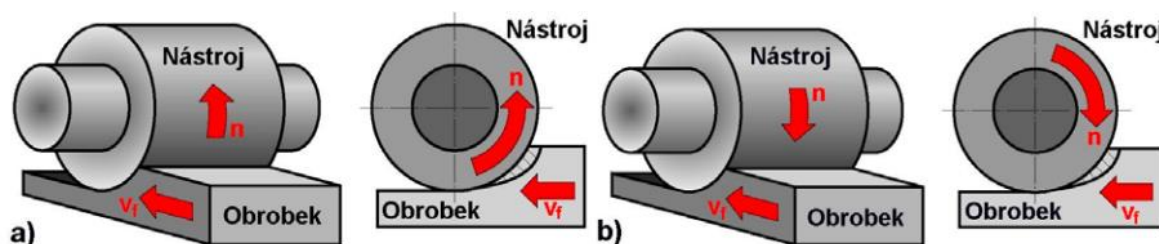
Nástrojovými materiály jsou rychlořezné oceli, slinutý karbid, řezná keramika, polykrystalický kubický nitrid boru nebo diamant. [1; 4; 5]



Obr. 1.2 Frézovací nástroje s VBD [47].

Při nesousledném frézování (obr. 1.3a) trvanlivost nástroje nezávisí na okujích, písčitém povrchu apod., není zapotřebí vymezování vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje, dochází k menšímu opotřebení šroubu a matice.

Při sousledném frézování (obr. 1.3b) se dosahuje vyšší trvanlivosti břitů, což umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů. Snižuje se potřebný řezný výkon. Řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu, takže lze použít jednodušších upínacích prostředků. Dochází k menšímu sklonu ke chvění. Vzniká menší kvalita obrobeneho povrchu. [4]



Obr. 1.3 Druhy frézování: a) nesousledné frézování, b) sousledné frézování [6].

PŘEHLED NÁSTROJŮ

Vrtací nástroje

Vrtáky, nástroje na vrtání (obr. 1.4), lze dělit dle tvaru a účelu:

- **Šroubovité vrtáky** – jsou nejpoužívanější nástroje pro vrtání děr. Jsou většinou dvoubřité se šroubovitými drážkami pro odchod třísky. Válcová fazetka na vedlejším ostří vrtáku zajišťuje vedení ve vrtané díře.
- **Kopinaté vrtáky** – jsou nejjednodušším druhem vrtacích nástrojů. Řezná část vrtáku je tvořena dvěma hlavními břity a příčným břitem. Řezná část může být ve formě VBD z rychlořezné oceli nebo ze slinutého karbidu.
- **Středící vrtáky** – slouží k navrtání důlků pro přesné určení polohy osy díry při vrtání šroubovitým vrtákem nebo pro navrtání důlků pro upínání obrobků do hrotů.
- **Frézovací vrtáky** – mají 2 až 3 VBD ze slinutého karbidu a pozitivní geometrií. Třísky jsou odváděny přímými drážkami, řezná kapalina je přiváděna do místa řezu dírami v tělese.
- **Hlavňové a dělové vrtáky** – se používají k vrtání hlubokých děr. Otvorem v tělese vrtáku je přivádění řezná kapalina. Mimo řezný plátek má vrták ještě dva vodící plátky. Řezná část je z rychlořezné oceli nebo ze SK.
- **Vrtací hlavy** – se obvykle používají pro vrtání děr velkého průměru. Jsou osazeny pájenými nebo mechanicky upínanými břitovými destičkami. Chladicí kapalina je přiváděna prostorem mezi vrtákem a dírou (metoda BTA) nebo mezi vnějším pláštěm vrtací tyče a vnitřní trubkou (ejektorová metoda). Vrtání se provádí do plna, anebo trepanačními vrtáky tzv. na jádro (větší průměry). Řezný plátek trepanačních vrtáků odebírá pouze mezikruží materiálu, uprostřed zůstává jádro. [4; 7]



Obr. 1.4 Vrtáky s VBD [48].

PŘEHLED NÁSTROJŮ

Nástroje pro vyhrubování, vystružování a zahlubování:

- **Výhrubníky** – mají 3 nebo 4 břity ve šroubovici. Slouží ke zlepšení geometrického stavu díry a k vytvoření rovnoměrného přídatku pro vystružování.
- **Vystružníky** – slouží k vytvoření přesného rozměru a k dosažení dobré jakosti obrobeného povrchu. Lze dělit podle způsobu použití na strojní a ruční. Podle tvaru se dělí na válcové a kuželové. Podle způsobu výroby se dělí na pevné, rozpínací a stavitelné.
- **Záhlubníky** – slouží pro rozšíření části díry, nebo pro sražení hrany. Jedná se o dvou nebo vícebřité nástroje s břity na čele. [4]

Vyvrtávací nástroje

Při vyvrtávání se obrábí vyvrtávacími nástroji upnutými ve vyvrtávacích tyčích nebo hlavách:

- **Vyvrtávací tyč** – slouží pro obrábění vnitřních válcových, kuželových, rovinných nebo tvarových ploch. Používají se ve třech základních variantách uložení: letmo upnutá ve vřetení, podepřená ložiskem v jednom vodícím pouzdře, podepřená ve dvou vodících pouzdrech. Pro hrubování se používají vícebřité vyvrtávací tyče, pro obrábění na čisto se používají jednobřité vyvrtávací tyče (obr 1.5).
- **Vyvrtávací hlava** – jsou nasazovány na vyvrtávací tyče a používají se pro vyvrtávání krátkých širších děr do průměru 500 mm.
- **Vyvrtávací nůž** – bývá upnut tak, aby měl seřizovatelnou polohu, a tím i velikost vyvrtávaného průměru. Nože jsou z rychlořezné oceli, řezné keramiky, s VBD ze slínutých karbidů, s diamantem, nebo kubickým nitridem boru. [7]



Obr. 1.5 Vyvrtávací tyče [49].

PŘEHLED NÁSTROJŮ

Broušící nástroje

Mezi nástroje na broušení patří broušící kotouče, segmenty, kameny a pásy, obsahující **zrna brusiva** (volná nebo vázaná) ve vhodném pojivu.

Nejpoužívanějšími nástroji jsou **broušící kotouče** různých tvarů a velikostí. Volba správného nástroje se odvíjí od klíčových vlastností:

- **Broušící materiál** – umělý korund se používá pro broušení oceli, lité oceli apod. Karbid křemíku a karbid boru se používá pro broušení litiny, mědi, mosazi, lehkých slitin apod. Kubický nitrid boru je používán pro broušení kalených ocelí, rychlořezných ocelí a litin. Syntetickým diamantem se brousí slinuté karbidy, keramika, sklo apod.
- **Velikost zrna** – rozlišuje se na hrubou, střední, jemnou a velmi jemnou, velikost zrna se určuje podle normy ČSN (značí desetinásobek průměru zrna v mikrometrech) a podle normy ISO (čtvereční palec rozdělený na políčka, velikost zrna se určuje podle počtu políček v jedné řadě - mesh).
- **Pojivo** – pro broušící kotouče z umělého korundu a karbidu křemíku se používají: keramická pojiva, pryžová pojiva, z umělé pryskyřice, magnezitová atd. Pro kotouče z kubického nitridu boru a diamantu se používají pojiva kovová, keramická, galvanická kovová a pojiva z umělé pryskyřice.
- **Stupeň tvrdosti** – odpor, který klade zrna pro vylomení z broušícího nástroje. Jsou kotouče měkké, střední a tvrdé.
- **Struktura** – čím vyšší je číslo označení, tím větší jsou vzdálenosti mezi zrny. Dělí se na hutnou, polohutnou a pórovitou.
- **Vyvažování broušícího kotouče** – k zabránění chvění se používá statické nebo dynamické vyvažování.
- **Orovnávání broušícího kotouče** – slouží k odstraňování nerovností kotouče a opotřebovaných zrn, obnoví se řezivost kotouče. Existují kontinuální orovnávače, orovnávací kameny, drtící orovnávací nástroje nebo např. diamantové orovnávače.

Při vhodně zvoleném nástroji a řezných podmínkách dochází vlivem otupování ke zvýšení řezné síly a k vylamování opotřebovaných zrn nástroje – samoostření. Odkryjí se nová ostrá zrna brusiva. [4; 13]

PŘEHLED NÁSTROJŮ

Přehled broušících technologií (obr. 1.7).

		Rovinné broušení - pohyb stolu		Broušení do kulata	
		přímočarý	otáčivý	Vnější plochy	Vnitřní plochy
Axiální					
	Tangenciální				
	Radiální				
Pohyb stolu	přímočarý				
	otáčivý				

Obr. 1.7 Obvodové a čelní broušení: n_s – otáčky broušícího kotouče, n_w – otáčky obrobku, v_{fa} – rychlost posuvu stolu (axiální), v_{ft} – rychlost posuvu stolu (tangenciální), v_{fr} – rychlost posuvu kotouče (radiální), f_a – posuv stolu (axiální), f_r – posuv kotouče (radiální) [13].

DOPLNĚK K OBRÁBĚCÍM STROJŮM

Čelní soustruhy

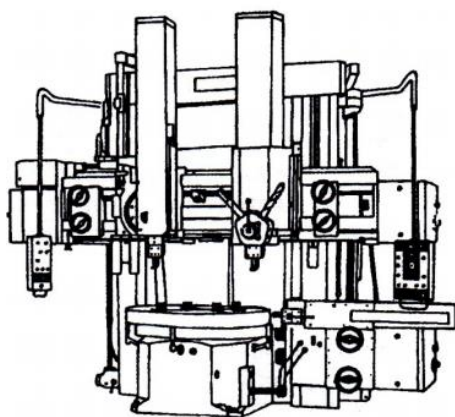
Čelní soustruhy se používají v kusové výrobě pro soustružení součástí malých délek a velkých průměrů (obr. 2.1). Obrobek se upíná na lícni desku s vodorovnou osou otáčení. Lože se suportem tvoří samostatnou jednotku. Čelní soustruhy nemají koníka. [7]

Revolverové soustruhy

Charakteristickým znakem revolverových soustruhů je revolverová hlava se svislou nebo vodorovnou osou otáčení, která umožňuje upnutí více nástrojů, které se vyměňují pootočením hlavy. Tyto soustruhy jsou určeny pro výrobu součástí v menších a středních sériích, kde je vyžadováno k obrobení více nástrojů. Oproti hrotovým soustruhům je tak snížen nevýrobní čas při výměně nástrojů a tím se zvyšuje produktivita práce. [4; 7]

Svislé soustruhy

Svislé soustruhy neboli **karusely** mají svislou osu otáčení vodorovné upínací desky, na kterou je upnut obrobek. Používají se pro soustružení velkých rotačních součástí malého poměru délky k průměru. Mezi hlavní části karuselů patří otočný stůl, stojany a příčnický na suporty. Vyrábějí se buď jedno stojanové, s průměrem desky do 1000 až 2000 mm, anebo dvoustojanové (obr. 2.1), s průměrem desky do 18 000 mm. [4; 16]



Obr. 2.1 Dvoustojanový svislý soustruh (vlevo) [6],
Čelní soustruh WMW – Madgeburg (vpravo) [50].

DOPLNĚK K OBRÁBĚCÍM STROJŮM

Stolové frézky

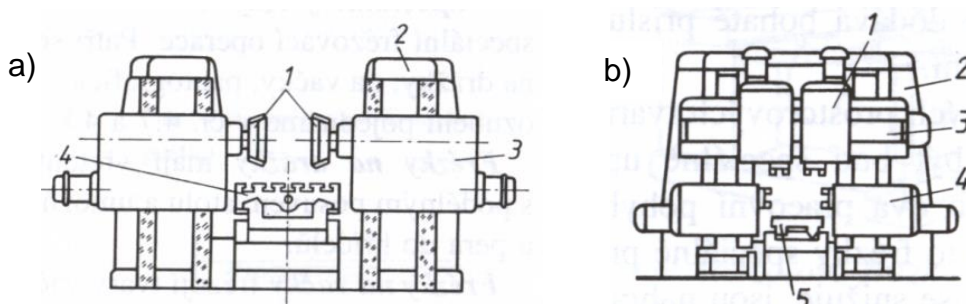
Stolové frézky nemají konzolu, výška upínací plochy stolu je neměnná a svislý pohyb vykonává vřeteník. Pracovní stůl se pohybuje příčně i podélně. Stolové frézky se vyrábějí ve svislém i vodorovném provedení (obr. 2.2). Na těchto frézkách s vysokou tuhostí a přesností lze kvalitně a produktivně obrábět i rozměrnější součásti.



Obr. 2.2 Stolová frézka Knuth KB [2].

Rovinné frézky

Rovinné frézky slouží frézování velmi rozměrných a těžkých součástí. Pracovní stůl se pohybuje pouze v jednom vodorovném směru. Vřeteník se pohybuje po svislém stojanu frézky (obr. 2.3a). Nástroj se vysouváním pinoly z vřeteníku pohybuje příčně. Rovinné frézky se vyrábějí s jedním nebo dvěma vřeteníky, na sobě nezávislými. Na rovinných frézkách se obrábějí rovinné plochy nejčastěji frézovacími hlavami, a úzké plochy a drážky stopkovými frézami. Mezi nejvýkonnější frézovací stroje patří **rovinné portálové frézky** (obr. 2.3b). Tyhle frézky mají oba stojany spojené příčnicí se svislým posuvem, na příčnici je jeden nebo dva samostatné vřeteníky. K frézování se používají velké frézovací hlavy.



Obr. 2.3 Druhy rovinných frézek: a) rovinná frézka se dvěma stojany (1 – frézy, 2 – stojan, 3 – vřeteník, 4 – pracovní stůl) b) portálová frézka (1 – svislý vřeteník, 2 – stojan, 3 – portál, 4 – vodorovný vřeteník, 5 – pracovní stůl) [7].

Speciální frézky

Speciální frézky tvoří rozsáhlou skupinu dalších typů frézek, určené pro různé frézovací operace. Patří sem frézky na ozubení, frézky na závity, na drážky, na vačky, pantografické frézky apod. [4; 7; 16]

DOPLNĚK K OBRÁBĚCÍM STROJŮM

Stolní vrtačky

Stolní vrtačka obsahuje vřeteník, se kterým lze posouvat na krátkém sloupu, čímž se dá měnit vzdálenost nástroje od stolu. Vřeteník nese motor, převodovku a vřetení.

Sloupové vrtačky

Sloupové vrtačky mají oproti stolním vrtačkám delší sloup, po kterém lze výškově posouvat i stůl. Používají se pro vrtání větších průměrů než na stolních vrtačkách. Podobně konstruovány se vyrábějí **stojanové vrtačky**, které mají robustní stojan nesoucí vřeteník i stůl.

Radiální vrtačky

Radiální vrtačky mají rameno, na kterém se pohybuje vřeteník ve vodorovném směru. Rameno lze výškově posouvat a otáčet na sloupu. Využívají se pro vrtání otvorů do rozměrnějších obrobků.

Souřadnicové vrtačky

Souřadnicové vrtačky se vyrábějí s vřeteníkem pohyblivým na příčniku a spolu s příčником výškově nastavitelným. Obrobek upnutý na pracovní stůl koná posuvný pohyb. V druhé variantě může být vřeteník výškově polohovatelný na stojanu a pohyb obrobku ve vodorovné rovině je zajištěn křížovým stolem.

Speciální vrtačky

Speciální vrtačky se využívají pro speciální vrtací operace. Mezi tyto vrtačky patří např. jeřábem přenosné vrtačky s otočnou hlavou, vrtačky na hluboké díry, vícevřetenové vrtačky, stavebnicové vrtačky apod. [7; 16]

Stolové vyvrtávačky

Jejich vřeteník se nachází na stojanu a je výškově nastavitelný, vřetení koná hlavní rotační řezný pohyb a zároveň se vysouvá z vřeteníku. Pracovní stůl lze posouvat příčně i podélně po ložích a otáčet kolem svislé osy. Pohyb vřeteníku a stolu je zajištěn vodicími šrouby.

Deskové vyvrtávačky

Stojan s vřeteníkem těchto vyvrtávaček se může pohybovat podél desky, na které je upnutý obrobek. Deskové vyvrtávačky nemají pracovní stůl. Používají se k obrábění velkých a těžkých obrobků.

Jemné vyvrtávačky

Jedné vyvrtávačky mají jeden a více vřeteníků na loži z jedné nebo obou stran. Obrobek je upnut na pracovním stole a může se posouvat po loži. K vyvrtávání na jemných vyvrtávačkách se používají krátké tuhé vyvrtávací tyče. [4; 7]

DOPLNĚK K OBRÁBĚCÍM STROJŮM

Hrotové brusky

Slouží k broušení rotačních ploch, kde obrobek je upnut mezi hroty. Hrotové brusky se vyrábějí **s posuvným stolem**, nebo **s posuvným vřeteníkem**. Brusky s posuvným stolem mají vřeteník a koník umístěný na stole, který koná přímočarý vratný pohyb a vřeteník koná přířuv. U brusek s posuvným vřeteníkem je posuv a přířuv konán vřeteníkem, obrobek pouze rotuje.

Bezhruté brusky

Používají se v sériové výrobě většinou pro vnější broušení. Mají dva vřeteníky, jeden s brousicím kotoučem a druhý s podávacím kotoučem. Obrobek není upnut, je unášen mezi kotouči, tření mezi podávacím kotoučem a obrobkem musí být větší než obvodová síla mezi brousicím kotoučem a obrobkem.

Brusky na díry

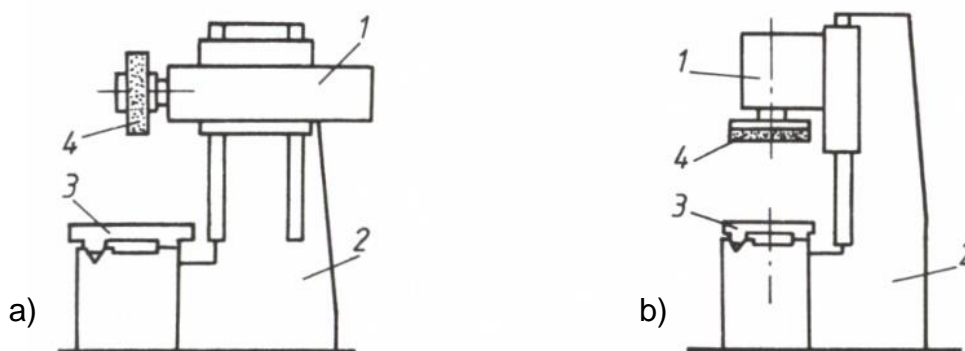
Slouží k broušení válcových, kuželových a tvarových rotačních ploch. Vyrábějí se běžně ve vodorovném provedení. Obrobek je upnut do sklíčidla pracovního vřeteníku. Brousící vřeteník koná posuvový pohyb a má vlastní elektromotor. Z důvodu malého průměru brousícího kotouče jsou potřeba velmi vysoké otáčky.

Rovinné brusky

Tyto brusky se používají k broušení rovinných ploch. Brousí se obvodem nebo čelem kotouče. Obrobek je upevněn na elektromagnetickou desku. Vyrábějí se vodorovné a svislé rovinné brusky (obr. 2.4). Stoly rovinných brusek konají nejčastěji přímočarý vratný pohyb.

Speciální brusky

Do této skupiny lze zařadit další druhy brusek pro konkrétní technologické operace. Mezi speciální brusky se řadí např. brusky na broušení závitů, brusky na broušení ozubení, brusky na broušení klikových nebo vačkových hřídelů, nástrojářské brusky pro broušení nástrojů apod. [4; 13; 16]



Obr. 2.4 Rovinná bruska: a) pracující obvodem kotouče, b) pracující čelem kotouče [7].

KATALOG KEMMLER

Výstřížek z katalogu Kemmler: upínač pro nástrojovou sestavu T1 a T4 [46].



Fräseraufnahmen DIN 6359 für Zylinderschäfte DIN 1835-B

DIN 2080

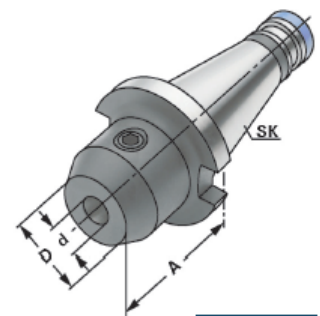
End mill holders DIN 6359 for end mills DIN 1835-B
 Porte-fraises DIN 6359 pour queues cylindriques DIN 1835-B



Verwendung:
 Zum Spannen von zylindrischen Werkzeugschäften mit seitlicher Spannfläche nach DIN 1835 Form B (Weldon).

Application:
 For mounting straight-shank tools with lateral flat according to DIN 1835 form B (Weldon).

Application:
 Pour le serrage d'outils avec queue cylindrique et avec méplat suivant DIN 1835 forme B (Weldon).



DIN 2080 $\nearrow \leq 0,003$ G6.3 15.000 min⁻¹



Bestell-Nr. Order no. Référence	SK	dH4	A	D
301.04.06	SK 30	6	40	25
301.04.08	SK 30	8	40	28
301.04.10	SK 30	10	40	35
301.04.12	SK 30	12	40	42
301.04.14	SK 30	14	50	44
301.04.16	SK 30	16	50	48
301.04.18	SK 30	18	50	50
301.04.20	SK 30	20	63	52
401.04.06	SK 40	6	50	25
401.04.08	SK 40	8	50	28
401.04.10	SK 40	10	50	35
401.04.12	SK 40	12	50	42
401.04.14	SK 40	14	50	44
401.04.16	SK 40	16	63	48
401.04.18	SK 40	18	63	50
401.04.20	SK 40	20	63	52
401.04.25	SK 40	25	80	65
401.04.32	SK 40	32	80	72
401.04.40	SK 40	40	90	80

Hinweis: Ab d = 25 mit zwei Spannschrauben
 Note: From d = 25 on two clamping screws
 Observation: A partir de d = 25 avec deux vis de serrage

KATALOG KEMMLER

Výstřížek z katalogu Kemmler: upínač pro nástrojovou sestavu T2 [46].

Spannfutter für Spannzangen

DIN 2080



DIN 6499 (ISO 15488) System ER

Collet chucks for collets DIN 6499 (ISO 15488) ER-system

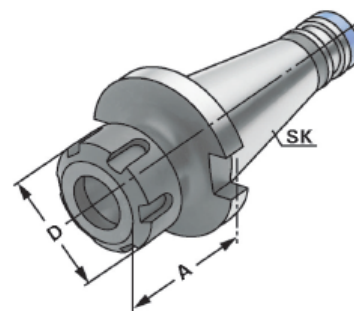
Mandrins à pinces pour pinces DIN 6499 (ISO 15488) système ER



Verwendung:
Zur Aufnahme von Werkzeugen mit
Zylinderschaft in Spannzangen.

Application:
For mounting straight-shank tools in
collets.

Application:
Pour le serrage d'outils avec queue
cylindrique dans des pinces de serrage.



DIN 2080

 $\uparrow \leq 0,003$ G6,3
15.000 min⁻¹

14.04

Bestell-Nr. Order no. Référence	SK	Spannbereich Capacity Capacité	A	D
301.02.16	SK 30	2 – 16 (ER 25)	50	42
301.02.20	SK 30	2 – 20 (ER 32)	50	50
401.02.16	SK 40	2 – 16 (ER 25)	50	42
401.02.20	SK 40	2 – 20 (ER 32)	50	50
401.02.26	SK 40	3 – 26 (ER 40)	80	63
501.02.20	SK 50	2 – 20 (ER 32)	63	50
501.02.26	SK 50	3 – 26 (ER 40)	63	63

Lieferumfang: Mit gewuchteter Spannmutter
Delivery: With balanced clamping nut
Livraison: Avec écrou de serrage équilibré

KATALOG KEMMLER

Výstřížek z katalogu Kemmler: upínač pro nástrojovou sestavu T3 [46].

CNC-Bohrfutter für Rechts- und Linkslauf

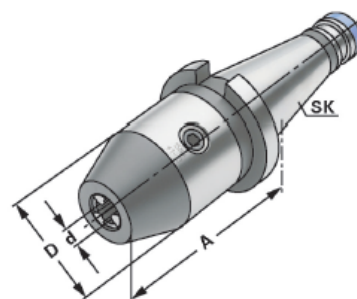
DIN 2080



CNC-Drill chucks for clockwise and counter clockwise rotation
Mandrins de perçage CNC pour rotation gauche-droite



Verwendung:
Zur Aufnahme von Werkzeugen mit
Zylinderschaft.
Application:
For mounting tools with straight shanks.
Application:
Pour le serrage d'outils avec queue
cylindrique.



DIN 2080

 $\nearrow \leq 0,030$
 $G6.3$
15.000 min⁻¹

14.04

4

Bestell-Nr. Order no. Référence	SK	Spannbereich Capacity Capacité	A	D
301.15.08	SK 30	0 – 8	60	36
301.15.13	SK 30	1,0 – 13	90	50
301.15.16	SK 30	2,5 – 16	95	50
401.15.08	SK 40	0 – 8	63	36
401.15.13	SK 40	1,0 – 13	83	50
401.15.16	SK 40	2,5 – 16	88	50
501.15.13	SK 50	1,0 – 13	85	50
501.15.16	SK 50	2,5 – 16	90	50

Hinweis: Hohe Präzision und Rundlaufgenauigkeit von $\leq 0,03$ mm. Sichere Spannung des Werkzeuges durch mechanische Spannkraftverstärkung. Kein selbständiges Lösen der Spannung während der Bearbeitung bei Links- oder Rechtslauf, sowie bei Spindelstop. Spannen und Lösen mit Sechskantschlüssel.

Note: High precision and accurate concentricity of ≤ 0.03 mm. Secure gripping of the tool through mechanical amplification of the clamping force. No automatic slackening of the clamping force while machining with either clockwise or counter clockwise rotation or on spindle stop. Clamping and releasing effected by means of an Allen wrench.

Observation: Précision élevée et exactitude de circularité de $\leq 0,03$ mm. Serrage sûr de l'outil grâce à l'amplification de la force de serrage. Pas de desserrage intempestif en cours d'usinage lors de la rotation la gauche ou la droite, de même qu'en cas d'arrêt de la broche. Serrage et desserrage en utilisant un clé sur à fourche.

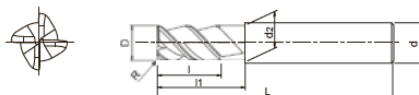
Lieferumfang: Mit Spannschlüssel
Delivery: With wrench
Livraison: Avec clé de serrage

KATALOG OSG

Výstřížek z katalogu OSG: fréza pro nástrojovou sestavu T1 [45].

EPL-HP-4FL

Frézování | Karbid



- Karbidová fréza s povlakem WXL
- Pro obecné použití a exotické materiály
- 4 drážky, variabilní šroubovice a nerovnoměrné rozestupy, rohový rádius
- Weldon stopka



Frézování | Karbid



EDP	Z	D	R	L	l1	l	d1	d
EP01930499	4	4	-	57	-	11	-	6
EP01930400	4	4	0,25	57	-	11	-	6
EP01930401	4	4	0,5	57	-	11	-	6
EP01930402	4	4	1	57	-	11	-	6
EP01930599	4	5	-	57	-	13	-	6
EP01930500	4	5	0,25	57	-	13	-	6
EP01930501	4	5	0,5	57	-	13	-	6
EP01930502	4	5	1	57	-	13	-	6
EP01930699	4	6	-	57	20	13	5,8	6
EP01930600	4	6	0,25	57	20	13	5,8	6
EP01930601	4	6	0,5	57	20	13	5,8	6
EP01930602	4	6	1	57	20	13	5,8	6
EP01930603	4	6	1,5	57	20	13	5,8	6
EP01930899	4	8	-	63	25	19	7,8	8
EP01930800	4	8	0,25	63	25	19	7,8	8
EP01930801	4	8	0,5	63	25	19	7,8	8
EP01930802	4	8	1	63	25	19	7,8	8
EP01930803	4	8	1,5	63	25	19	7,8	8
EP01931099	4	10	-	72	30	22	9,8	10
EP01931000	4	10	0,25	72	30	22	9,8	10
EP01931001	4	10	0,5	72	30	22	9,8	10
EP01931002	4	10	1	72	30	22	9,8	10
EP01931003	4	10	1,5	72	30	22	9,8	10
EP01931004	4	10	2	72	30	22	9,8	10
EP01931006	4	10	3	72	30	22	9,8	10
EP01931299	4	12	-	83	38	26	11,8	12
EP01931200	4	12	0,25	83	38	26	11,8	12
EP01931201	4	12	0,5	83	38	26	11,8	12
EP01931202	4	12	1	83	38	26	11,8	12
EP01931204	4	12	2	83	38	26	11,8	12
EP01931206	4	12	3	83	38	26	11,8	12
EP01931207	4	12	4	83	38	26	11,8	12
EP01931499	4	14	-	83	38	26	13,8	14
EP01931400	4	14	0,25	83	38	26	13,8	14
EP01931402	4	14	1	83	38	26	13,8	14
EP01931699	4	16	-	92	44	32	15,8	16
EP01931600	4	16	0,25	92	44	32	15,8	16
EP01931601	4	16	0,5	92	44	32	15,8	16
EP01931602	4	16	1	92	44	32	15,8	16
EP01931604	4	16	2	92	44	32	15,8	16
EP01931606	4	16	3	92	44	32	15,8	16
EP01931607	4	16	4	92	44	32	15,8	16

KATALOG OSG

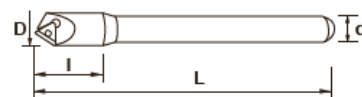
Výstřižek z katalogu OSG: víceúčelový nástroj pro nástrojovou sestavu T2 [45].

HY-PRO-CARB

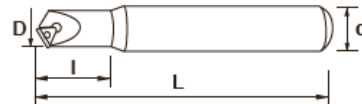
Vrtání | Navrtávání a sražení hran



Typ 3



Typ 4



- Vyměnitelný víceúčelový nástroj pro centrování a sražení hran



Vrtání | Navrtávání a sražení hran

EDP	Vrcholový úhel	D	L	I	d	Typ
738095	90°	22,5	130	30	20	3
738097	90°	22,5	200	50	25	3
738096	120°	26,6	130	35	25	4
738098	120°	26,6	200	50	32	4



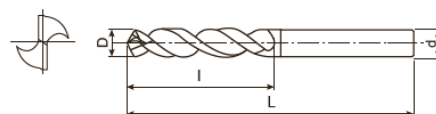
EDP	Označení	Materiál	Povlak	R	P		M		K		N		S		H	
					Suchá	Smáč	Suchá	Smáč	GG	GGG	Suchá	Smáč	Suchá	Smáč	Suchá	Smáč
73819000	NK2020	Karbid		0,6	●		○									
73819011	NK6060	Karbid	TiAIN	0,6		●										
73819100	NK1010	Karbid		0,6			●									
73819111	NK8080	Karbid	TiAIN	0,6							●					

KATALOG OSG

Výstřížek z katalogu OSG: vrták pro nástrojovou sestavu T3 [45].

HYP-HP-3D

Vrtání | Karbid | 3xD



- Karbidový vrták s povlakem WDI
- Do 3xD
- Obecné použití
- 154 velikostí



EDP	D	L	l	d
30200100	1	35	7	3
30200110	1,1	35	7	3
30200120	1,2	35	8	3
30200130	1,3	35	8	3
30200140	1,4	35	9	3
30200150	1,5	40	9	3
30200160	1,6	40	10	3
30200170	1,7	40	10	3
30200180	1,8	40	11	3
30200190	1,9	40	11	3
30200200	2	45	13	3
30200210	2,1	45	13	3
30200220	2,2	45	13	3
30200230	2,3	45	13	3
30200240	2,4	45	15	3
30200250	2,5	50	15	3
30200260	2,6	50	15	3
30200270	2,7	50	17	3
30200280	2,8	50	17	3
30200290	2,9	50	17	3
30200300	3	62	20	6
30200310	3,1	62	20	6
30200317	3,17 (1/8)	62	20	6
30200320	3,2	62	20	6
30200330	3,3	62	20	6
30200340	3,4	62	20	6
30200350	3,5	62	20	6
30200357	3,57 (9/64)	62	20	6
30200360	3,6	62	20	6
30200370	3,7	62	20	6
30200380	3,8	66	24	6
30200390	3,9	66	24	6
30200397	3,97 (5/32)	66	24	6
30200400	4	66	24	6
30200410	4,1	66	24	6
30200420	4,2	66	24	6
30200430	4,3	66	24	6
30200437	4,37 (11/64)	66	24	6
30200440	4,4	66	24	6
30200450	4,5	66	24	6
30200460	4,6	66	24	6
30200470	4,7	66	24	6
30200476	4,76 (3/16)	66	24	6
30200480	4,8	66	28	6
30200490	4,9	66	28	6

EDP	D	L	l	d
30200500	5	66	28	6
30200510	5,1	66	28	6
30200516	5,16 (13/64)	66	28	6
30200520	5,2	66	28	6
30200530	5,3	66	28	6
30200540	5,4	66	28	6
30200550	5,5	66	28	6
30200556	5,56 (7/32)	66	28	6
30200560	5,6	66	28	6
30200570	5,7	66	28	6
30200580	5,8	66	28	6
30200590	5,9	66	28	6
30200595	5,95 (15/64)	66	28	6
30200600	6	66	28	6
30200610	6,1	79	34	8
30200620	6,2	79	34	8
30200630	6,3	79	34	8
30200635	6,35 (1/4)	79	34	8
30200640	6,4	79	34	8
30200650	6,5	79	34	8
30200660	6,6	79	34	8
30200670	6,7	79	34	8
30200675	6,75 (17/64)	79	34	8
30200680	6,8	79	34	8
30200690	6,9	79	34	8
30200700	7	79	34	8
30200710	7,1	79	34	8
30200714	7,14 (9/32)	79	41	8
30200720	7,2	79	41	8
30200730	7,3	79	41	8
30200740	7,4	79	41	8
30200750	7,5	79	41	8
30200754	7,54 (19/64)	79	41	8
30200760	7,6	79	41	8
30200770	7,7	79	41	8
30200780	7,8	79	41	8
30200790	7,9	79	41	8
30200794	7,94 (5/16)	79	41	8
30200800	8	79	41	8
30200810	8,1	89	47	10
30200820	8,2	89	47	10
30200830	8,3	89	47	10
30200833	8,33 (21/64)	89	47	10
30200840	8,4	89	47	10
30200850	8,5	89	47	10

Vrtání | Karbid

3xD

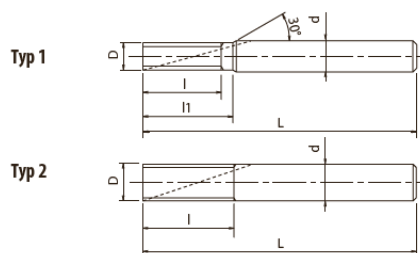
B

KATALOG OSG

Výstřížek z katalogu OSG: závitovací fréza pro nástrojovou sestavu T4 [45].

AT-1 NOVINKA

Závitování | frézování závitů | metrické



- První volba pro kvalitu a výkon
- Závitová fréza s jedním průchodem
- Povlak EgiAs
- Frézování vnitřního závitů

Závitování | frézování závitů

P C ≤ 0,2%	P C 0,25-0,4%	P C ≥ 0,45%	P SCM	M INOX	K GG	K GGG	N Al	N Al, ADC	H 25-35 HRC	H 35-45 HRC	m/min
80-160	80-160	80-160	60-120	60-120	80-160	60-120	80-160	100-300	80-200	80-200	

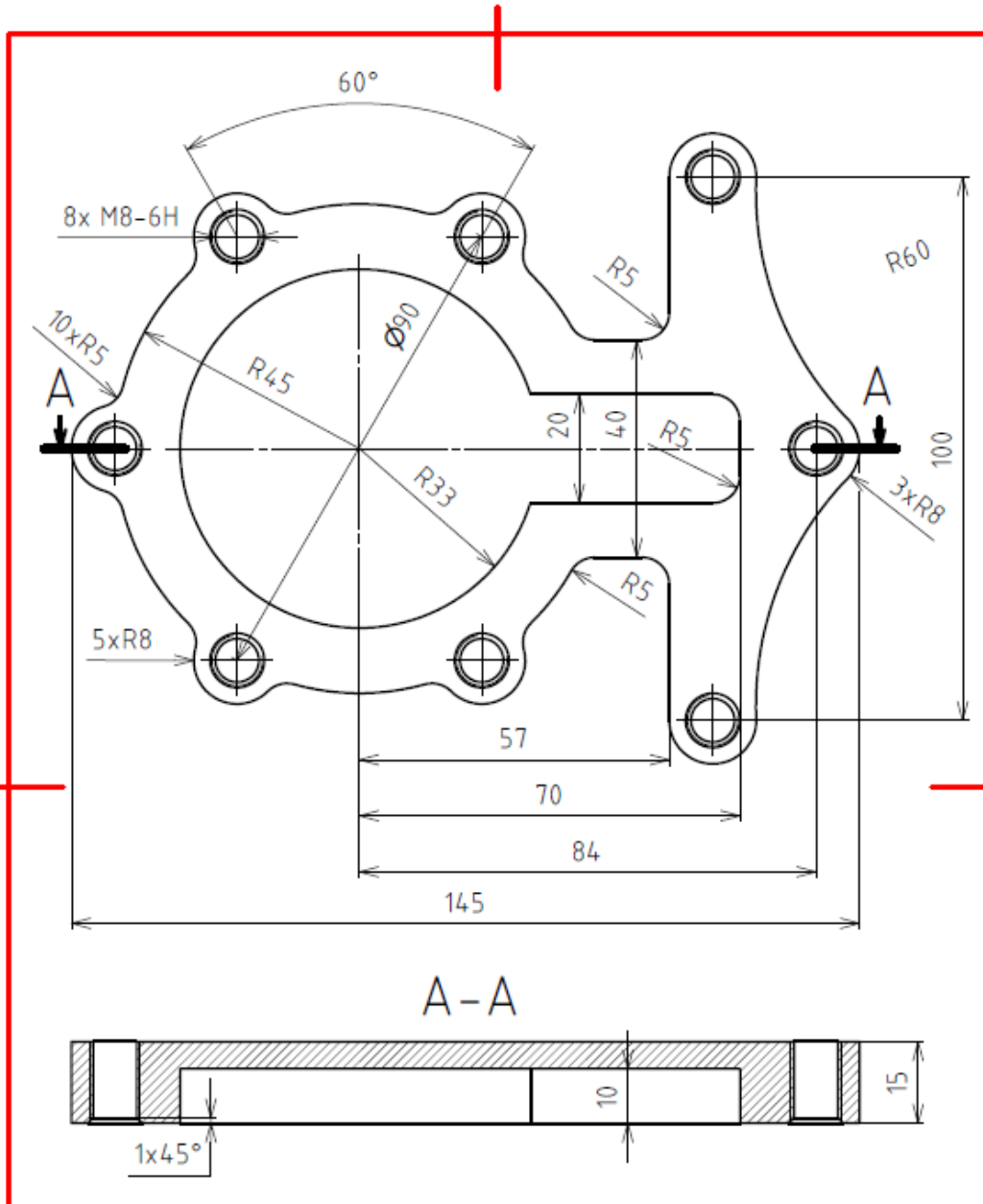



Metrické

EDP	Min. ø řezacího vývrtnu	P	D	L	l	l1	d	Z	Typ
8331000	M6	0,75	4,5	75	13,5	16	6	4	1
8331001	M6	1	4,5	75	14	16	6	4	1
8331002	M8	0,5	5,7	75	17	-	6	4	2
8331003	M8	1	5,7	75	18	-	6	4	2
8331004	M8	1,25	5,7	75	18,75	-	6	4	2
8331005	M10	1	7,7	85	22	-	8	4	2
8331006	M10	1,25	7,7	85	22,5	-	8	4	2
8331007	M10	1,5	7,7	85	24	-	8	4	2
8331008	M12	1	9,7	100	26	-	10	5	2
8331009	M12	1,25	9,7	100	27,5	-	10	5	2
8331010	M12	1,5	9,7	100	27	-	10	5	2
8331011	M12	1,75	9,7	100	28	-	10	5	2
8331012	M14	0,5	11,7	120	29	-	12	5	2
8331013	M14	0,75	11,7	120	30	-	12	5	2
8331014	M14	1	11,7	120	30	-	12	5	2
8331015	M14	1,5	10,7	120	31,5	34,5	12	5	1
8331016	M14	2	9,7	100	32	-	10	5	2
8331017	M16	1	13,7	135	34	39	16	5	1
8331018	M16	1,5	13,7	135	36	39	16	5	1
8331019	M16	2	11,7	120	36	-	12	5	2
8331020	M18	2,5	11,7	120	42,5	-	12	5	2
8331021	M20	1,5	15,7	135	43,5	-	16	5	2
8331022	M20	2,5	13,7	135	45	50	16	5	1
8331023	M24	1,5	19,7	150	51	-	20	6	2
8331024	M24	2	19,7	150	52	-	20	6	2
8331025	M24	3	19,7	150	54	-	20	6	2

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Výkres součásti – víko.



Drsnost povrchu Ra 3,2	Hrany -0,3 / 0,3	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768-mH
			Promítání
			Sestava
Materiál S235JRC	Polotovár 120x20-150 ČSN 42 5522	Hmotnost 0,79 kg	Chráněno podle ISO 16016
	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	Název VÍKO	
	Kreslil MICHAL ČECH	Číslo dokumentu 1	
	Schválil		
	Datum vydání 03.05.2021		
			List 1/1