

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



Upínání obrobků u třískového obrábění
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Jiří Votava Ph.D.

Vypracoval:
Libor Ampapa

Brno 2016

ZADÁNÍ

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „*Upínání obrobků u třískového obrábění*“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na náklady spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

Poděkování

Velice rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jiřímu Votavovi Ph.D. za cenné rady, odborné vedení, profesionální přístup a ochotu při konzultacích bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena zejména na upínání obrobků na strojích určených pro třískové obrábění. Pro jednotlivé druhy obrábění je upínání z větší části odlišné, proto je ukázáno na možnosti upnutí obráběného materiálu při různém strojním obrábění. Při soustružení je rozebráno i obrábění při složitém upnutí, například dlouhých obrobků menších průměrů nebo upínání na lícni desku. Pro operace vykonávané na obráběcích strojích je kladen velký důraz hlavně na bezpečnost a kvalitu upnutí, od kterého je dále odvíjena i finální přesnost obrobku. Bakalářská práce přináší ale i možnosti pro upínání nástrojů při obrábění na soustruzích, frézkách a CNC strojích. U každého upínacího zařízení je popsáno, na jakém funkčním principu funguje a jaké je jeho využití.

Klíčová slova: Obrábění, upínání obrobků, nástroje, strojírenství

Abstract

This Bachelor's Thesis focuses primarily on clamping techniques of workpieces in machine tools set for cutting operation. As these are generally different in different types of machining, the Thesis presents options for clamping the worked material in various ways of machining. In terms of tooling, working with complex clamping is also described; for example clamping long workpieces of small diameter or clamping on a face plate. In machine tool operations, the stress is put on safety and quality of clamping, which impacts the eventual accurateness of the workpiece. Furthermore, the Thesis presents options for clamping tools when working on lathes, milling machines and CNC machines. In each mentioned clamping machine, there is also a description of its functional principle and its use.

Keywords: Machining, workpiece clamping, tool, machine-tool.

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíl práce	8
3	Současné technologie třískového obrábění	9
3.1	Obrábění tvarových, rovinných ploch.....	9
3.2	Obrábění vnějších a vnitřních rotačních ploch.....	9
3.3	Vytváření kruhových otvorů	10
3.4	Další metody obrábění	11
3.4.1	Broušení	11
3.4.2	Hoblování a obrážení	11
3.4.3	Vyvtávání	11
4	Upínání obrobků při soustružení	12
4.1	Požadavky na upínání obrobků	12
4.1.1	Použití lící desky.....	12
4.1.2	Soustružnické trny	13
4.1.3	Universálního sklíčidlo	15
4.1.4	Upínání mezi hroty	16
4.1.5	Kleštiny.....	18
4.1.6	Upínání obrobků u počítačem řízených soustruhů	19
5	Speciální upínání obrobků	19
5.1	Podepírání obrobků opěrkami	19
5.2	Upínání na úhelník	21
6	Upínání obrobků na frézkách	22
6.1	Frézovací přípravky	22
6.2	Otočné a sklopné svěráky.....	23
7	Strojní upínky	24
8	Univerzální dělicí přístroj	25
8.1	Přímé dělení	26
8.2	Nepřímé jednoduché dělení.....	26
8.3	Nepřímé úhlové dělení	27
8.4	Dělené na nestejně díly	28
8.5	Diferenciální dělení	28
9	Upínání nástrojů	28
9.1	Požadavky na upínání nástrojů.....	28
9.2	Upínání nástrojů při soustružení	28
9.2.1	Nožové hlavy a upínky	29
9.2.2	Revolverová hlava	30
9.2.3	Upínání nástrojů do pinoly koníka.....	32
10	Upínání frézovacích nástrojů	33
10.1	Uchycení válcových a kuželových nástrojů.....	33
10.2	Tepelné a hydraulické upínací zařízení.....	34
10.3	Nástrojové hlavy	35
11	Upínací síly při soustružení	37
11.1	Určení sil	37
11.2	Řezné síly a odpory při soustružení	37
12	Závěr	39
13	Seznam použitých zkratk	40
14	Seznam použitých obrázků a tabulek	41
15	Seznam použitých zdrojů	42

1 Úvod

Technologie obrábění patří mezi základní technologické procesy ve strojírenském odvětví. Obrábění slouží k odebrání třísky z materiálu ve většině případech rotačním pohybem obrobku nebo nástroje. Samotné obrábění sahá do daleké historie. Ve výrobních procesech navazuje na technologie, jako jsou tváření, slévání nebo polotovary vyrobené nekonvenčními metodami obrábění, například pálením plazmy nebo oddělování paprskem vody.

Obrábění je technologický proces, který obvykle zabírá asi jednu třetinu výrobního procesu, proto jsou na něj kladeny veliké nároky, vznikají nové technologie a zvyšují se požadavky na přesnost obrábění. Na konečnou přesnost obrobku má nemalý vliv jeho upnutí, to zajišťuje pevné a bezpečné ustavení obrobku a brání jeho uvolnění působením odstředivých a řezných sil. S neustále se zvyšujícími nároky na produktivitu práce a zvýšení automatizace výroby je samotné upínání část technologického procesu, která musí být provedena precizně a co v nejkratším časovém intervalu. Volba správného zařízení, které upne obrobek do požadované polohy vůči nástroji, se mění podle zvolené technologie obrábění a podle velikosti a druhu obráběného materiálu. U jednotlivých obráběcích metod se nároky na upnutí mohou lišit.



Obr. 1: schéma rozdělení frézek a soustruhů

Základní rozdělení třískového obrábění lze rozčlenit do dvou hlavních skupin. Jedná se o obrábění rotačních (soustružení) a rovinných ploch (frézování). Systematické schéma strojů pro jednotlivé operace je znázorněno na obr. 1. Jde o primární rozdělení, podle kterého se volí pracovní postupy pro jednotlivé výrobní operace.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce na téma „Upínání obrobků u třískového obrábění“ je teoretický popis upínacích zařízení používaných ve strojírenské výrobě. V první kapitole jsou rozděleny současné technologie třískového obrábění. V následujících kapitolách práce je zpracováno upínání obrobků a nástrojů při obrábění rotačních a tvarových ploch, které budou doplněné teoretickými poznatky a obrázky. V závěru bakalářské práce je provedeno vyhodnocení jednotlivých technologických postupů pro upínání obrobků a nástrojů. Tyto rešerše zpracovávají metodiku upínání řezných nástrojů základních typů obráběcích strojů používaných ve strojírenské praxi.

3 Současné technologie třískového obrábění

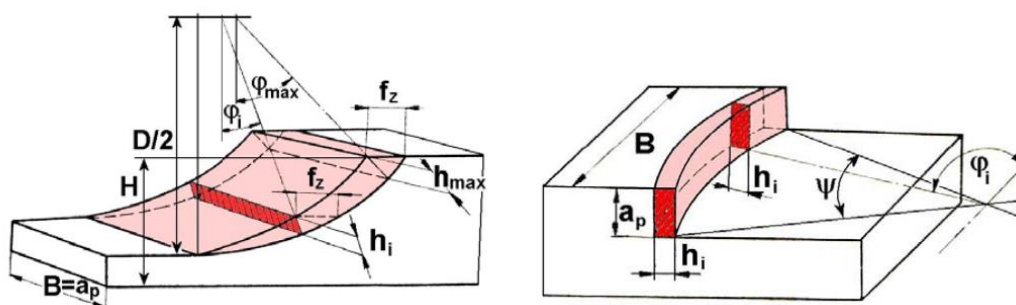
3.1 Obrábění tvarových, rovinných ploch

Obrábění tvarových a rovinných ploch, neboli frézování je metoda třískového obrábění rovinných ploch ale i ploch nejrozmanitějších tvarů jakou jsou drážky nebo ozubená kola. Obrábění probíhá za pomoci vícebřitého nástroje zvaného fréza, který koná hlavní řezný pohyb, který je rotační. Vedlejší pohyby vykonává obrobek. Frézování je proces přerušovaný, jednotlivé břity nástroje do materiálu postupně vcházejí a vycházejí. [35]

Rozlišují se dva základní typy frézování, sousledné a nesousledné. U sousledného frézování je směr otáčení frézy a směr posuvu shodný, u nesousledného jsou opačné. Frézování se provádí na strojích, které se nazývají frézky. Ty se dělí podle základní konstrukce na konzolové, rovinné, stolové, speciální, NC a CNC.

Frézování válcové se děje obvodem tvarové nebo válcové frézy. Osa otáčení nástroje je rovnoběžná s obráběnou plochou.

U čelního frézování se tříska odebrává obvodem i čelem frézy nebo frézovací hlavy, osa nástroje s plochou obrobku jsou na sebe kolmé (viz obr. 2). Frézování čelní je oproti válcovému frézování produktivnější. [36]



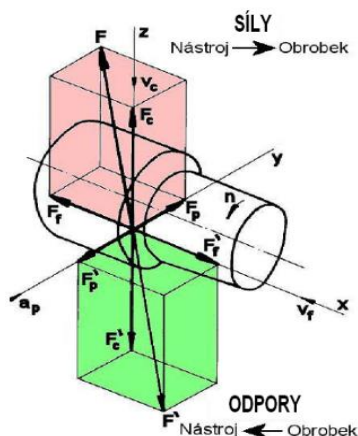
Obr. 2: Průřez třísky při válcovém a čelním frézování [1]

3.2 Obrábění vnějších a vnitřních rotačních ploch

Obrábění rotačních ploch neboli soustružení patří mezi nejčastější typy strojního obrábění. Soustružení je ubírání materiálu z povrchu rotujícího obrobku. Provádí se na obráběcím stroji zvaném soustruh. Nejpoužívanější v kusové a malosériové výrobě je pro svou univerzálnost soustruh hrotový, dále se používají soustruhy revolverové, čelní, NC a CNC

Podstatou soustružení je, že obrobek, který je upnutý ve stroji, rotuje a vykonává hlavní řezný pohyb. Vedlejší pohyby, přísuv a posuv koná nástroj soustružnický nůž, ten je upnutý v nožové hlavě. Další práce, které se na soustruhu mohou provádět, jsou upichování, vrtání, kopírování, vytváření kuželů a řezání závitů. [37]

Celková síla vznikající při soustružení F_e se skládá ze tří sil: - řezné síly obrábění F_c , posuvné síly obrábění F_f a pasivní síly obrábění F_p (viz obr. 3). [59]



Obr. 3: Síly působící při soustružení [2]

3.3 Vytváření kruhových otvorů

Výroba kruhových otvorů patří k základním způsobům obrábění, nazývá se vrtání. Na tento výrobní proces často navazují další metody obrábění jako je na vystružování, vyhrubování nebo řezání vnitřních závitů. Hlavní rotační i přímočarý pohyb koná řezný nástroj. Nejrozšířenější druhy strojních vrtaček jsou sloupová, stojanová a stolní. Nejčastěji používaný nástroj je šroubovitý vrták, který je opatřen dvěma šroubovitými drážkami, které zajišťují odvod třísek z otvoru. Při vrtání nezáleží na tom, jestli je díra průchozí nebo slepá. Průchozí díry jsou z technologického hlediska snadno obrobitelné. U neprůchozích děr se musí počítat ještě se zakončením, přesnou hloubkou a nutností odříznutí třísky na dně. Ta se odřezává tak, že vrták udělá na dně ještě několik otáček po zastavení posuvu. [35]

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Charakteristickým rysem vrtáků a všech ostatních nástrojů na otvory je to, že řezná rychlost se zvětšuje od středu k obvodu nástroje. V ose nástroje je hodnota nulová. Za řeznou rychlost se považuje ta, která je na maximálním průměru ostří nástroje a určuje se stejně jako u většiny obrábění ze vztahu. [35], [37]

3.4 Další metody obrábění

3.4.1 Broušení

Broušení je dokončovací operací pro součástky, které byly vyrobeny některým jiným způsobem obrábění nebo odlitím. Broušením se docílí velmi přesných rozměrů a hladkého povrchu. Broušení se používá i na broušení ztupených nástrojů. Broušící kotouč koná hlavní řezný rotační pohyb, skládá se z brusných zrn, které jsou k sobě spojeny pojivem v pevný celek. [36]

3.4.2 Hoblování a obrážení

Hoblování a obrážení jsou hodně podobné způsoby obrábění. Při hoblování koná hlavní vratný přímočarý pohyb obrobek a nástroj se posouvá do řezu. U obrážení je to naopak. Hoblovka a obrážečky, jak svislé, tak vodorovné, patří mezi nejuniverzálnější obráběcí stroje, protože obě operace jsou velmi jednoduché. Obráží a hoblují se nejen plochy, ale i vnitřní povrchy nebo nepravidelné tvary. [39]

3.4.3 Vyvrtávání

Metoda obrábění, kterou se rozšiřují předvrtané, předlisované, předkované, předlité nebo nějakým jiným způsobem předhotovené díry na požadovaný tvar nebo rozměr.



Obr. 4: Vyvrtávací nůž Silent Tools [3]

Tato metoda se používá nejen při práci na „hotovo“, ale i při hrubování. Při vyvrtávání se obrábí vyvrtávacími noži, ty mohou být samostatné nebo upevněny na vyvrtávacích hlavách nebo tyčích. [36]

4 Upínání obrobků při soustružení

4.1 Požadavky na upínání obrobků

- Obráběný materiál musí být ve správné poloze vůči nástroji
- Obrobek musí být upnut pevně a mít dostatečnou tuhost
- Upínání musí být co nejjednodušší
- Rychlost upínání – rychlost upínání ovlivňuje volba upínacího zařízení v závislosti na průměru, délce a váze obrobku.
- Bezpečné upnutí – materiál musí být zajištěn, tak aby se při vlivu řezné síly odporu a odstředivé síly neuvolnil. Při upínání obrobku, jehož poměr délky k průměru je větší než 2 až 3 se obrobek podepírá hrotem.
- Přesnost upínání – odvíjí se od přesnosti upínacího zařízení
- Upnutí musí být odolné vůči vibracím
- Soustřednost
- Vyváženost
- Odolnost vůči chvění a vibracím

4.1.1 Použití lícní desky

Do lícních desek se upínají obrobky větší a obrobky s neválcovými plochami pravidelného a nepravidelného tvaru, například tělesa ložisek, hranaté součásti. Lícní desky lze použít také k soustružení nesymetrických obrobků. Použití upínacích desek se rozšíří, připojí-li se na upínací desku různé upínací přípravy. [38]

Upínací desky:

- Desky s drážkami
- Elektromagnetické
- Magnetické

Obrobky nepravidelného tvaru upínané na lícní desce nemají rovnoměrně rozloženou hmotu okolo osy. Nejsou vyvážené a vzniká odstředivá síla, která způsobuje chvění nebo otřásání soustruhu. Proto se předchází škodlivým účinkům právě odstředivé síly vyvážením obrobku protizávažím, které se přichycuje na protější stranu upínací desky.

Vyvažování obrobku na upínací desce je dynamické nebo statické. Nepravidelné obrobky se většinou vyvažují staticky. Velikost závaží a vzdálenost od osy soustružení se vyhledává zkusmo. Dynamické vyvážení se používá při sériové výrobě u nepravidelných obrobků s velkými řeznými rychlostmi. Výpočet hmotnosti protizávaží, jeho umístění a zjištění ostatních údajů je velmi složité. [38], [41]



Obr. 5: Univerzální upínací deska [4]



Obr. 6: Magnetická upínací deska [5]

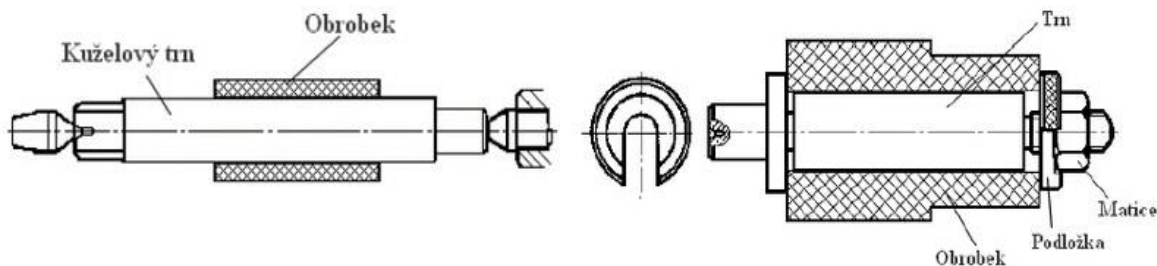
4.1.2 Soustružnické trny

Na trn se upínají při soustružení obrobky, jejichž povrch nebo některé části mají být souosé s obrobeným otvorem, například pouzdra, ozubená kola, výlisky, odlitky, řemenice. Obráběný materiál se nalisuje na upínací trn tak, aby se při obrábění neprotáčel, a trn s obrobkem se podepře otočným hrotem v koníku. Na přesnosti otvoru v obrobku závisí i přesnost souososti otvoru a obráběného vnějšího povrchu.

Obrobky s obrobenou dírou lze upnout na rozpínací nebo pevný trn. Pevné upínací trny jsou lehce kuželové, závitové nebo válcové. Činná část trnu může mít ale i jiný tvar.

Nejpoužívanější normalizované kuželové upínací trny mají velmi malou kuželovitost, například 1:2500 až 1:3000, a to proto, aby se při upínání vyvinula mezi stykovými plochami dostatečná třecí síla potřebná pro bezpečné upnutí. Na kuželový trn se obrobek nalisuje. Aby se díra v obrobku trvale nedeformovala, musí být obrobek vždy očištěný a neporušený. Obrobek se na trn nesmí narážet, ale vždy lisovat rovnoměrným tlakem.

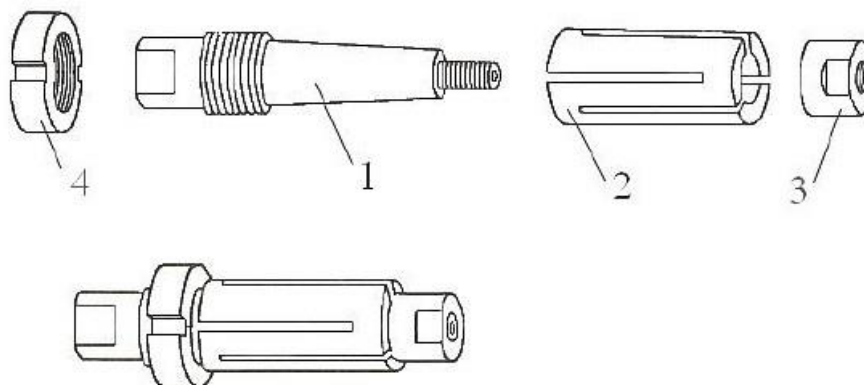
Kuželové trny se příliš nehodí pro sériovou výrobu, protože umístění obrobku se mění a musí se pokaždé nastavovat poloha nástroje (viz obr. 7). [38], [42]



Obr. 7: Upínání na kuželový trn a obrobek upnutý letmo [6]

Válcové trny jsou pro sériovou výrobu vhodnější. Obrobek se opře o osazení na trnu a přitlačí se maticí. Tím se zajistí stejná poloha všech obráběných součástí u obrobků, které mají průměr větší než je největší průměr maticice. Na válcové trny se upínají obrobky s malou vůlí mezi trnem a dírou, např. v tolerančním poli g6 nebo f7 a díra H8. Proto jejich uložení není tak přesné jako u kuželových trnů. Čela, na které se dotahuje maticice, musí být kolmá na osu obrobku, aby se obrobek po dotažení nekřížil. Při upínání kratších a lehčích materiálů lze upevňovat na trny letmo. Trn je zakončen morse kuželem, který se nasadí do kuželové dutiny vřetene. Letmo upnuté trny se mohou chvět nebo házet, proto mají menší přesnost.

Závitové trny upínané letmo umožňují upínání malých součástí s vnitřním závitem, např. části armatur nebo maticice. Upínají se také za morse kužel v dutině vřetena. Na trn lze upínat pouze obrobky s pravým vnitřním závitem. U obrobků s levým závitem musí být trn opatřen pojistnou maticí, která brání vytočení. Při pravém závitu se obrobek při opracování naopak zatahuje, a pak bývá problém s povolováním. [42], [41], [38]



Obr. 8: Rozpínací trn: 1 - trn, 2 - rozpínací pouzdro, 3 - maticice, 4 - čelní maticice [7]

Rozpínací trny (viz obr. 7) se používají při upínání obrobků, které mají větší úchylky. Jejich průměr lze přizpůsobit průměru díry rozpínacím pouzdem nebo kuželem. Rozpínací trny se upínají jak mezi hroty tak letmo. Na kužel trnu se nasadí rozpínací pouzdro, které má kuželovou díru a po obvodu má vodorovně s osou kužele několik zářezů aby se mohl roztahovat. Pouzdro se po kuželu posouvá dotahováním matice, čímž se trn rozpíná, a tím se upíná obrobek. Čelo matice tvoří pro obrobek dorazovou plochu. [38]

4.1.3 Universálního sklíčidlo

Sklíčidlo je nejuniverzálnější a nejpoužívanější upínací zařízení. Slouží k rychlému vystředěnému upnutí různě tvarovaných obrobků. Na hrotovém soustruhu se většinou používá tříčelist'ové sklíčidlo (viz obr. 9), protože obráběné materiály mají často tvar šestihranu. Dále se používají čtyřčelist'ové, které ovšem nejsou tak univerzální a mají menší škálu možností upínaných materiálů. Čelisti ve sklíčidle jsou většinou kalené, opatřené několika stupni odsazení, vyměnitelné a otočné. Otočení čelistí (viz obr. 10) nám umožní uchycení větších průměrů za venkovní průměr. S nekalenými čelistmi se dosahuje veliké sousosti, nepoškozuje se povrch obráběného materiálu a značně se snižuje možnost deformace upínací silou.



Obr. 9: Tříčelist'ové sklíčidlo [8]



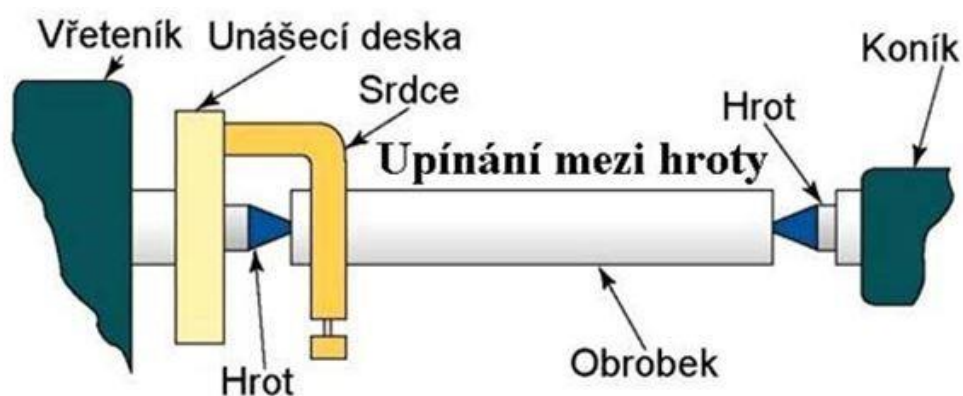
Obr. 10: Čtyřčelist'ové sklíčidlo [8]

Čelisti smějí vyčnívat ze sklíčidla jen po bezpečnostní rysku. Když vyčnívají více, nejsou dostatečně vedeny, upínací síla je příliš malá a zvyšuje se tak nebezpečí úrazu. [41], [42]

Upínací síla sklíčidla musí být dostatečně velká, aby mohl být přenesen potřebný točivý moment. Krom toho musí odolávat působením řezné síly na páce. Materiály, které jsou těžké a dlouhé, se musí podepírat na konci středícím otočným hrotem v koníku. Velké upínací síly kalenými čelistmi vedou k poškození povrchu obrobku a způsobují jeho deformaci. Velikost upínací síly musí být přizpůsobena tvaru a druhu materiálu a velikosti řezné síly. [41], [42]

4.1.4 Upínání mezi hroty

Delší součásti a díly, které kladou velké nároky na obvodové házení, se upínají mezi středící hroty. Rotační pohyb je na ně přenášěn unáščem. Hroty mohou být pevné nebo otočné, u pevných středících hrotů, jeden je uložen v koníku, se volí malé otáčky a hrot se musí bezpodmínečně mazat. Při vysokých otáčkách se volí otočný středící hrot. Otáčení obrobku obstarávají srdce a unášče (viz obr. 11). Upínání je rychlé a obrobené plochy jsou velice souosé. Hlavní nevýhoda tohoto upnutí je taková, že nelze soustružit obrobek po celé délce při jednom upnutí, protože zde překáží unášecí srdce. Musí-li se obrobek opracovat po celé délce, je nutno ji otočit a znovu upnout, a tím je práce zpomalena. Proto se toto upínání používá hlavně u takových součástí, které jsou buď osazeny, nebo se neobrábí část, kde je unášče uchycen, nebo se z technologických důvodů tato část obrábí až v další operaci. Nejznámějším unáščem je unášecí srdce. Srdce se skládá z tělesa a šroubu. Navlékne se na obrobek a dotáhne se šroubem. Unášecí srdce se používá zejména při soustružení součástí nasazených na kuželových a válcových trnech menších průměrů. [42]



Obr. 11: Upínání mezi hroty [10]

Obrobek má na obou čelech středící dűlky. Aby se získala základní výchozí plocha, musí se zarovnat čelo obrobku. Středící dűlky se navrtají na vrtačce podle rýsování na zvláštní

navrtávače nebo v univerzálním sklíčidle na soustruhu. Důlky slouží k podepření nebo upnutí obrobku. Skládají se z krátkého válcového otvoru a kuželového zahloubení většinou s úhlem 60° . Středící důlky mohou mít i zahloubení, které slouží pro ochranu, jestliže má být chráněn před poškozením nebo jestli se bude ještě soustružit čelo. Vrtáky pro středění pracují s velmi vysokým počtem otáček a malým posuvem. [38]

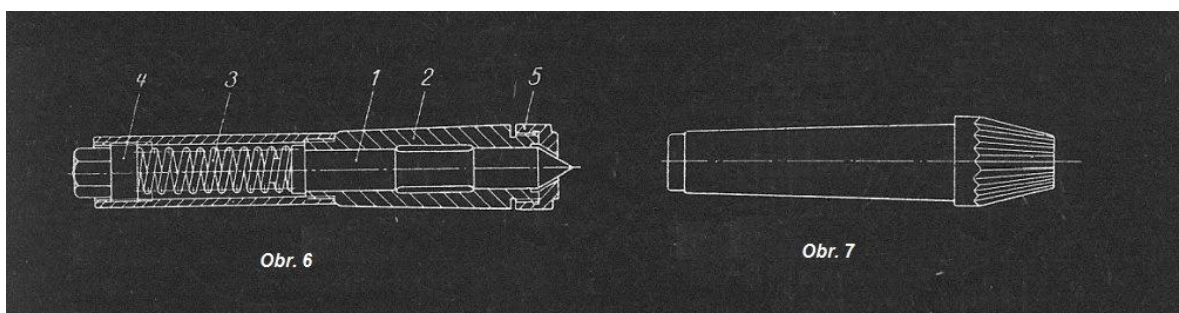
Normální upínací hrot se skládá z hrotu a matice. Matice usnadňuje vyjmutí hrotu z kuželové dutiny ve vřetenu stroje. Nemá-li hrot tuto matici, musí se vyrážet skrz vřeteno pomocí tyče. Úhel hrotu je obvykle 60° , jen výjimečně se používá hrotů s úhlem 90° . Hrot upnutý v hrotové objímce koníku nemívá matici, poněvadž se vyráží šroubem hrotové objímky.



Obr. 12: Upínací hrot [11]

Pro upnutí součástí zvláště malých průměrů se používá hrotů zploštělých, jen na straně koníku, aby se usnadnil přístup nástroje blízko k ose soustruženého obrobku.

Při soustružení velkými reznými rychlostmi se broušené hroty rychle opotřebovávají a často se i zadírají. Proto se na jejich funkční části často navažují vrstvy z jakostních ocelí. Otočný hrot je uložen v pouzdru na jednom axiálním ložisku a dvou radiálních.



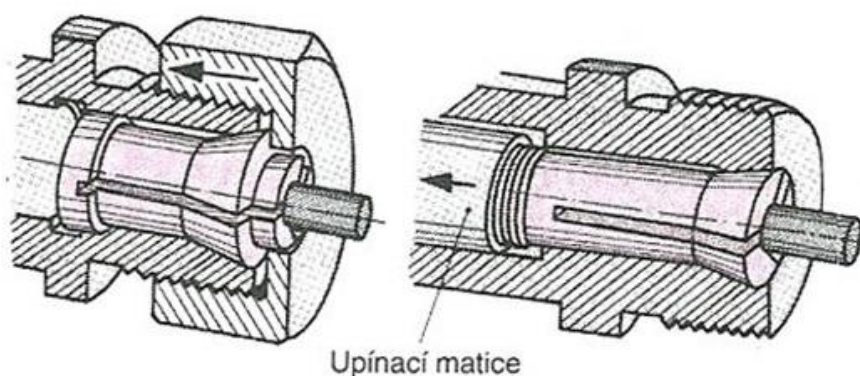
Obr. 13: Odpružený a rýhovaný hrot [12]

Poněvadž hloubka středících důlků může být u jednotlivých obrobků různá, nelze při upnutí mezi těmito hroty zajistit přesnou polohu obrobku vzhledem k jeho podélné ose. Tato závada se projevuje při soustružení větší série stejných součástí, na nichž jsou osazení různých průměrů. Požadovaného upnutí lze dosáhnout pomocí odpruženého nebo posuvného hrotu s pevným dorazem. Hrot s tělesem válcového tvaru je posuvně uložen ve válcové díře kuželového pouzdra. Zadní čelo hrotu se opírá o pružinu, která vytlačuje hrot z pouzdra. Pružina se napíná zátkou.

Trubky nebo hřídele s většími dírami se upínají pomocí tzv. unášecích rýhovaných hrotů. Tyto hroty jsou normalizovány a lze jich používat i k unášení obrobku, takže není nutný unášec a povrch trubky lze obrobit při jednom upnutí. [42], [38], [3]

4.1.5 Kleštiny

Kleštinová sklíčidla se upínají za vnější průměr, vně sklíčidla je zasunuta kleština, která stahuje obráběný materiál (viz obr. 14). Kleštiny mohou mít tvar otvoru nejen kulatého průřezu, ale i čtvercového nebo šestihenného. Obrobek nasazený do kleštiny je až po axiální doraz upnutý sevřením vnitřním průměrem kleštiny, která dosedne na plochu obrobku. Kinematický řetězec upnutí musí obsahovat samosvorný člen, aby se zabránilo nežádoucímu přerušení upínací síly a nedošlo tak k uvolnění obrobku. Kleštiny se vyznačují poklesem upínací síly se zvětšujícími se otáčkami, a protože kontakt s upínaným dílcem se děje ve velké ploše, má výhodu pro upínání tenkostěnných a lehkó deformovatelných materiálů. Další výhodou je malé obvodové házení v rozmezí 0,0015 – 0,03mm.



Obr. 14: Řez kleštiny [13]

Nevýhodou toho upínání je malý rozsah průměrů jednotlivých kleštin v rozsahu 1-2mm a axiální posuv obrobku během upínání. U standardních kleštinových upínačů dochází k axiálnímu posuvu obrobku během upínání. Silově ovládané kleštiny u CNC strojů umožňují

měnit upínací sílu během obráběcího cyklu. U dokončovacích prací je upínací síla menší. Obrobek se méně deformuje a má vyšší přesnost. [44]

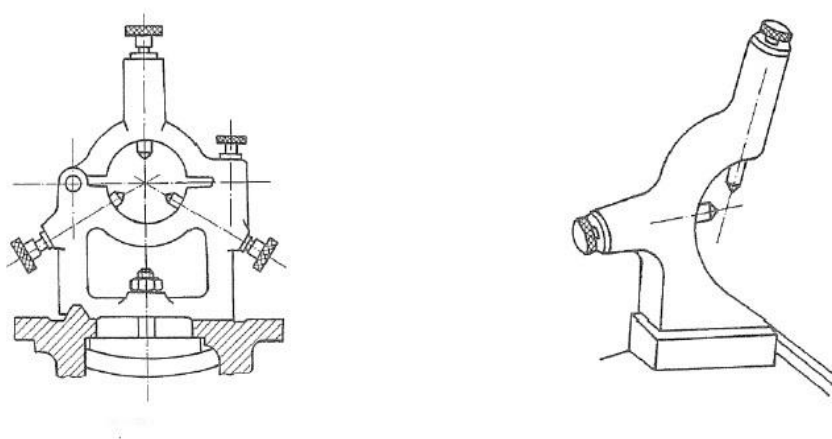
4.1.6 Upínání obrobků u počítačem řízených soustruhů

Upínání obrobků na CNC soustruzích je velmi podobné jako upínání u hrotového soustruhu. Nejčastěji se upíná do samosvorných sklíčidel, ať už za vnější nebo vnitřní plochu. Používá se i upínání mezi dva hroty nebo mezi hroty s čelním unášením nebo upínání do hydraulického válce. Materiál kruhového průřezu se většinou upíná do kleštiny nebo do přípravků. Při soustružení působí velké odstředivé síly, proto je kladen velký požadavek na sílu upínání. Ta je automaticky regulována systémem pro vyšší bezpečnost a je kontrolována čidlem. Další možnost upínání obrobků u soustružnických NC a CNC strojů je za použití čelního unášeče s odpruženými hroty. Krouticí moment se přenáší řezným odporem soustružnických nožů. [40], [43]

5 Speciální upínání obrobků

5.1 Podepírání obrobků opěrkami

Opěrky se používají při upínání dlouhého tyčového materiálu kruhového průřezu, dělí se na pevné a pohyblivé opěrky (viz obr. 15).



Obr. 15: Pevná a pohyblivá opěrka [14]

Pevné opěrky se upínají napevno na lože soustruhu. Vhodné jsou nejen pro soustružení dlouhých součástí, ale také pro podepření delších součástí, které nelze zasunout až do vřetena

a obrábí se na nich čelo nebo se do nich vrtá a nemůžou se tak podepřít hrotem. Tyto opěrky mají nastavitelné kladky nebo dotyky. V případě dotyků se musí součást mazat, aby se povrch obrobků tolik nezahříval a nebyl jimi povrch deformován.

Čelisti se přestavují radiálně, jsou kalené nebo broušené, pro měkčí materiály jsou vyrobeny z bronzu. Novější typy mají na čelistech plátky ze slinutých karbidů. [38], [41]

Pohyblivé opěrky se používají hlavně při soustružení velmi dlouhých hřídelů nebo při řezání dlouhých závitů, připevňují se na suport, obrobek se opírá o 2 čelisti a soustružnický nůž nesmí při řezání měnit polohu vůči čelistem. Při obrábění tenkých a dlouhých kulatin se může upnout i více opěrek vedle sebe, jedna nebo dvě jsou pevné a jednu pohyblivou.

Dalším druhem jsou mobilní opěrky, ty jsou uloženy na saních soustruhu, hrubovací nůž se umísťuje před opěrku a dokončovací nůž naopak za opěrku. [38]

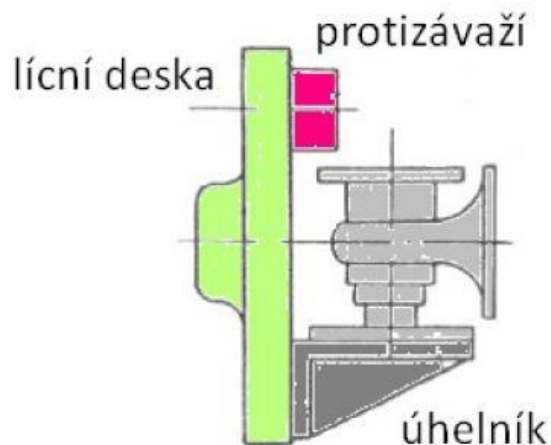


Obr. 16: Samo středící opěrka RÖHM [15]

Samostředící opěrky pracují za pomoci hydrauliky. Středění je zajištěno písty, které se posouvají v pevném tlakovém válci. Těleso opěrky se ukládá stacionárně na lože soustruhu nebo mobilně na jeho saně. Pro obrábění obrobků menších průměrů lze použít mechanickou opěrku s přítlačnou čelistí nebo magnetickou opěrku. Ta má dvě čelisti a třetí čelist je nahrazena magnety.

5.2 Upínání na úhelník

Upínání na úhelník je vhodné zejména při soustružení převodovek, karterů, statorů elektromotorů a dalších součástí, kde je složité upínání. Úhelník se upne na upínací desku (viz obr. 17), na které je již pevně upnutý obrobek. Obrobek se vystředí podle orýsování hrotem nebo číselníkovým úchylkoměrem. Lícni deska se po upnutí musí vyvážit co nejpřesněji protizávažím, které se upíná na vnitřní stranu desky, pokud je to možné. Soustruh se nesmí zapínat, dokud není lícni deska dostatečně vyvážená.

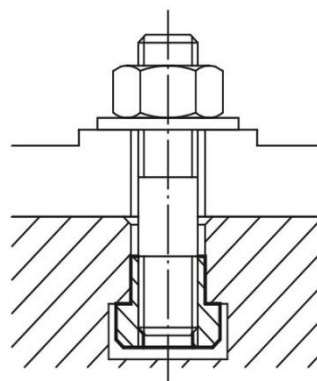


Obr. 17: Lícni deska [16]

Upínání na úhelník vyžaduje vyvažování vhodným protizávažím, které vychází z hmotnosti úhelníku a jeho příslušenství. Obrobek se vyvažuje staticky a dynamicky. Staticky se vyvažuje hlavně v malosériových výrobcích a při malých otáčkách. Při vysokých otáčkách se obrobek musí vyvažovat i dynamicky. [38], [39]

6 Upínání obrobků na frézkách

Upnutí obrobku na frézce musí být pevné a bezpečné a součást se nesmí deformovat vlivem upnutí. Při frézování vznikají velké řezné síly, a proto by měli tyto síly a tlaky vzniklé obráběním působit hlavně proti pevným částem upínacího zařízení.



Obr. 18: Frézovací stůl s drážkami [17]

Obr. 19: Řez upínacím šroubem [9]

Frézované plochy by měli být co nejbližší stolu frézky (viz obr. 18). Obrobky, které jsou vysoko nad stolem, vyžadují podepření. Tenké materiály se musí podepřít tak, aby se působením sil neprohýbali. Dosedací plochy upínacích zařízení musí být vždy očištěné a nesmí bránit odlétávání třísek. [39]

Na frézku se veškeré upínací prvky připevňují upínacími šrouby (viz obr. 19), které jsou ve tvaru T a jsou vsunuty do drážek pracovní plochy frézky a jsou přitahovány maticí. Opak těchto šroubů jsou matice, které jsou také ve tvaru T drážky a přitahuje se šroubem. [35]

6.1 Frézovací přípravky

Upínací přípravky slouží zejména ke zkrácení vedlejšího času zejména v sériové výrobě. Přípravky zjednodušují a urychlují nastavení obrobku a tím se ulehčuje jeho upnutí. Zvyšuje se přesnost práce a často se do přípravku dá upnout i více kusů najednou, což zvyšuje produktivitu.

Přípravky se dělí na univerzální a speciální. Mezi univerzální patří univerzální sklíčidlo, strojní svěráky a dělicí přístroje. Uplatňují se především v kusové výrobě při upínání obrobků různých velikostí a tvarů. Speciální se používají zejména při sériové výrobě pro jeden druh výrobku, který má stálé rozměry. [42]

Možnosti upínání frézovacích přípravků:

- Mechanické
- Pneumatické
- Hydraulické
- Elektromagnetické

Pneumatické upínací přípravky se snadno obsluhují, rychle upínají a vyvíjejí velkou a stálou regulovatelnou upínací sílu. Pro upnutí se využívá energie stlačeného vzduchu, která se účelně přeměňuje na mechanickou. [45], [42]

Výpočet pro velikost upínací síly: $F = S \cdot p \cdot \eta = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta$ [N]

S - činná plocha pístu, p - tlak vzduchu, η - účinnost zařízení (0,6 až 0,9)

6.2 Otočné a sklopné svěráky

Do svěráku se většinou upínají součásti menších rozměrů. Svěráky jsou pevné, otočné, sklopné a prizmatické (viz obr. 20 a 21). Jsou ovládány mechanicky, elektricky nebo pneumaticky. Strojní svěráky vynikají materiálovým zpracováním.



Obr. 20: Sklopný svěrák [18]



Obr. 21: Pevný svěrák [19]

Vyznačují se velkou přesností a tuhostí. Dokáží obráběný materiál upnout s dostatečnou pevností. Tělesa a pohyblivé svěráky jsou vyrobeny z kvalitní litiny. Každý svěrák je osazen vyměnitelnými rýhovanými čelistmi, které jsou kaleny.

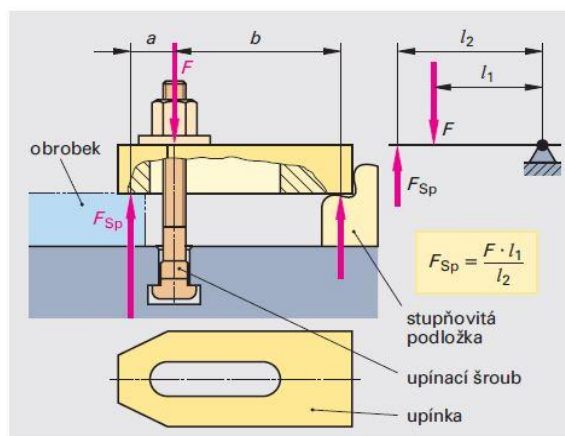
Čelisti mohou být i prizmatické nebo vroubkované. Frézovaná plocha musí být co nejbližší čelistem, aby nedocházelo k vibracím a chvěním. [47], [46]

Prizmatický svěrák slouží k upnutí menších válcových materiálů, čelisti tohoto svěráku se mohou pohybovat a polotovary přitlačují k prizmatické vložce, která obrobek zároveň středí. Obrobky lze upnout jak do polohy horizontální tak vertikální. Otočný svěrák od pevného se liší jen tím, že je navíc vybaven točnicí o rozsahu 360°. Sklopný svěrák má točnici stejně jako otočný, ale je navíc vybaven možností pootočení obráběného materiálu ke kolmé rovině až o 90° s aretací nastavení úhlu.

Na frézku se svěrák připevňuje pomocí speciálních upínacích šroubů ve tvaru T, ty jsou zasunuty v drážkách pracovního stolu frézky. Svěrák se připevňuje do takové polohy, aby jeho upínací čelisti byly rovnoběžné nebo kolmé s drážkami stolu. Tuto polohu zajišťují vodící kameny, které jsou přišroubované na spodní straně svěráku a zapadají do pracovních drážek stolu. Přesnější poloha svěráku na stole se dá docílit číselníkovým úchylkoměrem. Ten se upevní na nepohyblivou část frézky a příčným nebo podélným pohybem stolu se zjistí úchylka postavení svěráku. [47], [46]

7 Strojní upínky

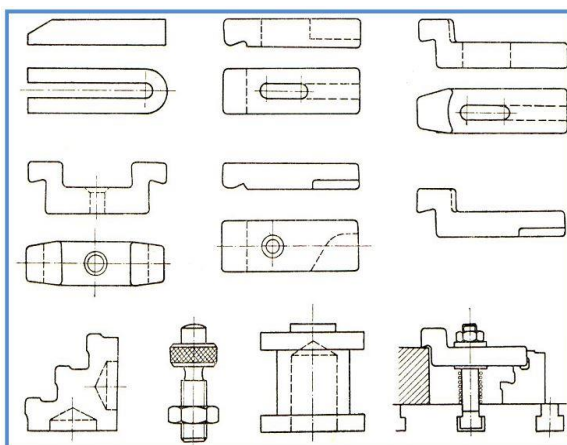
Upínání veškerých obrobků, odlitků a výkovek s komplikovaným tvarem se provádí přímo na plochu pracovního stolu frézky. K tomuto upnutí slouží upínky odlišných tvarů.



Obr. 22: Upínání pomocí upínky [20]

Upínky se stejně jako ostatní upínací zařízení připevňují pomocí šroubu, který se zakládá do T drážky. Upínky mají různé tvary.

Poloha obrobku na stole se dá usnadnit orýsováním, tím zjistíme velikosti přídavek na plochách, které se mají obrobit. Při upínání je velice důležité, aby šrouby, které upínku drží, byly upevněny co nejbliže obrobku.



Obr. 23: Tvary upínek [20]

Druhý konec upínky musí být ve stejné výšce, jako na obrobku (viz obr. 23). Stejná výška se docílí stupňovitou podložkou. Upínací síly musí být dostatečně velké, ale nesmí deformovat ani jinak poškozovat obrobek. [38], [20]

8 Univerzální dělicí přístroj

Dělicí přístroj umožňuje frézovací práce pro přesné dělení, jaké je obrábění zubů ozubených kol, zubových spojek, drážek na hřídelích a další práce. Na dělicím přístroji se obrobky upínají do unášecích vidlic nebo do sklíčidla. Stejně jako na soustruhu se mohou podepírat koníkem, ve kterém je hrot. Koník může být v ose sklíčidla nebo s nastavitelnou výškou, což umožňuje frézování např. drážek na dlouhých kuželech. Tento koník má ložisko s pinolou, které umožňuje naklápění v rozsahu až 30°. Natáčení pinoly je nutné, jelikož osa upnuté součásti musí odpovídat ose upínacího hrotu. Dělicí přístroj má stejně jako svěrák na litinovém tělese vodící kameny a výřezy pro upínací šrouby.

Univerzální dělicí přístroje mají všestranné využití. Umožňují dělení kuželových a válcových ploch na úhlové stupně nebo díly. Dále umožňují frézování drážek rovných nebo šroubovitých, jednochodých i vícechodých závitů, ozubených kol s přímými nebo šroubovitými zuby a mnoho dalších operací. [49], [50]

Druhy dělení:

- Přímě dělení
- Nepřímé jednoduché dělení
- Nepřímé úhlové dělení
- Dělení na nestejně díly
- Diferenciální dělení

8.1 Přímé dělení

Přímé dělení je nejjednodušší způsob dělení, potřebné rozteče se dosáhne vyměnitelnými dělicí kotouči se západkami, které jsou přímo s osou obrobku bez převodového soukolí. U tohoto dělení není zapotřebí žádných výpočtů.

Přímým dělením se může dosáhnout pouze takových roztečí, které jsou shodné se zářezy na dělicím kotouči nebo jejich násobky, které jsou vyjádřeny celými čísly. Dělicím kotoučem, který má 24 zářezů lze dělit na 2, 3, 4, 6, 8, 12 nebo 24 stejných roztečí. [49]

8.2 Nepřímé jednoduché dělení

Při nepřímém dělení se upínací zařízení dělicího přístroje natáčí dělicím mechanismem. Dělicí kotouč má kruhové řady děr na čelních plochách, které jsou vyvrtané v přesných roztečích a ty dělí danou kružnici na daný počet dílů např. 24, 25, 26, apod. Dělicí klika, která se točí dokola kotouče, má podélný otvor a rukojeť s odpruženým kolíkem, který přesně zapadá do děr na dělicím kotouči. Podélný otvor umožňuje po povolení pojistného šroubu nastavit dělicí kliku přesně na potřebnou dělicí kružnici. Po utažení šroubu se poloha kliky už nemění.

Otáčením kliky se pohyb přenáší na hřídel, odkud je dvojicí čelních ozubených kol přenesen na šnek a šnekové kolo, které je pevně spojeno s vřetenem dělicího přístroje. Šnekové kolo má obvykle 40 zubů a vřetenem se při nepřímém dělení otáčí s převodovým poměrem 1:40. Při takovém poměru se klika musí otočit čtyřicetkrát dokola, aby vřetenem vykonalo jednu otáčku. Dělicí přístroje mohou mít i převodové poměry 1:30, 1:60, 1:80, apod.

Natočením vřetena dělicího přístroje do žadané polohy prostřednictvím šnekového převodu a dělicí kliky značíme η_k . Pootočení dělicí kliky je vyjádřeno určitým počtem dírek p na dělicím kruhu s celkovým počtem dírek P . [3]

$$\eta_k = \frac{i}{z}; \quad n = p / P$$

z - počet dílů, na který je potřeba dělit, η_k - natočení šnekového převodu, i - převodový poměr dělicího přístroje, n - otáčky

Základní dělicí rovnice pro počet otáček se získá srovnáním obou rovnic dohromady.

$$p / P = i / z$$

Potřebný počet se odečte na kotouči dělicí desky použitím řídicí vidlice, jejíž ramena r_1, r_2 rozevřeme tak, jak určí předběžný výpočet. Pro nepřímé dělení běžného počtu dílů kromě prvočísel je zpracována tabulka, aby nebylo nutné neustálé přepočítávání převodů. [49], [3]

8.3 Nepřímé úhlové dělení

Při dělení obrobku na určitý počet dílů se obrobek vždy natáčí o určitý středový úhel. Vykonává tak zároveň nepřímé úhlové dělení. Na strojních výkresech mohou být rozteče kotovány v úhlech a ne v počtu stran nebo drážek. V takovém případě se používá metoda nepřímého úhlového dělení.

$$\text{natočení} = \frac{\text{roztečný úhel} \times \text{převodový poměr dělicího přístroje}}{360^\circ}$$

Na nejčastěji používaných dělicích přístrojích s převodem 1:40 se jedna otáčka dělicí kliky rovná 9° což odpovídá $540'$. Z toho je zřejmé, že dělicí kružnice, která má dokola 54 děr má přesnost $10'$. [49], [3]

8.4 Dělení na nestejně díly

Při výrobě výstružníků, fréz a podobně se obvod dělí na nestejně díly, jelikož zuby těchto nástrojů nemají stejné zubové rozteče. Velikost těchto roztečí je třeba určit tak, aby dělení bylo možné vykonat na jedné dělicí kružnici. V běžných případech se při dělení na nestejně díly používá speciální tabulka. [49]

8.5 Diferenciální dělení

Jedná se o nejsložitější způsob dělení. Používá se při dělení na počty dílů, které jsou dány velkými prvočíslly, pro které není na dělicím kotouči odpovídající počet děr. Diferenciálním dělením lze rozdělit obvod obrobku na neomezený počet dílků a to včetně prvočísel. Je to umožněno tím, že se spolu s kličkou otáčí i dělicí kotouč. Ten se může otáčet buď ve stejném smyslu jako klička, to je způsob se souhlasným natáčením kličky a kotouče nebo proti smyslu otáčení kličky, to je způsob s nesouhlasným natáčením kličky a kotouče. [3]

9 Upínání nástrojů

9.1 Požadavky na upínání nástrojů

- Dostatečná pevnost, aby se nástroje neuvolnili vlivem řezných nebo odstředivých sil
- Upnutí nástroje musí být tuhé, aby se při obrábění nechvěl
- Bezpečnost upnutí
- Jednoduché upnutí
- Krátká doba upnutí
- Vyváženost rotujících nástrojů
- Upnutí musí být přesné
- Upínací zařízení musí spolehlivě přenést krouticí moment u rotujících nástrojů
- Soustřednost rotujících nástrojů

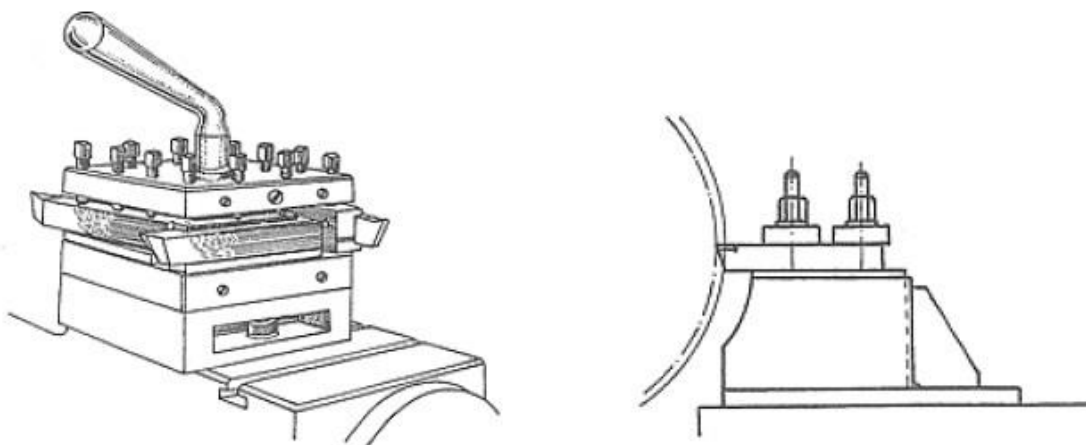
9.2 Upínání nástrojů při soustružení

Upnutí soustružnických nástrojů musí být spolehlivé a jednoznačné. Nástroj musí být z držáků vysunut co nejméně a musí mít umožněné výškové přestavení. Soustružnické nože

se upínají do otočných nožových hlav nebo upínek různých tvarů. Upínání nástrojů do speciálních držáků nebo do otočných revolverových hlav se uplatňuje u revolverových soustruhů, automatických soustruhů, ale také u soustruhů svislých. U CNC poloautomatických a automatických soustruhů a jiných obráběcích center se používá upnutí do speciálních držáků, kde je seřizování nástroje provedeno mimo pracovní stroj v seřizovacím přístroji. Předseřizený nástroj se vkládá do zásobníku nástrojů, odkud se v automatickém cyklu aplikuje pro obráběcí proces. [39], [41]

9.2.1 Nožové hlavy a upínky

Do nožové hlavy se soustružnické nástroje upínají pomocí šroubů, které ho přitáhnou ke spodní hraně drážky. Nožová hlava je otočná o 360° a je konstruována na upnutí jednoho až čtyř nožů naráz do jedné nožové hlavy (viz obr. 24).



Obr. 24: Nožová hlava a nožová upínka [22]

Výškové nastavení se kontroluje podle špičky upínacího hrotu, který je v koníku. Další způsob kontroly výšky je podle špičky, která se upíná do sklíčidla.

Pro nastavení špičky nože do osy obrábění se nůž podkládá ocelovými rovnými podložkami různých výšek, které jsou pro bezpečné a kvalitní upnutí po celé délce nože, která je v nožové hlavě. Pokud je nůž upnut pod osou, vzniká na obrobku neobrobený průměr a při upnutí nože nad osu hrozí ulomení špičky ostří při soustružení blízko osy. Pro správné upnutí soustružnické nože je důležité, aby činná část co nejméně vyčnívala, aby nůž nevibroval a nebyl zbytečně namáhán. Při upínání nástroje do upínky platí stejná pravidla pro výškové nastavení a pro předsazení nože. [39]

9.2.2 Revolverová hlava

Revolverová hlava se používá na revolverových, automatických a svislých soustruzích, kde je potřeba k obrábění většího počtu nástrojů. Nástroje se upínají do držáků a následně do upínacích děr revolverové hlavy. Jedná se zejména o nástroje na obrábění vnějších a vnitřních průměrů, ale také závitníku nebo rádlovacích nástrojů. Ve srovnání s nožovou hlavou má přednost v rychlém a přesném nastavení nástroje vůči poloze obrobku. [39]



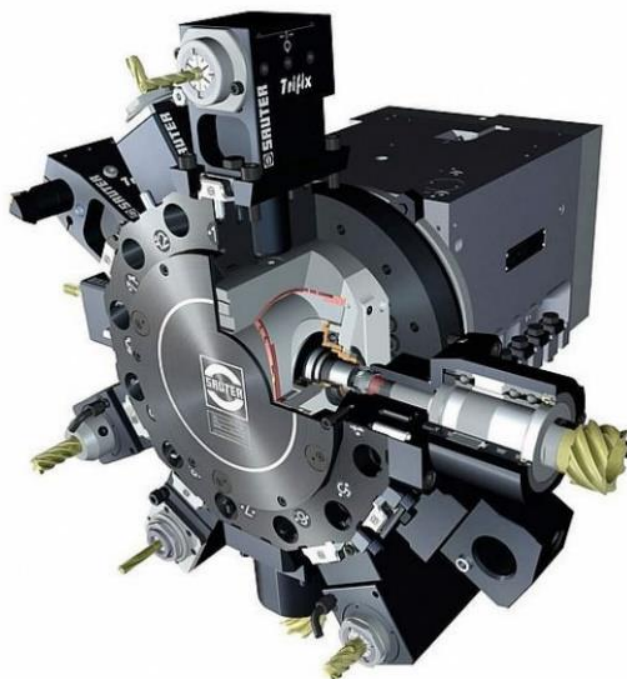
Obr. 25: Revolverová hlava [23]

Revolverové soustruhy s vodorovnou osou hlavy mají z pravidla revolverové hlavy s osmi základními a osmi vedlejšími upínacími dírami pro držáky nástrojů. Používají se u nich pouze jednoduché držáky, jelikož mohou zaujmout pouze prostor válce, jehož základnou je revolverová hlava.

Velký počet nástrojů v revolverové hlavě umožňuje výrobu i velmi složitých součástí. Nástroje v revolverové hlavě mohou konat pohyb podélný. Dále konají i pohyb otočný při natáčení revolverové hlavy. Ten se využívá při zapichování a soustružení menších čelních ploch. [41], [39]

Revolverové soustruhy se svislou osou revolverové hlavy se používá u všech velikostech obrobků a lze u nich využít veškerých nástrojových poloh. Hlava je z pravidla pětiboká, ale může být i kruhová. U pětibokých má na každém boku upínací díru pro nožový držák. Nástroje v této hlavě nemohou konat pohyb příčný, proto svislé revolverové soustruhy musí být vybaveny příčným supportem. Koncepte svislé revolverové hlavy je výhodná, protože umožňuje uspořádání nástrojů ve velkém prostoru. Výhodou této hlavy je použití i velmi složitých nástrojů. [39]

Poháněné nástroje upínané v revolverové hlavě představují podstatné zvýšení technologických možností obráběcího stroje a významný příspěvek k možnosti zhotovení obrobku na jedno upnutí (viz obr. 26). Poháněný nástroj může představovat další řízenou osu. Konstrukčním provedením se výrazně liší u poháněných nástrojů upínaných do pracovního vřetena stroje.



Obr. 26: Částečný řez revolverovou hlavou s poháněnými nástroji [24]

Úzká vázanost upínání těchto nástrojů a stroje konkrétního výrobce, způsobuje omezenou přenositelnost z jednoho typu stroje na druhý. Počet firem, které toto mají ve výrobním programu, je podstatně méně než těch, kteří se věnují samotným rezným nástrojům. [54]

9.2.3 Upínání nástrojů do pinoly koníka

Vrtáky s válcovou upínací stopkou se upínají do vrtacího sklíčidla (viz obr. 27), která se naráží do pinoly koníku. Vrtáky s kuželovými stopkami s tzv. morse kuželem se zasunují přímo do pinoly, které mají také kuželovou dutinu.



Obr. 27: vrtací sklíčidlo s kuželovým upínáním [25]

Pokud má vrták jinou velikost kuželu než je v pinole, musí se použít redukční pouzdra (viz obr. 28). Velikosti redukčních pouzder jsou odstupňovány podle velikosti a označeny ČSN a najdeme je v dílenských tabulkách. [41]



Obr. 28: redukční pouzdro[26]

10 Upínání frézovacích nástrojů

10.1 Uchycení válcových a kuželových nástrojů

Pro upínání nástrčných fréz na frézkách se používají trny. Upínací kužel frézovacích trnů a pracovního vřetena může být buď metrický s kuželovitostí 1:20, nebo morse 1:19 až 1:20, nebo strmý 1:3,5. Oba dva kužely jsou samosvorné a mohou bez problému přenést krouticí moment z vřetena na frézovací nástroj. Aby byl přenos krouticího momentu dokonalý, má konec vřetena vybrání obdélníkového tvaru, do kterého zapadá zploštělý konec frézovacího trnu tzv. nákrůžek. Strmý kužel má za úkol pouze středit trn ve vřetenu frézky. Krouticí moment se přenáší dvěma kameny, které jsou upevněny na čele vřetena a zapadají do vybrání na nákrůžku frézovacího trnu. Poloha frézy na dlouhém trnu se zajišťuje volně navlečenými rozpěrnými kroužky. Kromě rozpěrných kroužků je součástí trnu vodící pouzdro, které je na posuvném podpěrném ložisku. To je umístěno na výsuvném rameni vodorovné frézky. Pouzdro je uvedeno v poloze, kde bude trn s ložiskem podepřen. Aby upnutí nástrojů bylo co nejtuzší, probíhá upínání fréz co nejbližší k vřetenu. Čelní nástrčné frézy a frézovací hlavy se upínají krátkými upínacími trny letmo upnutými do vřetena stroje.

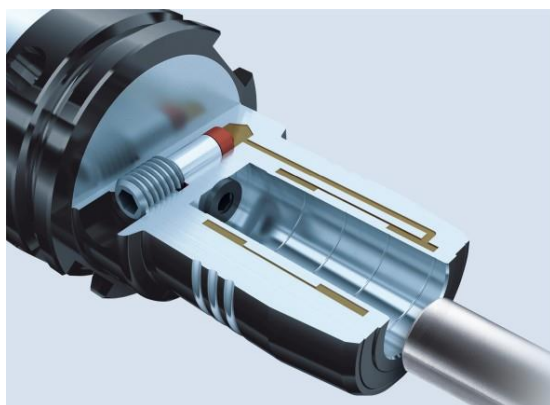


Obr. 29: Nástrojová hlava pro frézy s válcovou stopkou [27]

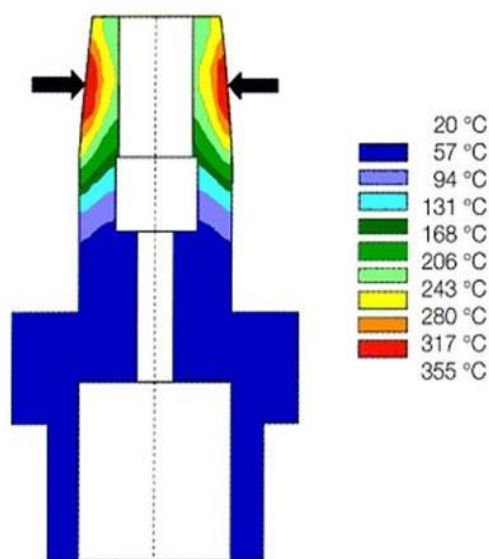
Frézy s kuželovými stopkami se upínají pomocí redukčních pouzder přímo do upínacího kužele ve vřetenu frézky. Redukční pouzdro se použije, neshoduje-li se velikost kužele frézovacího trnu a vřetena. Frézy s válcovou stopkou se upínají do vřetena při použití sklíčidla s upínacím pouzdem. [43], [45]

10.2 Tepelné a hydraulické upínací zařízení

Frézy s válcovou stopkou o průměru 3 až 50 mm se v současné době velmi často upínají pomocí tepelných a hydraulických upínacích zařízení. V tepelném upínací je nástroj vložen do tělesa a s ním i ohříván v zařízení za pomoci magnetického pole cívky vysokofrekvenčního generátoru (viz obr. 31). Průběh ohřátí je natolik rychlý, že zvýšení teploty nástroje je minimální. Poté je upnutý nástroj ochlazen proudícím vzduchem, aby se zkrátila doba ochlazení, používá se vestavěný ventilátor a hliníkové těleso s žebrováním obepínající upínač s nástrojem. Díky smrštění materiálu upínače se nástroj spolehlivě upne. Uvolnění nástroje se provede zpětným ohřevem.



Obr. 30: Řez upínacím zařízením Tendo E Compact [28]



Obr. 31: Teploty v tepelném upínacím zařízením [29]

Hydraulické upínací zařízení Tendo E Compact má upínací momenty až 900 Nm při průměru nástroje 20 mm se suchou stopkou a 520 Nm se stopkou, která je naolejovaná (viz obr. 30). Maximální obvodová házivost je menší než 0,003mm. Tyto upínače mají univerzální použití pro upínání nástrojů pro frézování, vrtání, vystružování a řezání závitů. Výměna nástroje je velice rychlá za pomoci upínací šroubu. [58], [20]

10.3 Nástrojové hlavy

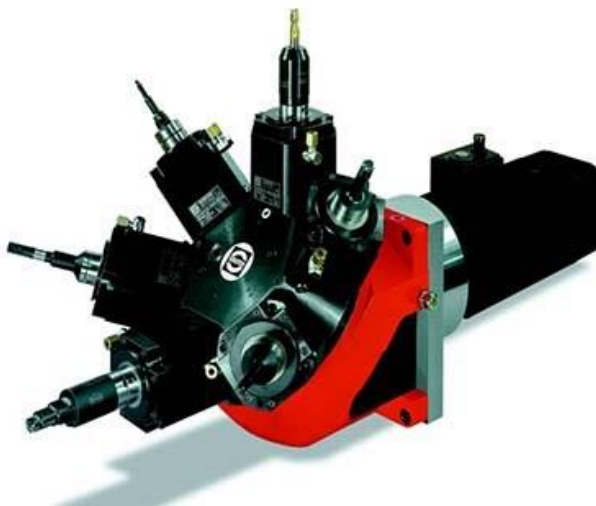
Na CNC frézách se klade důraz hlavně na jednoduchost a spolehlivost upnutí. Součástí nástrojové hlavy je ISO kužel, ten je nesamosvorný a pro přenos síly potřebuje další prvek. V tomto případě to zajišťují unášecí kameny. Ty jsou pevně spojeny s vřetenem stroje a zapadají do drážek, které jsou na konci kužele. Velikost kamenů stejně jako velikost drážek je normalizována. Důvod použití na CNC frézách je díky kuželovitosti. Strmý ISO kužel ihned po uvolnění upínacího prvku uvolní nástrojovou hlavu z vřetene za pomoci gravitační síly.



Obr. 32: Seřizovací sonda [31]

Seřízení nástrojů upnutých v těchto hlavách se provádí sondou (viz obr. 32), která se upne do držáku místo nástroje. Součástí CNC frézek je zásobník se seřizenými nástroji v nástrojových hlavách. Ten slouží pro uložení nástrojů a k dopravování nástrojů do polohy určené pro výměnu. Zásobník je umístěn blízko pracovního prostoru, aby byla výměna co nejrychlejší. Druhy zásobníku se liší podle typu stroje a podle požadované kapacity nástrojů. [40], [45]

Nosné zásobníky jsou podobné jako revolverové hlavy (viz obr. 33). Hlavní částí je zásobník, který přenáší řezné síly. Tento zásobník má malý počet nástrojových míst a rozměry. Bývá proto umístěn přímo na stroji, takže nezvětšuje půdorysnou plochu stroje.



Obr. 33: Nosný zásobník [32]

Dalším typem jsou skladovací zásobníky, ty řeznou sílu nepřenáší (viz obr. 34). Nástroj se musí do místa, kde je schopen řeznou sílu schopen přenášet dopravit. Tyto zásobníky se dále dělí na maloobjemové a velkoobjemové. Maloobjemové jsou obvykle jednodušší, mají jediný manipulátor a do 40 nástrojových míst.



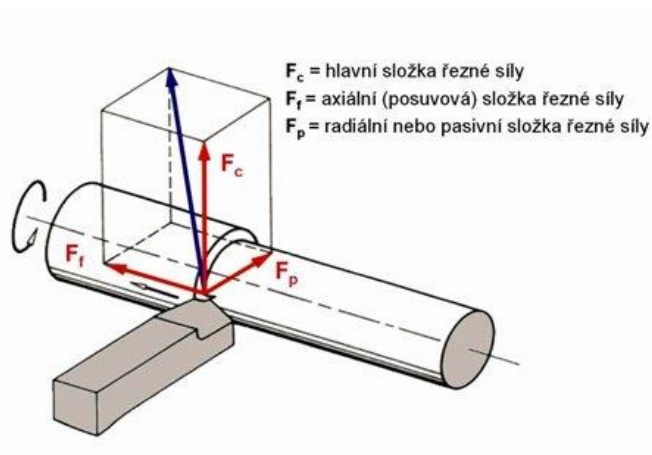
Obr. 34: skladovací zásobník [33]

Velkoobjemové mohou mít, až několik set nástrojových míst a pro svou velkou hmotnost a rozměry se umísťují mimo pracovní stroj. Mezi nejpoužívanější typy zásobníků patří řadový, hvězdicový, talířový, deskový, bubnový a řetězový. [40], [45]

11 Upínací síly při soustružení

11.1 Určení sil

Při obrábění musí být na stroji v upínacím zařízení obrobek upnut v určité poloze vůči nástroji. Na upínacích zařízeních jsou plochy, o které se obrobek opírá. Aby se daly snadno dodržet určené rozměry obrobku v požadované přesnosti, musí být tyto plochy vhodně zvoleny. Velikost, smysl a působiště upínací síly jsou dané řeznými silami. V případě, kdy se obrábí přerušovaným řezem, mají řezné síly charakter rázových sil. Kromě řezných sil ovlivňují upínací sílu, odstředivé síly, setrvačné síly a hmotnost součásti. [57], [59]



Obr. 35: Řezné síly při soustružení [34]

Při výpočtu upínacích sil je třeba přihlížet k velikosti, směru a smyslu, ale i působišti řezných sil. Velikost upínací síly je omezena možnou deformací obrobku a pevností materiálů upínacích materiálů

11.2 Řezné síly a odpory při soustružení

Řezným odporem je myšlen odpor vnikání nástroje do materiálu a odebírání třísek. Je způsoben několika faktory, jako je soudržnost obráběného materiálu, vnitřním třením vznikající při tvoření třísky, deformací třísky a obrobené plochy a třením třísky na čele pracovního nástroje a obrobené plochy na hřbetu nástroje.

Řeznou silou se rozumí síla, kterou je nutno vyvinout pro překonání řezného odporu. Řezná síla s řezným odporem jsou spolu ve vztahu akce a reakce. Materiál reaguje na působení sil

nástroje. Jednotlivé řezné síly jsou rozkládány do složek na tangenciální, axiální a radiální složku.

Tangenciální složka řezné síly F_z překonává odpor R_z proti hlavnímu pohybu. Je největší ze všech složek. Axiální složka řezné síly F_x překonává odpor R_x proti posuvu. Radiální složka řezné síly F_y překonává odpor R_y proti vnikání nástroje do hloubky.

Pro celkovou řeznou sílu platí, že Síla F se snaží posunout obrobek. Posunutí zabraňují třecí síly, které se nachází v místě dotyku obrobku a upínacími prvky. V ose z musí být $F < F_u f_1 + F_u f_2$ kde F_u je upínací síla, f_1 a f_2 jsou součinitele tření mezi obrobkem a upínacími prvky. Zavedením součinitele bezpečnosti upnutí $k > 1$ a úpravou se dostane pro upínací sílu vztah: [56], [57]

$$F_u = \frac{k \cdot F}{f_1 + f_2}$$

Složka řezné síly F_1 působí proti upínacím opěrám, složka F_2 se snaží obrobkem posouvat. Podobně jako u předcházejícího příkladu musí v ose z platit, že $F_2 < (F_u + F_1) \cdot f_1 + F_u f_2$. Po zavedení součinitele pro bezpečnost upnutí $k > 1$ a úpravou vznikne vztah.

$$F_u = \frac{k \cdot F_2 - F_1 f_1}{f_1 + f_2}$$

Na obrobek upnutý v tříčelistovém sklíčidle působí od řezné síly moment M , ten má snahu obrobek ve sklíčidle otočit do protisměru otáčení vřetena. V tomto případě musí být splněna podmínka $M < 3F_u \cdot f \cdot R$. Po zavedení součinitele bezpečnosti upnutí a úpravě bude pro upínací sílu platit vztah.

$$F_u = \frac{k \cdot M}{3 f R}$$

Na obrobek ve sklíčidle působí kromě momentu M od řezné síly, navíc osová složka řezné síly F . Pro upínací sílu platí předcházející podmínka i rovnice. Pouze v případech, kdy bude vypočítaná síla $F_u < F/3f$, bude osová síla F spolu s třením na čele obrobku napomáhat upnutí. Zavedením součinitele bezpečnosti upnutí a úpravou se dostane nový vztah pro výpočet upínací síly. [56], [57]

$$F_u = \frac{kM - Ff_2R_2}{3(f_1R_1 - f_1f_2R_2)}$$

12 Závěr

Konvekční technologie obrábění jsou velice důležitým strojírenským odvětvím a v České republice a tvoří společně s tvářecími stroji 82 % strojů z celého strojírenského odvětví. Nároky kladené na kvalitu a přesnost obrobků opracovaných třískovým obráběním jsou čím dál tím vyšší a to i přesto, že vykonávané strojní operace jsou v současné době vykonány několikanásobně rychleji. To má za důsledek neustálé rozvíjení se jak samotných technologií a zvyšování řezných rychlostí, tak i zkracování vedlejších časů například při upínání obrobků. Technologie upínání na automatizačních strojích za pomoci hydrauliky nebo za využití elektrické energie, nám tento čas snižují a využívají se čím dál tím více, zejména v současnosti. Tyto upínací zařízení jsou sice dražší, ale v celkové ceně obráběcích strojů se to neprojeví tak razantně a postupem času se tato investice vrátí díky snížení doby upínání. Nové způsoby upínání se projevují také v upínání nástrojů, kde se už tolik nevyužívá samotné mechanické energie, ale například energie tepelná nebo hydraulická, která také krátí dobu výměny nástroje.

Například hydraulické upínací zařízení Tendo E Compact má upínací momenty až 900 Nm na suché stopce nástroje při maximální obvodové házivosti menší než 0,003mm. Takto upnuté nástroje velice přispívají přesnému obrábění a navíc jsou tyto upínače univerzální. Využívají se nejen pro upínání nástrojů při frézování, vrtání, vystružování a řezání závitů. Výměna nástroje je velice rychlá za pomoci upínacího šroubu.

Technologický vývoj upínání se předpokládá i v dalších letech. Ale i přesto, se budou neustále používat technologie upínání používané na klasických obráběcích strojích, zejména v malosériových výrobcích a v nástrojárnách.

13 Seznam použitých zkratek

Tab. 1 Seznam použitých zkratek

Popis	Zkratka	Jednotka
řezná rychlost	v	[m*min ⁻¹]
Ludolfovo číslo	π	[-]
průměr	d	[m]
otáčky	n	[ot*min ⁻¹]
síla	F	[N]
plocha	S	[m ²]
tlak	p	[Pa]
převodový poměr	i	[-]
natočení šnekového převodu	η_k	[°]
počet dílů	z	[-]
součinitel tření	f	[-]
upínací síla	F _u	[N]
moment	M	[Nm]
odpor síly	R	[N]

14 Seznam použitých obrázků a tabulek

Seznam použitých obrázků

Obr. 1: Schéma rozdělení frézek a soustruhů [39].....	7
Obr. 2: Průřez třísky při válcovém a čelním frézování [1].....	9
Obr. 3: Síly působící při soustružení [2].....	10
Obr. 4: Vyvrtávací nůž Silent Tools [6].....	11
Obr. 5: Univerzální upínací deska [4].....	13
Obr. 6: Magnetická upínací deska [5]	13
Obr. 7: Upínání na kuželový trn a obrobek upnutý letmo [6]	14
Obr. 8: Rozpínací trn- 1-trn, 2- rozpínací pouzdro, 3- matice, 4- čelní matice [7]	14
Obr. 9: Tříčelist'ové sklíčidlo [8]	15
Obr. 10: Čtyřčelist'ové sklíčidlo [8]	15
Obr. 11: Upínání mezi hroty [6].....	16
Obr. 12: Upínací hrot [11].....	17
Obr. 13: Odpružený a rýhovaný hrot [12].....	17
Obr. 14: Řez kleštiny [13].....	18
Obr. 15: Pevná a pohyblivá opěrka [6]	19
Obr. 16: Samo středící opěrka RÖHM [6].....	20
Obr. 17: Lící deska [16].....	21
Obr. 18: Frézovací stůl s drážkami[16].....	22
Obr. 19: Řez upínacím šroubem [9].....	22
Obr. 20: Sklopný svěrák [18]	23
Obr. 21: Pevný svěrák [19].....	23
Obr. 22: Upínání pomocí upínky [20].....	24
Obr. 23: Tvary upínek [20].....	25
Obr. 24: Nožová hlava a nožová upínka [22].....	29
Obr. 25: Revolverová hlava [23].....	30
Obr. 26: Částečný řez revolverovou hlavou s poháněnými nástroji [24].....	31
Obr. 27: Vrtací sklíčidlo s kuželovým upínáním [25]	32
Obr. 28: Redukční pouzdro[26]	32
Obr. 29: Nástrojová hlava pro frézy s válcovou stopkou [6]	33
Obr. 30: Řez upínacím zařízením Tendo E Compact [28].....	34
Obr. 31: Teploty v tepelném upínacím zařízení [29].....	34
Obr. 32: Seřizovací sonda [31]	35
Obr. 33: Nosný zásobník [32].....	36
Obr. 34: Skladovací zásobník [33]	36
Obr. 35: Řezné síly při soustružení [31]	37

Seznam použitých tabulek

Tab. 1 Seznam použitých zkratk.....	40
-------------------------------------	----

15 Seznam použitých zdrojů

Knižní zdroje

[35] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.

[36] MÁDL, Jan a Jaroslav BARCAL. *Základy technologie II*. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03733-1.

[37] POCH, Josef. *Upínání na obráběcích strojích v kusové výrobě*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962.

[38] *Technická příručka obrábění: soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů*: příručka firmy Sandvik Coromant. Praha: Sandvik Coromant, 2005.

[39] VIGNER, Miloslav. *Obrábění*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984. Technický průvodce.

[40] MAREK, Jiří a Petr BLECHA. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3.

[41] FISCHER, Ulrich. *Základy strojnictví*. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2004. ISBN 80-86706-09-5.

[42] DRIENSKY, Dušan a Terézia LEHMANNOVÁ. *Strojní obrábění II: Soustružení: Učeb.text pro stř.odb.učiliště*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1991. ISBN 80-03-00333-4.

Internetové zdroje

[1] *VOŠ a SPŠE Plzeň* [online]. Plzeň, 2015 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://www.novyl.tode.cz/praxes3_soubory/image012.jpg

[2] *ZJP s.r.o.* [online]. Zábřeh, 2010 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://www.zjp.cz/data/images/thumb/1083_afd6a44c7d.png

[3] *TumliKOVO* [online]. Praha, 2010 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz>

[5] *SAV* [online]. Wien, 2012 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: http://www.sav-spanntechnik.de/bilder/upload/244.06_g.jpg

[6] *ELUC* [online]. Olomouc, 2013 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1059>

[8] *Mt-nástroje* [online]. Moravská třebová, 2015 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.mt-nastroje.cz/>

- [9] *Kipp* [online]. Sulz am Neckar, 2013 [cit. 2016-02-26]. Dostupné z: http://www.kipp.cz/xs_db/BILD_DB/Z/Anwendungsbeispiele/www/750/Z07060Anwb1.jpg
- [11] *Verko* [online]. Zlín, 2013 [cit. 2016-02-14]. Dostupné z: http://www.verko.cz/data/foto/22/221650_b_l.jpg
- [16] *BLOG Nd06* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: http://nd06.jxs.cz/225/291/ebeb6bf7f5_100561862_o2.jpg
- [17] *CNC shop* [online]. Opava, 2014 [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: http://www.cncshop.cz/img/TD_2.jpg
- [18] *Markagro* [online]. Sviadnov, 2012 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <http://www.markagro.cz/docs/web/prezentace/64e6fba03767473bbb758709080c360a.jpg>
- [19] *Strojní svěráky* [online]. Hvozdná, 2010 [cit. 2016-02-8]. Dostupné z: <http://shop.strojniveraky.cz/images/VHO-5x.jpg>
- [20] *Učíme v prostoru* [online]. Uherský Brod, 2013 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2991
- [23] *Ciessetrade* [online]. Řevnice, 2010 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <http://www.ciessetrade.cz/wordpress/wp-content/uploads/dm-700x525.jpg>
- [24] *Fism* [online]. Liberec, 2013 [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: http://www.fism.cz/media/k2/items/cache/ba1b7eb9b8ad142948e3b9dce300b4c6_XL.jpg
- [25] *Ploberger* [online]. Znojmo, 2012 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: http://shop.ploberger.cz/out/media/3/00034503_0.jpg
- [26] *Berner* [online]. Praha, 2013 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: [https://mediaserver.berner.eu/External/XXL/11547\[TIF\]-90.jpg](https://mediaserver.berner.eu/External/XXL/11547[TIF]-90.jpg)
- [28] *Konstrukter.cz* [online]. Brno: Nová média s.r.o., 2014 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.konstrukter.cz/2016/03/18/upinac-tendo-e-compact-usnadnuje-objemove-obrabeni/>
- [29] *Slideplayer* [online]. 2015 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: http://images.slideplayer.cz/9/2597287/slides/slide_44.jpg
- [31] *Mmspektrum* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com>

- [32] *Todaysmotorvehicles* [online]. Bristol, 2014 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.todaysmotorvehicles.com/FileUploads/image/indexing-sauter-crown-turret.jpg?w=736&h=414&mode=crop>
- [43] *TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část* [online]. Brno, 2003 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [44] *T-support* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-04-5]. Dostupné z: <https://www.t-support.cz/kat/upinani-rotacnich-obrobku-2-cast-7>
- [46] *Jak koupit svěrák* [online]. Karlovy Vary, 2009n. 1. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.jak-koupit-sverak.cz>
- [47] *SŠPU* [online]. Opava, 2011 [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/sablony/Praxe_II_a_III/VY_52_INOVACE_H-02-24.pdf
- [49] *Paichl* [online]. Praha: Nová média s.r.o., 2012 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: http://www.paichl.cz/paichl/knihy/Schulze_10.htm
- [56] *SOUCH* [online]. Chotěboř, 2013 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: http://www.souch.cz/dok/upinani_pri_obrabeni.doc
- [57] *Isste* [online]. Sokolov, 2015 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: http://www.isste.cz/digit/files_dum/VY_32_INOVACE_10_3_13.docx
- [58] *Schunk* [online]. Wien, 2015 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/TENDOEcompact_Kofferaktion_02-2016_CZ.pdf
- [59] *Mgr. Jan Hamerník* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/obrabeni.htm>