



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

DRUHY A TYPY OBRÁBĚCÍCH HLAV KINDS AND TYPES OF CUTTING HEADS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZDENĚK DOZBABA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ MAREK

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Zdeněk Dozbaba

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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:

Druhy a typy obráběcích hlav

v anglickém jazyce:

Kinds and types of cutting heads

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je popsat, jaké druhy a typy hlav se používají. Popište jejich vlastnosti, technické parametry a zhodnoťte, jaká obráběcí hlava je vhodnější pro konkrétní druh obrábění.

Cíle bakalářské práce:

1. Rešerše současného stavu obrábění kovových materiálů
2. Rešerše současného stavu obráběcích hlav
3. Určení vhodnosti hlavy ke konkrétnímu druhu obrábění
4. Závěr a zhodnocení

Seznam odborné literatury:

1. Jiří Marek a kolektiv, Konstrukce CNC obráběcích strojů III, Praha: MM publishing s.r.o. 2014, 684 s., ISBN 978-80-260-6780-1
2. Kolektiv autorů, Příručka obrábění, 1. vyd. Praha: Scientia, s.r.o. 1997, 840 s., ISBN 91-97-22 99-4-6

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Marek


Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 20.11.2014

L.S.

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

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

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Zvolená práce se zabývá rozdělením obráběcích hlav. První část práce obsahuje shrnutí informací o obrábění kovových materiálů, část další popisuje CNC obráběcí centra. Následuje rozdělení obráběcích hlav a popis konkrétního CNC obráběcího centra a k němu příslušné obráběcí hlavy.

Klíčová slova

Soustružení, frézování, CNC obráběcí centrum, obráběcí hlava

ABSTRACT

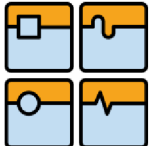
The thesis deals with the sorting of cutting heads. The first part contains a summary of information about cutting of metals, next part describes the CNC machining centers. The sorting of cutting heads and a description of one specific CNC machining center and respective machining head follow.

Key words

Turning, milling, CNC machining centre, cutting head

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOZBABA, Z. *Druhy a typy obráběcích hlav*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing Tomáš Marek.


	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Druhy a typy obráběcích hlav** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Zdeněk Dozbaba

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

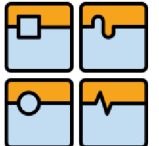
PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto zaměstnanci FSI VUT Brno Ing. Tomáši Markovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

**OBSAH**

ABSTRAKT.....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ.....	10
1.1 Soustružení	10
1.2 Frézování	11
1.2.1 Frézování ve 3 osách.....	12
1.2.2 Frézování ve 4 osách.....	13
1.2.3 Frézování v 5 osách	13
1.3 Vrtání a vyvrtávání.....	14
2 CNC OBRÁBĚCÍ CENTRA	15
2.1 Souřadnicový systém	15
2.2 CNC soustružnické stroje a obráběcí centra na rotační součásti.....	16
2.3 CNC obráběcí centra na nerotační součásti	17
3 OBRÁBĚCÍ HLAVA	18
3.1 Rozdělení frézovacích hlav	18
3.2 Obráběcí hlavy pro centra na rotační součásti	20
3.2.1 Revolverové hlavy	20
3.2.2 Závitořezná hlava.....	20
3.3 Obráběcí hlavy pro centra na nerotační součásti.....	21
3.3.1 Univerzální frézovací hlava	21
3.3.2 Frézovací vidlicová hlava dvouosá.....	21
3.3.3 Frézovací vidlicová hlava tříosá	22
3.3.4 Frézovací hlava pravouhlá	22
3.3.5 Frézovací ortogonální hlava.....	23
3.3.6 Frézovací úhlová hlava	23
3.3.7 Frézovací horizontální hlavy	24
3.3.8 Rychloběžné hlavy.....	24
3.3.9 Vyvrtávací hlavy.....	25
3.3.10 Lící deska.....	25
3.3.11 Speciální frézovací hlavy.....	25
4 FIRMA TRIMILL.....	26
4.1 Stroj TRIMILL 6525	26

4.2	Vlastnosti stroje.....	27
4.3	Automatická výměna nástrojů.....	27
4.4	Automatická výměna hlav.....	28
4.5	Elektrovřeteno	28
4.6	Frézovací hlava	29
	Závěr	30
	Seznam použitých zdrojů	31
	Seznam obrázků	35

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ÚVOD

Důvodů, proč se vyplatí hledat cesty k tomu, aby stávající obráběcí stroj mohl plnit nové požadavky výroby, může být několik. V první řadě to bývá nutnost zajistit operaci, kterou stávající stroj, i když je moderní, není schopen vykonávat. Pro zajištění nedostatečné kapacitní vytíženosti se nevyplatí pořizovat stroj nový s potřebnou technickou specifikací. Podstatnou roli hraje i snaha snižovat náklady a nutnost čelit konkurenčním tlakům. Volbou vhodného přídatného zařízení nebo realizací softwarových opatření lze v mnoha případech zvýšit užitnou hodnotu stávajícího stroje a ušetřit značné investiční náklady.

Zvýšení počtu řízených os investičně nenáročnou cestou představuje způsob, jak opracovat dílec na hotovo při jednom upnutí se všemi výhodami z toho plynoucími. Další řízenou osu obráběcího stroje představují přídatné hlavy. Původně se jednalo o vyvrtávací, zarovnávací hlavy ovládané ručně nebo s relativně jednoduše řízeným pohybem příčných saní. Současný vývoj však dospěl ke komplexním nástrojům. Ty jsou schopné na základě příkazů programu zhotovovat během operace komplikované vnější i vnitřní rotační a nerotační tvary.

Jinou možností, jak zvýšit počet řízených os stroje o jednu či dvě, je pomocí dodatečně pořízeného přídatného zařízení, jako jsou řízené otočné stoly. Ty mohou být pevné nebo sklopné a upínají se na vlastní stůl stroje. Jsou vybaveny programem řídicím otáčky, který lze propojit s řídicím programem upravovaného stroje a jejich funkce je pak plně integrována do prováděné operace, čím se zvýší flexibilita obrábění [5].



1 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

Technologie obrábění je vědní obor, který studuje, zkoumá a analyzuje vzájemné souvislosti a faktory obráběcího procesu jako integrální složky výrobního procesu strojirenských součástí. Obráběcí proces se realizuje v obráběcím systému, který lze obecně členit na subsystemy obráběcích strojů, řezných nástrojů, manipulačních prostředků a obráběcího prostředí. Objektem obráběcího procesu je obrobek a základním výstupem obráběcího procesu jsou příslušné obrobené plochy. Obrábění je technologický proces, kterým vytváříme povrchy obrobku určitého tvaru, rozměrů odebráním částic materiálu účinky mechanickými, elektrickými, chemickými, případně jejich kombinací. Soustava obrábění se skládá z obráběcího stroje, řezného nástroje, obrobku a přípravku. Přídavek je část materiálu obrobku, kterou je třeba odstranit obráběním. Odříznutá a deformovaná vrstva materiálu obrobku se nazývá tříska [1].

1.1 Soustružení

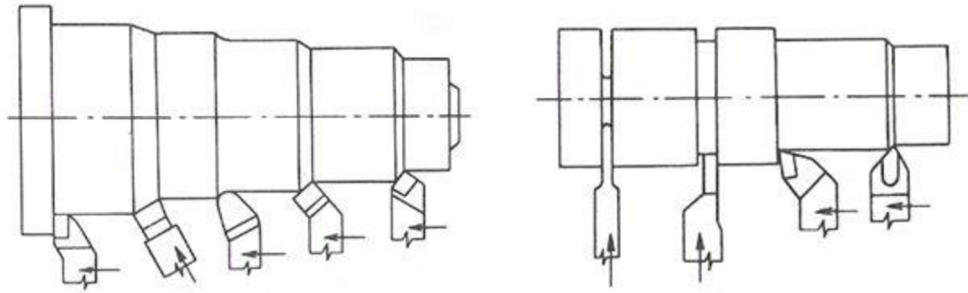
Soustružení je obráběcí metoda používaná pro zhotovení součástí rotačních tvarů, většinou pomocí jednobřítých nástrojů různého provedení. Nástroj v interakci s obrobkem umožňuje realizaci řezného procesu.

Z mnoha důvodů představuje soustružení nejjednodušší způsob obrábění a také nejužívanější metodu ve strojirenské praxi. Ve většině případů koná obrobek hlavní rotační pohyb kolem své osy. Vedlejší pohyby koná nástroj a to ve směru osy obrobku nebo ve směru kolmém na osu obrobku. Řezný pohyb se při soustružení válcové plochy realizuje po šroubovici a při soustružení čelní plochy po Archimedově spirále.

Z geometrického hlediska je nástroj identifikován svými prvky, plochami, ostřími a rozměry ostří. Řezné podmínky volíme tak, že z celkového přídavku na obrábění nejprve stanovíme hloubku záběru. Ta je omezena délkou ostří nože, výkonem stroje a tuhostí stroje a obrobku. Hloubka se obvykle pohybuje v mezích od 0,03 až do 30 milimetrů. Řeznou rychlost vypočítáme dle jednoduchého vztahu, kdy obvod obrobku násobíme otáčkami stroje a následně celý vztah vydělíme 1000, abychom se dostali na jednotku metr za minutu. Řezné rychlosti se většinou pohybují v rozsahu od 10 do 600 metrů za minutu. U vysokorychlostního obrábění (HSC) bývá řezná rychlost pěti až deseti násobkem než u běžného konvenčního obrábění.

Z technologického hlediska se rozlišují soustružnické nože radiální, prizmatické, kotoučové a tangenciální. Mezi nejčastěji používané se řadí nože radiální, které lze následně dělit na celistvé, s pájenými břitovými destičkami a vyměnitelnými břitovými destičkami.

Pracovat můžeme na soustružích hrotových, čelních, svislých, revolverových, poloautomatických a automatických. Soustružením lze obrábět vnější a vnitřní válcové, kuželové i tvarové plochy, rovinné čelní plochy a zápichy. Na soustružích lze dále vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závity, vroubkovat, válečkovat, hladit a leštit [1, 3, 4, 7].



obr. 1.1 Vnější soustružení [8]

1.2 Frézování

Frézování se řadí mezi obráběcí metody, při které je materiál obrobku odebírán břitý rotujícího nástroje. Posuv nejčastěji koná obrobek, převážně ve směru kolmém k ose otáčení nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvové pohyby plynule měnitelné a mohou se realizovat ve všech směrech. Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky.

Vzhledem k mnohostrannému uplatnění frézování ve strojírenské výrobě a k velkému rozsahu technologie se v současné době používá mnoho typů fréz. Frézy jsou vícebřité, někdy i tvarově složité nástroje, které lze v závislosti na jejich technologickém uplatnění třídit do jednotlivých skupin podle různých hledisek. Frézy můžeme tedy třídit dle konstrukčního uspořádání, způsobu upnutí, průběhu břitů, smyslu otáčení a materiálu zubu.

Hloubka záběru se pohybuje v mezích od 0,5 až do 20 milimetrů. Řezná rychlost se počítá obdobně jak u soustružení. Rozdíl je pouze v tom, že otáčky koná nástroj. Řezná rychlost se obvykle pohybuje v rozsahu 20 až 570 metrů za minutu a je závislá zejména na druhu materiálu.

Z technologického hlediska se v závislosti na aplikovaném nástroji rozlišuje frézování válcové a frézování čelní. Od těchto základních způsobů se odvozují některé další způsoby, jako je frézování okružní a planetové.

Válcové frézování se převážně uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou vytvořeny po obvodu nástroje, hloubka odebírané vrstvy se nastavuje kolmo na osu frézy a na směr posuvu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení frézy. V závislosti na kinematice obráběcího procesu se rozlišuje frézování nesousledné a sousledné.

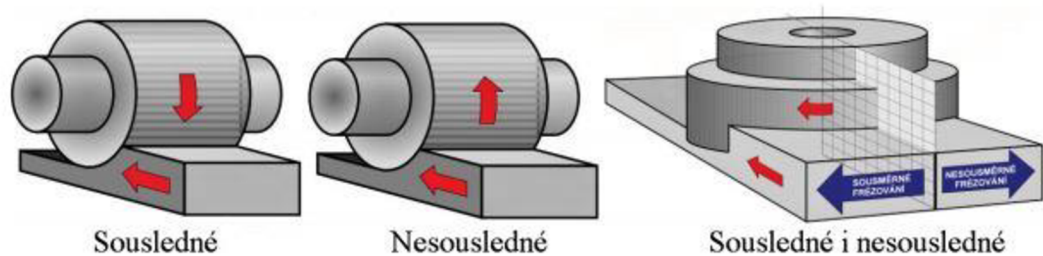
Při sousledném frézování je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky vzniká při vnikání zubu frézy do obrobku. Obrobená plocha se vytváří, když zub vychází ze záběru. Sousledné frézování může probíhat pouze na přizpůsobeném stroji při vymezené vůli a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. V opačném případě způsobuje vůle nestejný posuv, při němž může dojít k poškození nástroje či stroje.

Smyslem nesousledného frézování je rotace nástroje proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku. Tloušťka třísky se postupně mění z nulové hodnoty na hodnotu maximální. K oddělování třísky nedochází v okamžiku její nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem.



Čelní frézování se uplatňuje při práci s čelními frézami, které mají břity vytvořeny na obvodě i čele nástroje. Podle polohy osy frézy vzhledem k frézované ploše se rozlišuje symetrické a nesymetrické frézování. U čelního frézování pracuje fréza současně sousledně i nesousledně.

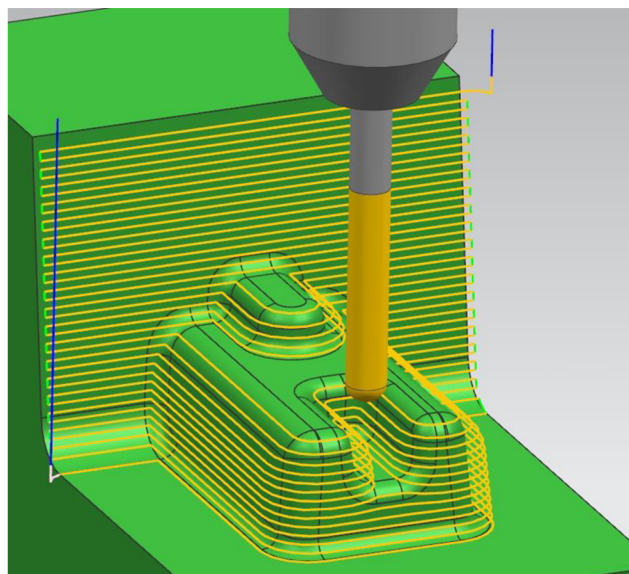
Díly mohou být opracovány na frézkách konzolových, stolových, rovinných nebo speciálních. Z hlediska řízení pracovního cyklu se rozlišují frézky ovládané ručně a řízené programově. Velikost frézky určuje šířka upínací plochy stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými technickými parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku, rozsah otáček vřetena a posuvů, výkon elektromotoru pro otáčení vřetena a parametry dosahované u obrobených ploch [1, 3, 4].



obr. 1.2 Frézování sousledné a nesousledné [3]

1.2.1 Frézování ve 3 osách

Využívá se při obrábění forem, zápustek, lisovacích nástrojů a tvarově složitých součástí. Sada operací umožňuje hrubování, zbytkové hrubování, dokončování a pokrývá komplexně problematiku tvarového frézování. Dokončovací strategie dovoluje oddělené obrábění strmých a mělkých oblastí. Optimalizace posuvů prodlužuje životnost použitých nástrojů [16].

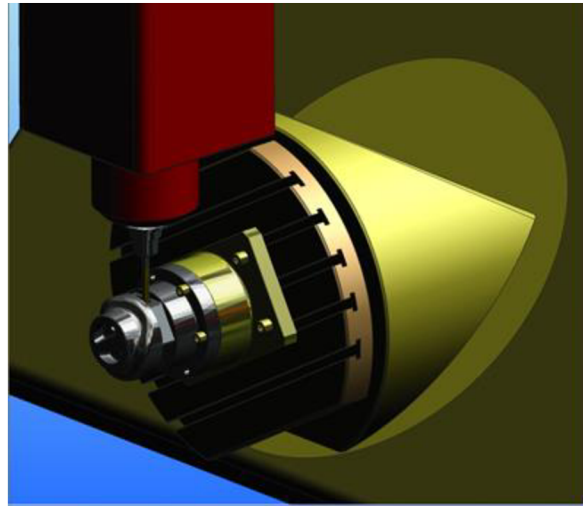


obr. 1.3 Frézování ve 3 osách [16]



1.2.2 Frézování ve 4 osách

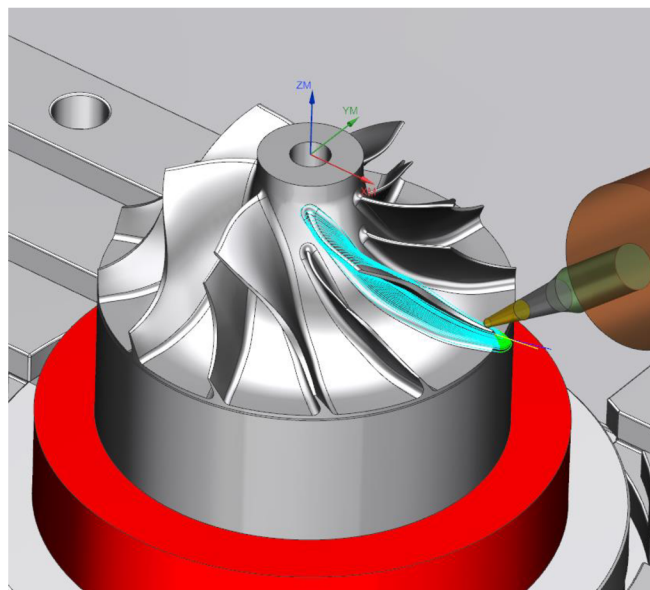
Tato metoda se používá u frézovacích center, která mají pouze jednu osu rotační, a nelze tedy u nich využít plného pětiosého frézování. Výhodou je, že lze pracovat i s děličkou, která umožňuje souvislý pohyb. Díky děličce pak na běžné tříosé frézce získáváme osu navíc, která nalezne použití při polohování. Pomocí ní jsme schopni kus otáčet a postupně frézovat z více úhlů [18, 19].



obr. 1.4 Frézování ve 4 osách [15]

1.2.3 Frézování v 5 osách

Umožňuje rychlé a přesné obrábění součástí především pro automobilový a letecký průmysl, energetiku či výrobu forem. Dovoluje obrábění negativních stěn a redukuje počet obráběcích upnutí, čímž zkracuje a zlevňuje výrobu součástky. Náklon nástroje je důležitý pro dosažení optimálních řezných podmínek. Využívá se pro součásti s hlubokými a strmými tvary [16].



obr. 1.5 Frézování v 5 osách [20]



1.3 Vrtání a vyvrtávání

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují díry zcela, nebo zvětšují již předpracované díry. Otvory mohou být předvrtané, předlité, předlisované a předkované. Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho obvykle nástroj, méně často obrobek. Podle technologie vrtání a druhu, konstrukce a geometrie nástroje existují vrtáky středící, šroubovitě, kopinaté, ejektorové a dělové. Díry mohou být průchozí, neprůchozí, krátké, hluboké nebo může být pouze navrtaný malý otvor pomocí středícího vrtáku. Nejčastěji používaným nástrojem pro vrtání krátkých děr je šroubovitý vrták, na jehož válcovitém těle jsou vytvořeny obvykle dvě protilehlé šroubovitě drážky pro odvod třísky. V průmyslu se běžně používají stolní, sloupové, otočné a montážní vrtačky.

Rezné podmínky při vrtání se pohybují v širokém rozsahu v závislosti na druhu nástroje. Hloubka záběru je v případě vrtání do plného materiálu dána poloměrem nástroje. U předvrtaných otvorů, vyhrubování a vystružování je určena rozdílem poloměrů otvoru před a po obrábění. Hloubka záběru pro výhrubník je od 0,3 až 1 milimetru, zatímco pro výstružník je v rozsahu 0,1 až 0,3 milimetru. Rezné rychlosti jsou v porovnání se soustružením a frézováním nižší a to vzhledem k nepříznivým podmínkám, ve kterých nástroje pracují. Odvod tepla v místě řezu v otvoru je špatný a břit je značně tepelně zatížen. Proto se v naprosté většině případů používá chlazení chladicí kapalinou. Obvykle se používá olej nebo emulze vody s olejem. Rezná rychlost se zpravidla pohybuje v mezích od 10 do 300 metrů za minutu.

Vyvrtávání je metoda obrábění, při níž se rozšiřují předlité, předkované, předlisované, předvrtané nebo jinými způsoby předpracované díry na požadovaný rozměr nebo tvar. Tento princip se používá jak pro hrubování, tak pro práci na čisto. Při vyvrtávání se součástka obrábí vyvrtávacími noži upevněnými ve vyvrtávacích tyčích nebo hlavách. Obráběné rotační plochy mají geometrický tvar válce, kužele, čelního mezikruží nebo rotační tvarové plochy. Pomocí vyvrtávacích strojů lze též obrábět vnitřní zápichy a řezat vnitřní závity. U složitějších obrobků mohou být všechny uvedené tvarové prvky kombinovány v různém uspořádání na jedné nebo více osách rozložených v rovině nebo prostoru. Vyvrtávací stroje navíc v případě potřeby umožňují obrábět jmenované povrchy a plochy i ve vnějším provedení. Paří sem stolové, deskové a jemné vyvrtávačky [2, 3, 4].



obr. 1.6 Šroubovitě vrtáky [36]



2 CNC OBRÁBĚCÍ CENTRA

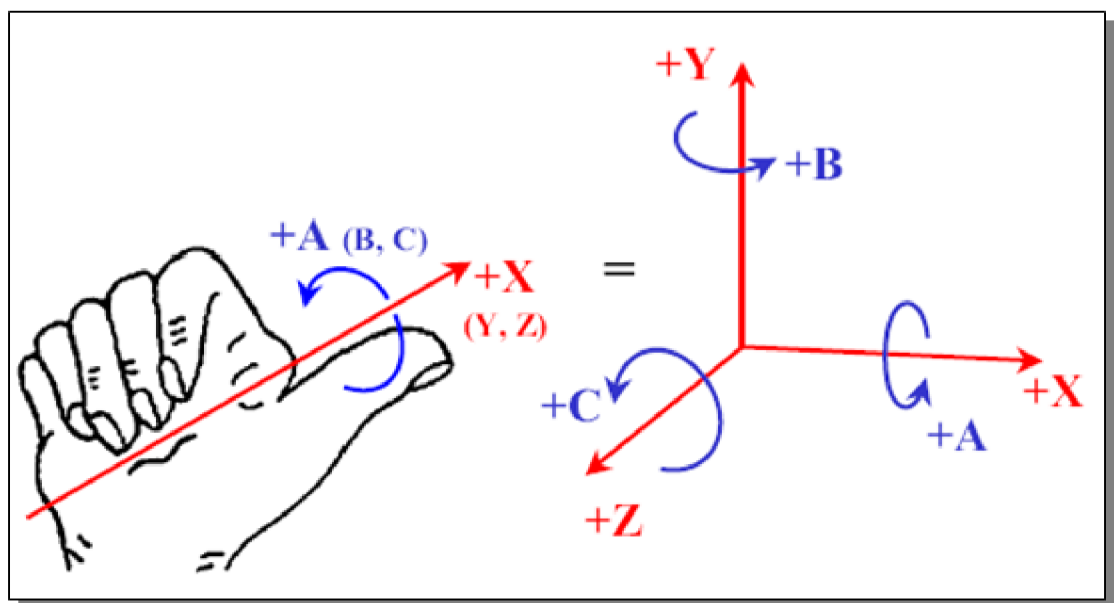
CNC obráběcí centrum lze charakterizovat jako číslicově řízený obráběcí stroj, který disponuje dostatečně vysokou tuhostí a přesností. Dokáže si automaticky vyměnit jak pracovní nástroj, tak i obrobek a může provést různé operace při jednom upnutí obrobku. Je vybaveno prvky diagnostiky, měření a inteligence. Je schopno pracovat v automatickém cyklu, případně v bezobslužném provozu. Využívá různé technologické operace jako soustružení, frézování, vrtání a vyvrtávání. K dalším znakům patří plynulá regulace otáček a automatický odvod třísek z pracovního prostoru. Za zmínění stojí i velká kinematická adaptabilita v obrobku a nástroji. Součástí je i automatické mazání a chlazení. Z technologického hlediska jsou CNC obráběcí centra rozdělována na semimultifunkční, soustružnická a frézovací.

U semimultifunkčních obráběcích center je zvýšený počet stupňů volnosti v nástroji nebo v obrobku a zároveň je ve většině případů doplněn soustružnickými operacemi k frézovacím strojům. Někdy jsou tyto stroje nazývány univerzálními obráběcími stroji. Tato kategorie se dále dělí na centra s pohyblivým stojanem a s nepohyblivým stojanem či portálová centra. [21].

2.1 Souřadnicový systém

CNC stroje používají většinou kartézský souřadnicový systém. Ten je pravotočivý, pravouhlý s osami X, Y, Z. Otáčivé pohyby, jejichž osy jsou rovnoběžné s osami X, Y, Z, se označují A, B, C. Platí, že osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetene, přičemž kladný smysl probíhá od obrobku k nástroji. Hodnoty se vyskytují i v záporném poli souřadnic.

Kartézský systém souřadnic je nutný pro řízení stroje. Nástroj se v něm pohybuje podle zadaných příkazů z řídicího panelu CNC stroje nebo příkazů uvedených ve svém spuštěném programu. Podle potřeby lze souřadnicový systém posunovat a otáčet. V případě měření nástrojů je umístěn v bodě výměny nástrojů nebo špičce nástroje [17].



obr. 2.1 Kartézský souřadnicový systém [17]



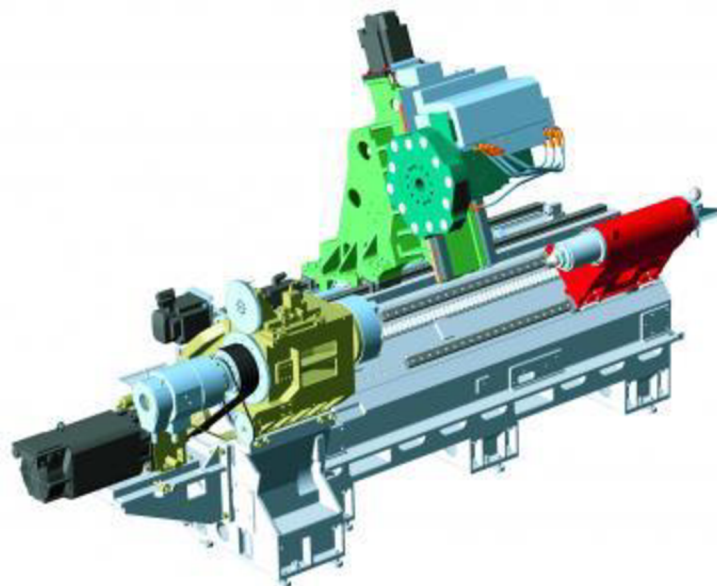
2.2 CNC soustružnické stroje a obráběcí centra na rotační součásti

Jsou nejrozsáhlejší skupinou obráběcích strojů s geometricky definovaným břitem a představují nejrozšířenější typ obráběcích strojů určených k obrábění součástí rotačního tvaru. Číslicové řízení přineslo do soustruhů nové možnosti práce. Zjednodušilo výrobu tvarových rotačních ploch, řezání závitů a nahradilo kopírovací zařízení. Konstrukce však vyžaduje vymezení vůlí v posuvných hnacích soustavách, jejich vysokou tvrdost, snížení pasivních odporů v převodech i ve vedení a vhodná čidla pro odměřování vzdáleností. Centra se dělí dle os na vodorovné, svislé a speciální stroje.

Do kategorie s vodorovnou osou řadíme soustruhy produkční a vícevřetenové automaty. U produkčních je základní nosnou součástí stroje lože, které zajišťuje vysokou tuhost. Suport soustruhu je spojovacím článkem mezi nástrojem a ložetem. Nástroje jsou situovány společně se soustružnickými noži v revolverové hlavě. Podstatnou roli hraje také uspořádání vodících ploch jednotlivých posuvných os. Vřeteník představuje základní uzel skladby, který výrazně ovlivňuje kvalitu celého stroje. Tuhost vřeteny má značný vliv na přesnost práce a dynamickou stabilitu. Koník slouží především k upínání obrobků mezi hroty. K podepření dlouhých obrobků upnutých mezi hroty nebo místo koníku je možno využít opěry (lunety). Hlavní nosná část rámu soustružnických obráběcích center má vodorovnou osu. Může být tedy skloněn pod úhlem nebo orientován jako svislá plocha.

Vícevřetenové automaty mají horizontální osy vřeten. Automaty jsou určeny pro práci s tyčovým materiálem, ale mohou obrábět i přírubové součásti nebo přesné odlitky. Nejčastěji mají šest, osm nebo dvanáct vřeten. Nasazují se v hromadné a sériové výrobě. Všechny operace třískového obrábění probíhají současně na všech pracovních vřetenech.

K soustruhům se svislou osou řadíme stroje karuselového typu a inverzní. Ty slouží k obrábění rozměrných a těžkých součástí rotačních i nerotačních obrobků. Pomocí přídatných zařízení je možno na nich brousit a frézovat. Jinak lze soustruhy dělit na jednostojanové a dvoustojanové [21].



obr. 2.2 Soustružnické centrum [37]



2.3 CNC obráběcí centra na nerotační součásti

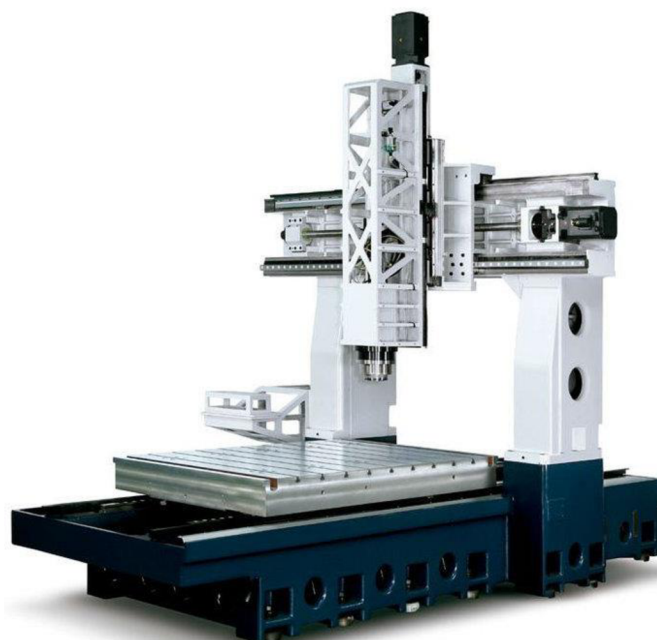
Snahy o efektivní racionalizaci zejména malosériové a středněsériové výroby vedly k vývoji nové kategorie obráběcích strojů, pro kterou se ustálil název obráběcí centra. V širokém měřítku se koncepce obráběcích center začala prosazovat na počátku šedesátých let dvacátého století.

Pro obráběcí centra je charakteristické, že jedna z operací třískového obrábění je dominantní. Tedy např. frézování je dominantní a soustružení doplňkové. Pak jsou tato obráběcí centra používána převážně pro obrábění nerotačních obrobků. Jednoprofesionální CNC obráběcí stroj umožňuje provádět převážně pouze frézovací operace. Původním znakem CNC center na nerotační součásti je též možnost skládání jako stavebnice. Stroje rozdělujeme podle typu osy. Osy jsou vodorovné či svislé.

Centra s vodorovnou osou jsou s pevným stojanem, s pohyblivým stojanem, s výsuvným vřeteníkem (smýkadlem) a hybridní. Hybridní vznikla spojením dvou charakteristických konstrukčních znaků. Jedná se například o sloučení výsuvného pracovního vřetena a pohyblivých stojanů vodorovných obráběcích center. Stroje s pevným stojanem mají oproti centrům s pohyblivým stojanem horší odolnost vůči vibracím. U výsuvného vřetene se vřeteno může pohybovat ve dvou či třech osách. Tato konstrukce může nápadně připomínat vyvrtávací stroje.

Druhá oblast strojů se svislou osou se dělí na centra s pevným stojanem, s pohyblivým stojanem, s výsuvným smýkadlem, s pohyblivým portálem, s pohyblivým příčnickem a s pohyblivým stolem.

Velmi často se využívá koncepce s pevným stojanem díky výhodné koncepci pro obrábění plochých a deskovitých součástí, jednoduššímu upínání obrobků a nižší ceně v porovnání s vodorovným vřetenem. U pohyblivého stojanu nalezneme všechny tři stupně volnosti v nástroji. Zde je dobře přístupný obráběcí prostor, kde je upnut obrobek. Speciální konstrukcí svislých obráběcích center jsou centra portálová. Jejich charakteristickým znakem nosné soustavy je portál. Ten může být pohyblivý nebo pevný [21].



obr. 2.3 Vertikální obráběcí centrum [38]



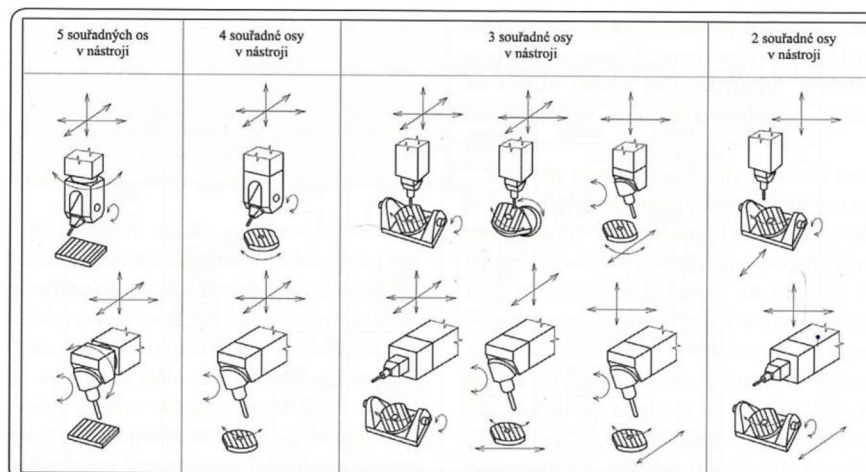
3 OBRÁBĚCÍ HLAVA

Pomocí obráběcích přídavných hlav lze zajistit takovou polohu nástroje, která není dosažitelná pomocí kinematiky stroje nebo obrábět v jedné operaci více otvorů současně. Výsledkem je eliminace nutnosti přepínání obrobku do polohy, kde by byl ve stávající konfiguraci stroje obrobitelný s dostatečnou produktivitou a kvalitou. Snižují se tím vedlejší časy, zvyšuje se produktivita práce i přesnost provedené operace, dosahuje se vyšší spolehlivosti procesu. Hlavy disponují i možností vnitřního přívodu rezné kapaliny. Značné snížení nákladů je mnohdy takové, že se přídavná hlava zaplatí opracováním jen několika málo obrobků. Výměnné vřetenové hlavy umožňují obrábění jak vodorovných, tak svislých či jinak natočených ploch. To je způsobeno změnou orientace polohy vřetena a jeho vhodného natočení. Hlava může být neodnímatelná součást vřeteníku stroje nebo ji lze využívat jako příslušenství stroje. To znamená, že hlavu je možné odepnout od vřeteníku a stroj může pracovat nezávisle bez ní. Hlavy rozšiřují technologické možnosti tím, že stroji přidají jednu, dvě nebo i tři osy, případně zvýší otáčky nástroje [5, 6, 9].

3.1 Rozdělení frézovacích hlav

Počet poháněných os:


- 1- osá hlava
- 2- osá hlava
- 3- osá hlava



obr. 3.1 Třídění hlav dle os [21]

Kinematika poháněných os:

- Univerzální frézovací hlava
- Vidlicová frézovací hlava
- Pravoúhlá frézovací hlava
- Lícni deska
- Horizontální hlava
- Speciální hlavy

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 19
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Pohon os:

- Torque motory
- Ozubená kola
- Servomotory s pastorky
- Šnek a šnekové kolo

Možnosti natáčení os:

- Nastavení úhlu natočení při zastaveném nástroji
- Nastavení úhlu během kontinuálního obrábění

Způsob natáčení os, výměny nástroje, výměny hlavy:

- Automatické
- Manuální

Pohon nástroje:

- Nástroj je poháněn vlastním elektrovřetenem
- Přímý pohon elektromotoru obráběcího stroje



3.2 Obráběcí hlavy pro centra na rotační součásti

3.2.1 Revolverové hlavy

Kupínání nástrojů u CNC strojů se převážně používají revolverové hlavy, kde se výměna nástrojů zajišťuje pomocí programu. Potřebný nástroj je zapojen pomocí pootočení hlavy. Existují různé druhy revolverových hlav. Na obr 3.2 si je můžeme rozdělit na bubnové, korunové, hvězdicové s vodorovnou osou a se svislou osou otáčení. Hlavním rozdílem, který je možno vidět na obrázku je usazení nástroje vzhledem k ose otáčení. Hlavy se rozlišují podle počtu upnutých nástrojů. Počet nástrojů je určen typem stroje [22, 23, 24].



obr. 3.2 Základní typy revolverových hlav [24]

3.2.2 Závitořezná hlava

Závitořezná hlava představuje přesný a produktivní nástroj pro rychlou, pružnou a úspornou metodu při výrobě širokého spektra závitů. Pro různé operace řezání závitů v širokém rozsahu je potřebná pouze jedna univerzální závitořezná hlava. Ta díky vyměnitelným držákům umožňuje, aby hlava zůstala ve stroji a přitom bylo možné nože přebrousit, provést seřízení nebo výměnu pro jiný typ závitu. Tyto úkony trvají pouze několik málo minut a znamenají podstatné zkrácení neproduktivních časů stroje [27].



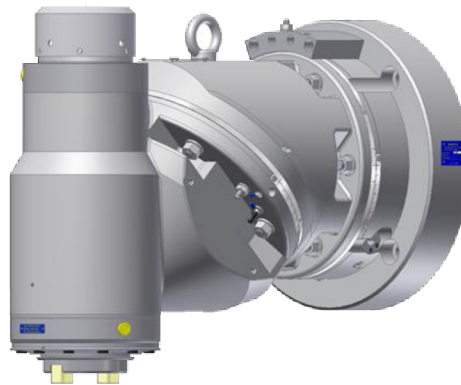
obr. 3.3 Závitořezná hlava [28]



3.3 Obráběcí hlavy pro centra na nerotační součásti

3.3.1 Univerzální frézovací hlava

Univerzální frézovací hlava má uplatnění především u složitějších tvarů a ploch, které jsou tvarovány pod různými úhly. Navíc oproti pravoúhlé hlavě má možnost rotace kolem osy A. Ta je skloněna pod úhlem 45° vůči ose C. Upínání nástroje a natáčení os lze provádět automaticky nebo manuálně. Protože tělo hlavy tvoří tři části, je výsledná tuhost celku v porovnání s pravoúhlou hlavou menší [9].



obr. 3.4 Univerzální frézovací hlava [11]

3.3.2 Frézovací vidlicová hlava dvouosá

Tyto hlavy se využívají především u portálových strojů. Vřeteno je ve svislé poloze a obrábí se tvarově složité plochy. Pohon vřetena je zajištěn náhonem od vřetena obráběcího stoje nebo elektrovřetenem osazeným mezi vidlicí. Variantu s elektrovřetenem lze použít pro dokončovací práce a méně výkonné obrábění. Oproti tomu hlavy s přímým náhonem od vřetena stroje jsou určeny pro silové obrábění [9].



obr. 3.5 Vidlicová frézovací hlava dvouosá [12]



3.3.3 Frézovací vidlicová hlava tříosá

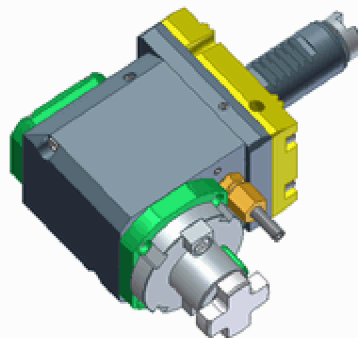
Běžné dvouosé frézovací hlavy mají osu A vůči ose C pod pravým úhlem. V tomto případě může vzniknout pólový problém. Ten může způsobit, že pro opravdu malé pohyby vřetene (několik úhlových vteřin) projeví pohybem osy C o devadesát stupňů a tím se prodlužuje čas výroby součástky. Řešením problému je použití tříosé vidlicové frézovací hlavy [34].



obr. 3.6 Vidlicová frézovací hlava tříosá [34]

3.3.4 Frézovací hlava pravoúhlá

Osa vřetenové pravoúhlé hlavy je orientována kolmo na osu hlavního vřetene. Natáčení hlavy se provádí automaticky nebo manuálně po předem definovaných úhlových stupních. Obráběcí nástroj se upíná pomocí upínače do dutiny vřetene a má zpravidla tvar normalizovaného kuželu. Upínání nástroje lze rovněž jako natáčení hlavy provádět automaticky nebo manuálně. Pravoúhlé hlavy mají díky natáčení pouze jedné osy velkou tuhost, která napomáhá k vyšší přesnosti obrábění [9].



obr. 3.7 Pravoúhlá frézovací hlava [13]



3.3.5 Frézovací ortogonální hlava

Ortogonální hlavy, mají oproti jednoosým hlavám možnost ovládání dvou os. Rozdíl vůči univerzální hlavě je ve vzájemné poloze os, které jsou na sebe kolmé. Hlava tak zajišťuje jiné polohy vřetena než hlava univerzální. To ji předurčuje pro obrábění ploch, na které ostatní hlavy nestačí [9].



obr. 3.8 Ortogonální frézovací hlava [35]

3.3.6 Frézovací úhlová hlava

Frézovací úhlová hlava není vhodná pro hrubovací operace. Je určena pro dokončovací práce. Základní částí hlavy na Obr. 3.9 je tělo (1), které umožňuje vřeteníku (2) náklon o 90° . Za pomoci stupnice (7) lze zjistit aktuální náklon. Druhá stupnice (8) nám prozrazuje otočení hlavy. Vřeteno (3) přenáší požadované otáčky na nástroj, který je upnutý v kleštině (11). Šrouby nalezneme pod číslem (9,10). Aretační člen (4) a aretační čep (5) jsou připojeny k tělu. Celá konstrukce drží na upínací stopce (12) [10].

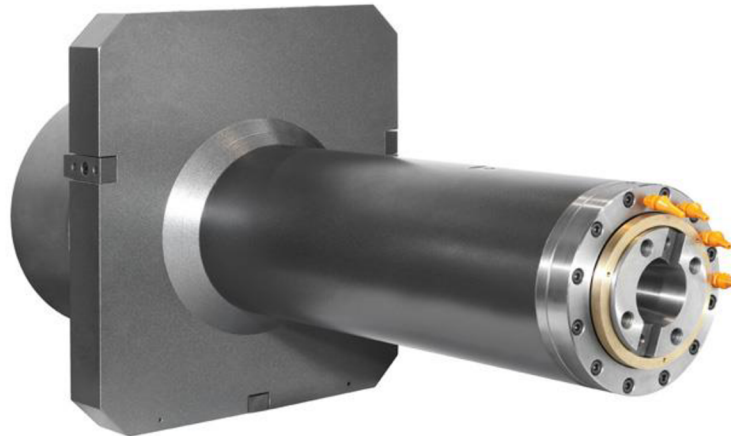


obr. 3.9 Úhlová frézovací hlava Fuh PVI [10]



3.3.7 Frézovací horizontální hlavy

Osa vřetená od obráběcího stroje je totožná jako osa vřetená frézovací hlavy. V nabídce výrobců se nachází různé délky horizontálních hlav. Kratší hlavy jsou vhodné pro hrubovací operace, protože mají oproti delším hlavám vyšší tuhost. Díky malým příčným rozměrům těla hlavy nástroj dosáhne hluboko do obrobku, kde je možné frézovat, vrtat, vyvrtávat či přesně měřit [9].



obr. 3.10 Horizontální hlava [14]

3.3.8 Rychloběžné hlavy

Moderní obráběcí stroje disponují na vřetení maximálními otáčkami, které dosahují až 20 000 otáček za minutu. Vyšší otáčky nabízejí pouze specializované stroje, které jsou velmi drahé. Pokud je nutno na obrobku vyvrtat malý otvor či frézovat drobnou tvarovou strukturu, typické běžného obráběcí stroje nedosahují požadovaných vlastností a parametrů. Ekonomickým řešením je použití zrychlovací hlavy, která dosáhne požadovaných otáček [5].



obr. 3.11 Zrychlovací hlava [26]



3.3.9 Vyvrťovací hlavy

Vyvrťovací hlavy značně rozšiřují možnosti vyvrťovacích strojů, vrtaček a frézek. Ty se používají k přesnému vyvrťování válcových otvorů a obrábění vnějších válcových ploch.

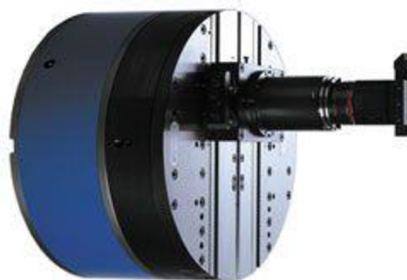
Hlavy se rozdělují na pevné, stavitelné a s nuceným posuvem. Pevné hlavy se nemohou nastavovat na určitý průměr a v sadách jsou odstupňovány po určitých velikostech. Stavitelné hlavy jsou univerzální a mohou obrábět jakýkoliv rozměr v daném rozsahu hlavy pomocí mikrometrického šroubu, elektronického zařízení nebo mechanicky. U hlavy s nuceným pohybem je pohyb řízen při daném procesu elektronicky nebo mechanicky. Vyrábějí se i další typy, ty jsou však speciálně vyrobené pro danou práci. Mohou mít více břitů či být tvarové [10, 29].



obr. 3.12 Automatická vyvrťovací hlava DIN 40 [30]

3.3.10 Lící deska

Lící deska se využívá na otvory velkých průměrů u soustružení. Obrábět lze také kuželové plochy, konkávní a konvexní rádiusy se zapojením ostatních os stroje. Vhodná je i pro řezání vnějších závitů. Nalezneme ji u mnohých vyvrťovacích a speciálních strojů. Deska bývá upevněna na duté vřeteno horizontálního stroje a v něm je uloženo jeho pracovní vřeteno. Vysouvání pracovního vřetena se ovládá nastavením nože, které je řízeno bezdrátovým dálkovým ovládním [9, 31].



obr. 3.13 Lící deska D'Andrea [25]

3.3.11 Speciální frézovací hlavy

Mezi tuto kategorii lze zařadit ostatní hlavy, které jsou vytvářeny ze specifických požadavků a přání zákazníků. Tímto způsobem vznikají nové typy a konstrukční řešení frézovacích hlav [9].



4 FIRMA TRIMILL

4.1 Stroj TRIMILL 6525

Základní pracovní náplní firmy TRIMILL, a.s. je vývoj, konstrukce, montáž, uvádění do provozu, prodej a servis obráběcích strojů určených zejména pro obrábění forem a lisovacích nástrojů. Firma se specializuje hlavně na výrobu portálových obráběcích center určených pro obrábění nástrojů, forem a zápustek, ale také produkci pro výrobky leteckého průmyslu. Spektrum strojů TRIMILL obsahuje vertikální i horizontální obráběcí centra ve třech, pěti i víceosém provedení.

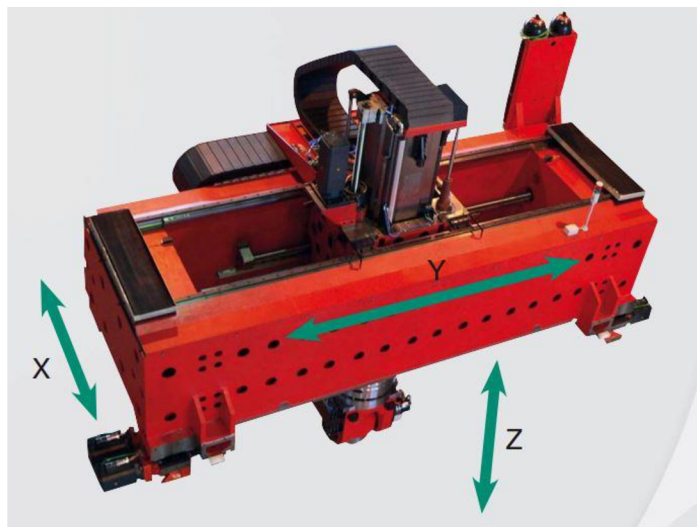
Stroj TRIMILL 6525 je portálové obráběcí centrum, kde se pohybuje příčník typu Box in Box po dvou bočních pevných stěnách. Toto uspořádání nazýváme horní gantry. Příčník je odlitek se dvěma vodícími plochami. Jedna plocha slouží pro pohyb na vysokých ložích ve směru osy X a druhá určuje směr osy Y pro přesunutí saně příčníku. Pohyb je zajištěn servomotory na každé straně lože. Saně jezdí po kombinovaném vedení, které je složeno z kluzné a valivé části.

Saně příčníku dovolují vřeteníku pohyb v ose Y. Vřeteník se pohybuje v ose Z a je nesen smýkadlem. Smýkadlo se posouvá po kluzném vedení a je nositelem pohonu vřeteníku, do kterého se následně upíná frézovací hlava. Toto uspořádání umožňuje lepší polohování nástroje.

Obrobek je upnut na pevném stole, který nepojíždí v žádné z lineárních os X, Y, Z. Výhoda spočívá v tom, že při obrábění se nepohybuje s obrobkem a všechny pohyby vykonává nástroj upnutý ve vřetenu. Stůl je vybaven tzv. T drážkami. Ty slouží k upnutí obrobku. Boční nosné stěny horního gantry mohou být litinové, betonové, případně svařované s polymerbetonovou výplní.

Ochranné kryty jsou důležitou součástí obráběcího stroje. Mají za úkol chránit obsluhu, životní prostředí a velmi často i samotný stroj proti nežádoucím účinkům obráběcího procesu. Zároveň vytváří obraz celkového vzhledu stroje a mají tedy estetický význam.

Zásobník nástrojů je situován na boku nosné konstrukce. Stroj se hlavně využívá pro výrobu forem, lisovacích nástrojů, zápustek, či tvarově složitých obrobků, které se musí obrábět pomocí tří až pěti souvisle řízených os [21, 41].

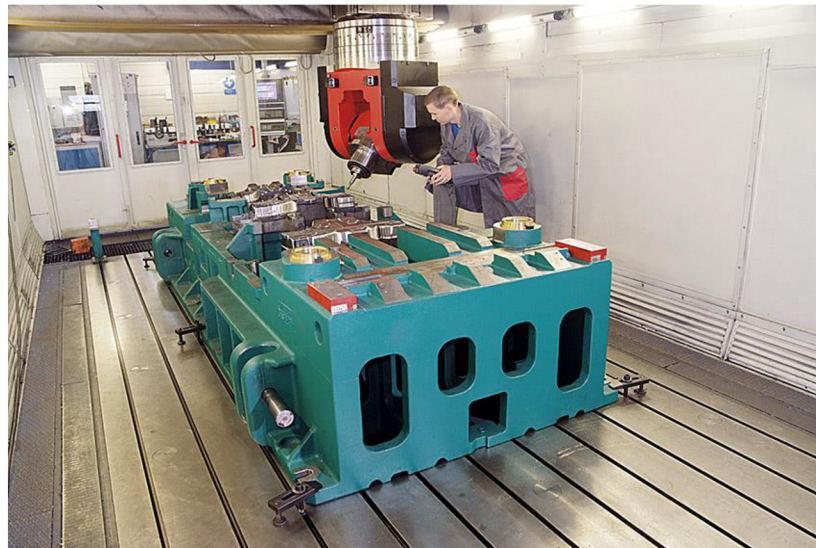


obr. 4.1 Příčník Box in Box [41]



4.2 Vlastnosti stroje

Jedná se o 5-osý stroj s pohyblivým příčnickem, cíleně zkonstruovaný pro obrábění lisovacích nástrojů, forem a zápustek. Je určen jak pro dokončovací operace, tak pro hrubování. Disponuje snadnou obsluhou a přístupem do pracovního prostoru. Hmotnost se pohybuje okolo 80 tun. Celkové rozměry stroje jsou 10 350 x 8 050 x 5 700 mm. Maximální rozměry obrobku při obrábění z pěti stran nesmí převyšovat 3460 x 1460 x 1100 mm. Rozměry pracovního stolu zaujímají prostor o hodnotě 6500 x 2800 mm. Maximální možná hmotnost obrobku může být do 130 tun. Pracovní pojezdy os X Y Z jsou 6500, 2500, 1400 mm. Rychlost posuvů v těchto osách se pohybuje okolo 25 000 mm.min⁻¹. Přesnost polohování dosahuje 0,015 mm. Značné zjednodušení ovládání je uskutečněno pomocí ručního bezdrátového ovladače [40, 41].



obr. 4.2 Vnitřní část stroje TRIMILL 6525 [41]

4.3 Automatická výměna nástrojů

Skupina uzlů pro odkládání, manipulaci, polohování a upnutí nástrojových jednotek v obráběcím centru bez užití lidské síly, zručnosti a správy plní úkol automatické výměny nástrojů. U obráběcích center je nezbytným funkčním doplňkem pro zajištění plynulého a nepřetržitého provozu. Je tvořena širokým sortimentem konstrukčních řešení, které mají zajistit optimální užití obráběcího stroje při daných technologických operacích, které definují skladbu nástrojového vybavení.

Výměna nástrojů se realizuje ve dvou případech. Pokud je nástroj příliš opotřebovaný a je nutné ho vyměnit za jiný nebo si jiný nástroj žádá posloupnost technologických operací. Konstrukční řešení zásobníku je ovlivněno typem stroje, pro který je zásobník určen, způsobem upínání nástrojů ve stroji, typem nástrojů a jejich počtem. Zásobníky rozlišujeme nosné a skladovací. Dále rozdělujeme zásobníky podle toho, zda odkládací místa mění svoji polohu. Když ji mění, jedná se o řetězový, bubnový, diskový či revolverový zásobník. V druhém případě, že nemění svoji polohu, jde o zásobník regálový plošný, regálový cylindrický, maticový nebo velkokapacitní [21].



4.4 Automatická výměna hlav

Automatická výměna nástrojových hlav přináší značné zrychlení a zefektivnění obráběcího centra. U výměny pick – up se předpokládá, že zásobník technologického příslušenství je dostupný samotnému stroji. Jsou-li pracovní pojezdy stroje dostatečně velké, zásobník se nazývá stacionární. Koncepte zásobník - manipulátor – stroj se uplatňuje buď v případě, že příslušenství nelze umístit v blízkosti pracovního prostoru stroje nebo je kapacita zásobníku velká a zásobník je tedy rozměrný [21].



obr. 4.3 Stacionární zásobník hlav

4.5 Elektrovřeteno

K náhonu frézovací hlavy lze využít vřeteno s vlastním pohonem, tzv. elektrovřeteno. Tento způsob není vázaný na obráběcí stroj. Elektrovřetena jsou s oblibou montována do vidlicových hlav. Mezi hlavní výhody patří zvýšení výkonových parametrů stroje a přímý nezávislý pohon vůči pohonu obráběcího stroje. K nevýhodám patří zástavbové rozměry, vysoká cena a nedostatečný krouticí moment, působící na nástroje v poměru k zástavbovým rozměrům [9].



obr. 4.4 Elektrovřetena [39]




4.6 Frézovací hlava

Frézovací dvouosá vidlicová hlava typu T21M obsahuje elektrovřeteno FISCHER o výkonu 34 kW. Dokáže vyvinout krouticí moment o velikosti 67 Nm. Maximální otáčky se blíží k hodnotě $24\,000\text{ min}^{-1}$. Hlava se může natáčet vůči ose B v rozmezí $\pm 100^\circ$ a vůči ose C v rozmezí $\pm 240^\circ$. Rychlost posuvů obou os je 50 min^{-1} . Upínací kužel je typu HSK – A63 zajišťuje snadnou výměnu nástrojů ze zásobníku, kam je možné umístit až 30 kusů nástrojů. Zpevnění naklápěcí osy je zajištěno 4 000 Nm a zpevnění otočné osy dosahuje 15 000 Nm. Polohovací krok je plynulý [41].



Obr. 4.3 Frézovací hlava typu T21M [41]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 30
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo popsat současný stav obrábění kovových materiálů a rešerše vlastností obráběcích hlav. Práce byla rozdělena na 4 základní části, kde v první jsou popisovány jednotlivé typy třískového obrábění. Soustružení je typickým zástupcem pro výrobu součástí rotačního tvaru, zatímco frézování se užívá na součástech nerotačního tvaru. Pomocí vrtání a vyvrtávání se zhotovují či zvětšují již existující otvory.


Druhá část se dále zabývá popisem CNC obráběcích center na rotační a nerotační součásti. Jsou zde zmíněny různé typy obráběcích strojů a jejich použití. Součástí kapitoly je i aplikace kartézského souřadnicového systému na orientaci a posun os nástroje.

Třetí část pojednává o obráběcích hlavách a jejich dělení. Obecně lze říci, že čím více má frézovací hlava otočných os, tím více bude určena k dokončovací operaci a nebude vhodná pro hrubování, protože u ní bude klesat tuhost. Tato úvaha ovšem musí být korigována tím, jaký máme stroj a jakou hlavu na něj použijeme. Úhlová frézovací hlava je určena především pro dokončování, zatímco u frézovací vidlicové hlavy dvouosé záleží na její konstrukci a může být použita i pro větší úběry třísek.

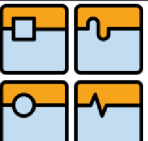
Poslední část se zabývá popisem CNC centra typu horní gantry TRIMILL 6525 a výběrem správné frézovací hlavy. Tento stroj je specifický svým konstrukčním řešením příčnicku. Je určen pro obrábění velmi rozměrných dílů. Je vybaven automatickou výměnou nástrojů a automatickou výměnou obráběcích hlav. Na konci je k tomuto stroji vybrána vidlicová frézovací hlava T21M a u ní vylíčeny její typické vlastnosti. Hlava byla vybrána vzhledem k vlastnostem obrábění rozměrných dílů.

Seznam použitých zdrojů


- [1] HUMÁR, A. Technologie I - Technologie obrábění - 1. část [online]. [cit. 10. dubna 2015]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru "Strojírenská technologie" MS studijního programu "Strojírenství". VUT v Brno, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 138 s. Dostupné na World Wide Web: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [2] HUMÁR, A. Technologie I - Technologie obrábění - 2. část [online]. [cit. 10. dubna 2015]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru "Strojírenská technologie" MS studijního programu "Strojírenství". VUT v Brno, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 95 s. Dostupné na World Wide Web: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
- [3] Technologie třískového obrábění. *Technická univerzita ostrava* [online]. 22.7.2008 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf
- [4] Řezné podmínky při obrábění. *TU v Liberci* [online]. 2001 [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_rp.pdf
- [5] BORO VAN, Petr. Snižování výrobních nákladů bez velkých investic. *Technický týdeník* [online]. 30.9.2014 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/snizovani-vyrobnich-nakladu/snizovani-vyrobnich-nakladu-bez-velkych-investic-10_27174.html
- [6] KOLÁŘ, Petr a Jan MORAVEC. Vřetena a jejich komponenty. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 26.4.2010 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vretena-a-jejich-komponenty.html>
- [7] KOČMAN, Karel. HSC obrábění. *Esf Inovace studijních programů Strojírenské technologie* [online]. 2005 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: esf.fme.vutbr.cz/modul/5/hsc_obrabeni_1.pps
- [8] JANÍČKOVÁ, Petra. Rozdělení nožů podle způsobu obrábění. *SPŠOA Uherský Brod* [online]. 2013 [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2677
- [9] SVOBODA, O. Konstrukce pravoúhle prodloužené frézovací hlavy pro horizontální vyvrtávačku. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 134 s. Vedoucí diplomové práce Ing., Dipl.-Ing Michal Holub, Ph.D.
- [10] Frézovací úhlová hlava. *Narex* [online]. 2008 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc2C3_01BA.htm
- [11] Obráběcí hlavy. *Sempuco* [online]. 2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://www.sempuco.biz/Milling_Heads.html

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 32
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [12] VU 3014. *Trimill machine tools* [online]. 2014 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.trimill.cz/produkty/vertikalni-obrabeci-centra/5-osa-s-otocnym-stolem/vu-3014/>
- [13] Radiální frézovací hlava. *EWS tool technologies* [online]. 2012 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://www.ews-tools.de/en/online-catalog/czech/machine/index/g160/vdistarturret driventools/radialtoolholder_radialmill inghead11.aspx
- [14] Horizontální hlava. *Zamaq* [online]. 2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.zamaq.cz/Zv1%C3%A1%C5%A1tn%C3%AD-p%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD-ke-strojum-GMP>
- [15] Frézování ve 4 osách. *Design world* [online]. 20.3.2007 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://www.designworldonline.com/edgcam-115/#_
- [16] NX CAM. *Axiom tech* [online]. 2014 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.axiomtech.cz/24816-nx-cam>
- [17] PERNÍKÁŘ, Jaroslav. Souřadné systémy. *Střední škola technická Opava* [online]. 2011 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://sst.opava.cz/pernikar/nove_www/CNC_soubory/souradnice.htm
- [18] Metody 5osého frézování. *Delcam FeatureCAM* [online]. 2010 - 2014 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.frezovani-5os.cz/metody-frezovani/4-osy-souvisle>
- [19] Čtyřosé frézování. *CAD* [online]. 2009 - 2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/pdmplm/7-2007/1325-poskytujeme-komplexni-reseni-ve-svete-obrabeni.html>
- [20] 5 osé frézování. *Cad-fem* [online]. 2013 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: http://cad-fem.cz/index.php?option=com_content&view=category&id=106&Itemid=367
- [21] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, 2014, 684 s. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [22] MAREK, Jiří a Oldřich UČEŇ. *CNC obráběcí stroje*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010, 103 s. ISBN 978-80-248-2329-4.
- [23] MANA, Marek. Řídicí systémy CNC strojů a možnosti využití. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 39s. 5 příloh Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.
- [24] MUCHA, R. Návrh řetězového zásobníku nástrojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 78 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Pavlík
- [25] Licní desky. *Fermat* [online]. © 2010 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/licni-desky>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 33
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		

- [26] Zrychlovací hlava. *Grumant* [online]. © 2013 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.grumant.cz/produkty/nastroje-pro-obrabeni/specialni-nastroje>
- [27] Závitořezná hlava. *Wagner-werkzeug* [online]. 22.3.2010 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.wagner-werkzeug.de/fileadmin/pdf/Werbeflyer-Schneidkopf-CZ.pdf>
- [28] Závitořezná hlava. *Alba precision* [online]. 26.1.2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://albaprecision.cz/cz/portal/produkty/wagner/zavitorezne-hlavy/>
- [29] STRÁNSKÝ, MAREK. Moderní nástroje pro vyvrtávání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 38 s., 0 příloh. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Prokop, CSc.
- [30] Automatická vyvrtávací hlava. *Markagro* [online]. 1.1.2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.markagro.cz/produkt/automaticka-vyvrtavaci-hlava-gwza-18-din40-dm139>
- [31] Lící deska. *Dandrea* [online]. 2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://dandrea.com/contents.asp?c=8>
- [32] Automatická výměna nástrojů. *Český informační portál průmysl* [online]. 19.12.2012 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.prumysl.cz/obrabeci-stroje-automaticka-vymena-nastroju/>
- [33] Automatická výměna frézovacích hlav. *Fermat* [online]. © 2010 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/pick-up-automaticka-vymena-frezovacich-hlav>
- [34] Vidlicová frézovací hlava tříosá. *Zimmermann* [online]. 2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.f-zimmermann.com/index.php?id=681&L=0index.php%253F1%253D91>
- [35] Frézovací hlavy. *Tos varnsdorf* [online]. 2012 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/prislusenstvi/frezovaci-hlavy/>
- [36] Vrtací nástroje. *Caxmix* [online]. 5. 2. 2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.caxmix.cz/2015/02/05/rezne-nastroje-s-vyssi-zivotnosti-od-walter-tools/>
- [37] POLANSKÝ, Petr. Státní podpora vědy a výzkumu. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 8.10.2008 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/statni-podpora-vedy-a-vyzkumu-soustruznicke-centrum-sp430.html>
- [38] Vertikální 3-osé obráběcí centrum. *Trimill machine tools* [online]. 2014 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://stroje.bost.sk/produkty/trimill-av-1612>
- [39] Elektrovřetena. *Ibag* [online]. 2015 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.ibag.cz/>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

[40]Pětiosé frézování na portálových strojích. *Internetový portál COPTEL* [online]. 2009 – 2014 [cit. 2015-04-16]. Dostupné z:<http://coptel.coptkm.cz/?action=2&doc=30632&docGroup=4979&cmd=0&instance=2>

[41]VM 5525. *Trimill machine tools* [online]. 2014 [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: <http://www.trimill.cz/produkty/vertikalni-obrabeci-centra/5-osa-s-vymenou-hlav/>

Seznam obrázků

- obr. 1.1 Vnější soustružení
- obr. 1.2 Frézování sousledné a nesousledné
- obr. 1.3 Frézování ve 3 osách
- obr. 1.4 Frézování ve 4 osách
- obr. 1.5 Frézování v 5 osách
- obr. 1.6 Šroubovitě vrtáky
- obr. 2.1 Kartézský souřadnicový systém
- obr. 2.2 Soustružnické centrum
- obr. 2.3 Vertikální obráběcí centrum
- obr. 3.1 Třídění hlav dle os
- obr. 3.2 Základní typy revolverových hlav
- obr. 3.3 Závitořezná hlava
- obr. 3.4 Univerzální frézovací hlava
- obr. 3.5 Vidlicová frézovací hlava dvouosá
- obr. 3.6 Vidlicová frézovací hlava tříosá
- obr. 3.7 Pravoúhlá frézovací hlava
- obr. 3.8 Ortogonální frézovací hlava
- obr. 3.9 Úhlová frézovací hlava Fuh PVI
- obr. 3.10 Horizontální hlava
- obr. 3.11 Zrychlovací hlava
- obr. 3.12 Automatická vyvrtávací hlava DIN 40
- obr. 3.13 Lícni deska D'Andrea
- obr. 4.1 Příčník Box in Box [41]
- obr. 4.2 Vnitřní část stroje TRIMILL 6525
- obr. 4.3 Stacionární zásobník hlav
- obr. 4.4 Elektrovřetena
- obr. 4.5 Frézovací hlava typu T21M