



**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra zpracování dřeva a biomateriálů**

**CNC obrábění a olepování tvarových dílců z aglomerovaných materiálů**  
**Bakalářská práce**

**Vypracoval: Jaroslav Čech**

**Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.**

**© 2020 ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaroslav Čech

Dřevařství

Název práce

CNC obrábění a olepování tvarových dílců z aglomerovaných materiálů

Název anglicky

CNC machining and gluing of molded parts from agglomerated materials

---

**Cíle práce**

Cílem práce je charakteristika technologie CNC obrábění nábytkových dílců. Historie, současnost a směr, kterým se v budoucnu bude ubírat číslicově řízená technologie v nábytkářském průmyslu.

**Metodika**

Teoretický rozbor CNC obráběcích center, vývojová geneze procesu obrábění na daném strojním zařízení, konkrétně v technologii obrábění a olepování tvarových dílců z aglomerovaných materiálů. Výhody a nevýhody tohoto způsobu obrábění a komparace jednotlivých technologií.

**Doporučený rozsah práce**

35 – 45 stránek

**Klíčová slova**

CNC, aglomerované materiály, frézování, olepování CNC

---

**Doporučené zdroje informací**

BARCÍK, Š., KVIETKOVÁ, M., BOMBA, J., SIKLIENKA, M. Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování.

Powerprint Praha. 2013. 355 s., ISBN 978-80-87415-80-1.

JOSTEN, E., REICHE, T., WITTCHEN, B. Dřevo a jeho obrábění. Nakladatelství Grada publishing. 2010. 336 s., ISBN 978-80-247-2961-9.

LISIČAN, J. et. al. Teória a technika spracovanie dreva. Prvé vydanie. Zvolen: Matcentrum Zvolen. 1996. 626 s., ISBN 80-967315-6-4.

MIKOLÁŠIK, Ľ. Drevárske stroje a zariadenia I. Alfa, Bratislava, SNTL, Praha. 1981.

OVERBY, A. CNC Machining. Building, Programming, and Implementation. 1st ed. New York: McGraw-Hill Professional Publishing. 2010. 272s., ISBN 0071623019.

ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura. 2006. 123 s., ISBN 80-7300-207-8.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

**Garantující pracoviště**

Katedra základního zpracování dřeva

---

Elektronicky schváleno dne 20. 11. 2017

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí ústavu

---

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 05. 01. 2019

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „CNC obrábění a olepování tvarových dílců z aglomerovaných materiálů“ jsem sepsal sám, samostatně, pod vedením vedoucího práce doc. Ing. Moniky Sarvašové Kvietkové, PhD. a použil jsem prameny, které jsou uvedeny v seznamu pramenů a jsou řádně citovány. Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne ..... Podpis autora .....

## **Poděkování**

V této části bych velmi rád poděkoval všem, kteří mě během studia podporovali a věřili ve mne.

Dále bych rád poděkoval mé vedoucí práce doc. Ing. Monice Sarvašové Kvietkové, PhD., která mi poskytla mnoho cenných rad, podkladů a metodicky mne při psaní práce vedla.

## **Abstrakt**

**Autor: Jaroslav Čech**

**Název práce: CNC obrábění a olepování tvarových dílců  
z aglomerovaných materiálů**

Práce pojednává o číslicově řízených strojích pro zpracování plošného materiálu v nábytkářské výrobě. Je zaměřena na moderní poloautomatická, nebo plně automatická obráběcí centra. Stručně se práce věnuje technologii CNC olepování bočních ploch nábytkových dílců. Jsou charakterizovány základní typy aglomerovaných materiálů a jejich výroba. Část práce je věnována konkrétním technologiím a jejich specifikaci.

Tato práce umožňuje čtenáři seznámit se stručně s problematikou CNC obrábění v nábytkářském průmyslu. Doporučuje, hlouběji se tomuto tématu v budoucnosti věnovat. Práci lze použít jako rozcestník pro další získávání informací.

### **Klíčová slova:**

CNC, obrábění, olepování, aglomerované materiály

**Abstract****Author: Jaroslav Čech****Title: CNC machining and gluing of molded parts from agglomerated materials**

Work on numerically controlled machines for the processing of sheet material in furniture production. Especially focusing on modern semi-automatic or fully automatic machining centers. The thesis deals with the technology of CNC gluing of the side surfaces of furniture parts. Basic types of agglomerated materials and their production are characterized. Part of the work is devoted to specific technologies and their specification.

This work enables the reader to get acquainted with the problems of CNC machining in the furniture industry. He recommends to look deeper into this topic in the future. Work can be used as a guidepost for further information retrieval.

**Keywords:**

CNC, Agglomerated materials, Milling, gluing

## Obsah

1. Úvod.....	12
2. Cíl práce.....	13
3. Metodika.....	14
4. CNC stroje.....	15
4.1 Základní definice.....	16
4.2. Souřadnicový systém.....	18
4.3 Programování .....	19
4.4.1 Příklad syntaxe G kódu při plošném obrábění nábytkářských dílců..	20
4.5 Části CNC strojů, jejich řešení po konstrukční stránce .....	24
4.5.1 Funkční pracovní osy CNC center .....	24
4.6 Výhody CNC strojů .....	26
4.7 Nevýhody CNC strojů .....	26
5. Charakteristika CNC strojů.....	26
5.1 NC stroje.....	26
5.2 CNC stroje .....	26
5.3 DNC stroje .....	27
6. Dělení CNC strojů dle typu obrábění.....	28
6.1 CNC vrtačky.....	28
6.1.1 Teorie vrtání .....	29
6.2 CNC obráběcí centra .....	31
6.3 CNC horní frézky .....	32
6.4 CNC formátovací pily .....	33
6.5 CNC olepovačky .....	33
6.5.1 Konstrukce stroje.....	36
6.5.2 Podávací lamelový pás.....	36
6.5.3 Před frézovací jednotka bočních ploch.....	37
6.5.4 Jednotka nanášení lepidla .....	37
6.5.5 Kapovací jednotka .....	37
6.5.6 Vrchní a spodní zaoblovací jednotka rohů.....	38
6.5.7 Jednotka začišťovacích cidlin .....	38
6.5.8 Škrabka lepidla .....	38
6.5.9 Univerzální frézovací jednotka.....	38
6.5.10 Jednotka broušení boční plochy .....	38
7. Aglomerované materiály.....	39



7.1 Třískové desky.....	40
7.2 Vlákenné desky.....	41
8. Příklady CNC obráběcích a olepovacích strojů a jejich srovnání .....	44
8.1 Olepovací stroje .....	44
8.1.1 Ruční stroje pro olepování tvarových dílců .....	44
8.1.2 Jednoúčelové CNC obráběcí a ohraňovací stroje .....	48
8.1.3 CNC olepovací a frézovací centra - kombinovaná.....	52
8.2 Obráběcí stroje .....	57
8.2.1 Morbidelli M100 Obráběcí centrum s trámčovým stolem .....	57
8.2.2 Morbidelli N100 Obráběcí centrum s rastrovým stolem .....	58
9. Nástroje pro CNC obráběcí stroje .....	59
9.1 Stopkový nástroj .....	59
9.1.1 Tělo nástroje .....	59
9.1.2 Konstrukce nástroje .....	60
9.1.3 Lamače třísek .....	61
9.1.4 Proces otupování břitu .....	61
9.1.5 Vznik třísky .....	62
9.2 Kotoučové nástroje .....	63
9.2.1 Charakteristika nástroje .....	64
9.2.2 Tělo pilového kotouče .....	64
9.2.3 Ozubení pilového kotouče .....	65
9.2.4 Části pilových kotoučů .....	65
9.2.5 Řezání pilovými kotouči .....	65
10. Diskuze .....	68
11. Závěr .....	69
Použitá literatura .....	70
Elektronické zdroje .....	71

## Seznam obrázků

- Obrázek č. 1 – Historický CNC stroj
- Obrázek č. 2 – Ovládací panel CNC stroje
- Obrázek č. 3 – Souřadnicový systém
- Obrázek č. 4 – Systém řazení operací v G kódu
- Obrázek č. 5 – Výrobní výkres k ukázkovému G kódu
- Obrázek č. 6 – Pěti osá obráběcí hlava
- Obrázek č. 7 – DNC schéma
- Obrázek č. 8 – CNC vrtačka
- Obrázek č. 9 – CNC obráběcí centrum
- Obrázek č. 10 – CNC horní frézka
- Obrázek č. 11 – CNC formátovací pila
- Obrázek č. 12 – Hrany ABS
- Obrázek č. 13 – CNC olepovací centrum
- Obrázek č. 14 - Aglomerované materiály
- Obrázek č. 15 – Třískové desky
- Obrázek č. 16 – Vlákenné desky
- Obrázek č. 17 – Ruční olepovací stroj tvarových dílců Festool
- Obrázek č. 18 – Tvarové ruční olepování
- Obrázek č. 19 – Detail ukončení lepení hrany uzavřeného profilu
- Obrázek č. 20 – Detail ukončení hrany
- Obrázek č. 21 - Morbidelli M100
- Obrázek č. 22 – Morbidelli N100
- Obrázek č. 23 - CNC hlava se stopkovými nástroji
- Obrázek č. 24 – Proces vzniku třísky při obrábění
- Obrázek č. 25 – CNC hlava s kotoučovou pilou
- Obrázek č. 26 – Schéma řezu pilovým kotoučem
- Obrázek č. 27 – CNC olepovací stroj Revolution 180
- Obrázek č. 28 - Pracovní lože s podtlakovými moduly
- Obrázek č. 29 - Detail ukončení hrany
- Obrázek č. 30 - Trámcové lože ATS/EPS s podtlakovými moduly
- Obrázek č. 31 - Detail olepovací jednotky s přitlačným válečkem
- Obrázek č. 32 - Frézovací jednotka s pilovým kotoučem

## **Rejstřík tabulek**

Tabulka č. 1 - Značení os a souřadnicového systému CNC strojů

## 1. Úvod

Není možné v současné době ignorovat trendy v oblasti CNC strojů. Každý výrobní proces, který probíhá je již na CNC technologiích a jejich klonech zčásti anebo zcela závislý. To platí také pro celý dřevařský průmysl, včetně výrobu nábytku.

Celý výrobní proces obsluhovaný těmito stroji je řízen softwarem, pomocí počítačových sítí anebo jednotlivých řídicích počítačů ke každému samotnému stroji.

Poslední generace CNC strojů umožňuje provádět nezávisle několik operací na obrábění výrobku současně anebo v posloupnosti bez zásahu obsluhy.

Řídicí program obsahuje veškeré informace, které stroj potřebuje k výrobě obrobku. Sám kalibruje souřadnice, vybírá a používá nutné nástroje, provádí kontroly provedených operací a vyhodnocuje průběh činnosti. Všechny procesy mají zpětnou vazbu směrem k obsluze stroje a pracovník může vždy operativně reagovat na průběh činnosti v reálném čase.

Práce popisuje CNC technologie a je vstupním oknem do tohoto problému.

Téma práce jsem volil s ohledem k mému zájmu o tyto technologie, a protože se s nimi často setkávám v mém profesním životě.

## 2. Cíl práce

Hlavním cílem této práce je popis CNC obrábění a hranění tvarových dílců pro nábytkářskou produkci. Charakteristika vývojové geneze CNC strojů od počáteční fáze až po současnost. Popis základní charakteristiky strojů, programování a užití.

V práci jsou popsány základní CNC obráběcí technologie. Jsou charakterizovány obráběcí procesy, jejich teorie a průběh. Čtenář získá představu o těchto procesech.

CNC olepování je věnována samostatná kapitola s uvedenými typy technologií a jejich srovnání. Ke každé kapitole se váže téma o vlastních materiálech, o kterých se v práci píše. Jedná se o aglomerované materiály, jejich charakteristika, dále pak hrany na boční plochy a samozřejmě lepidla.

Čtenář získá základní povědomí o oblasti CNC v nábytkářském průmyslu.

### **3. Metodika**

Na začátku psaní této práce jsem si stanovil metody, které budou využívány v psaní teoretické části práce.

Literární rešerše.

Jedná se o dvě roviny práce. Vyhledávání a ucelování informací o problematice dle klíčových slov a následně aplikace samotného výsledku vyhledávání. Text literární rešerše přináší aktuální pohled na problematiku téma práce ze současné, dostupné literatury. Jako autor jsem vycházel z několika dostupných zdrojů a témata jsem zpracoval do ucelené podoby. To je hlavní úkol literární rešerše. Celá práce je charakterizována logicky navazujícími odstavci, relevantními odkazy, odbornými výrazy a objektivním a uceleným přehledem dosavadního vývoje tohoto konkrétního tématu a syntézou předložených informací.

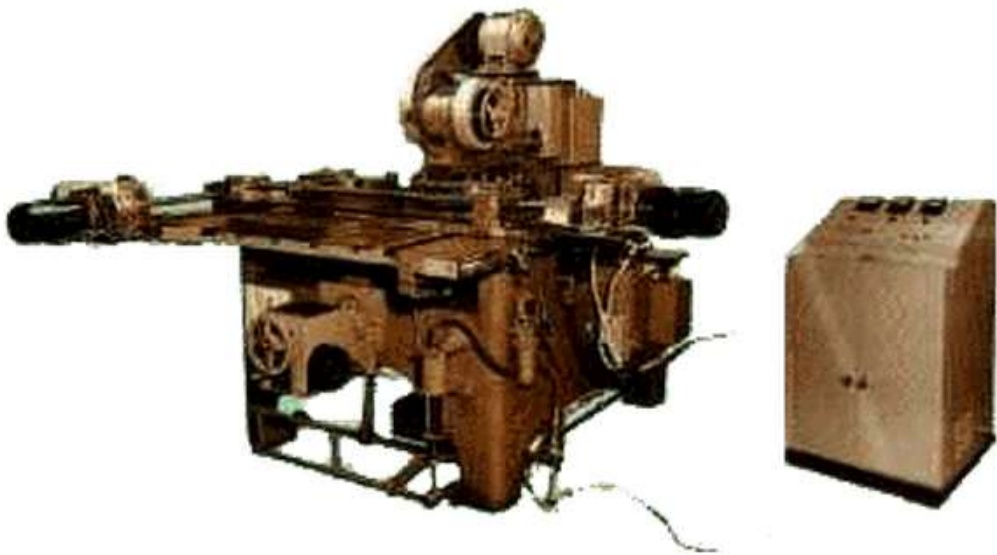
Praktická rešerše.

Technické informace obsažené v práci vycházejí z podkladů a materiálů od konkrétních výrobců a prodejců CNC technologií. Jejich know-how není zcela veřejně přístupné, přesto se dají informace omezeně získat a zpracovat pro účely teoretické práce.

Mnoho dílčích informací a sdělení v práci vychází rovněž z mnoha leté praxe autora v oboru výroby, navrhování a zpracování dřeva a nábytku.

#### 4. CNC stroje

Vznik a historie strojního třískového obrábění sahá do období průmyslové revoluce, jež probíhala v 18. a 19. století. Obráběcí stroje, resp. jejich vývoj probíhal hlavně v oblasti rozvoje a vývoje pohonu (parní stroj, následně elektro motory), převodů, zlepšování vlastní mechaniky strojů a jejich celkových konstrukcí. Stále to však byly mechanické, manuální výrobní prostředky. Hlavní rozmach ve vývoji obráběcích strojů nastal ve 20. století, a to především v době nástupu výpočetní techniky, resp. základů automatizace a prvků řízení. Jedním z průkopníků automatizace a CNC technologií je firma Fanuc (obr. č. 1). Současný trend je patrný ve zrychlování vývoje a výzkumu v oblasti CNC technologií. Jednotlivé části strojů, milníky ve vývoji atd. jsou popsány v následující kapitolách. Je však patrné, že dnešním trendem je především zlepšování softwarového vybavení a zvýšení výpočetního výkonu, to je to, co dělá CNC stroje jedinečnými (Štulpa, 2015).



**Obrázek č. 1 – Historický CNC stroj Fanuc**

<https://factoryautomation.cz/wp-content/uploads/2014/08/prvni-nc-stroj-fanuc.png> 10.4.2019

## 4.1 Základní definice

Základní definicí CNC stroje (Computer Numerical Control), neboli (Číslicově řízený stroj) je stav, kdy řízení stroje je prováděno řídicím systémem (ŘS) a to za pomoci vytvořeného programu. Zápis programu se provádí pomocí alfanumerických znaků, v navzájem za sebou řazených posloupnostech, kterým se říká bloky. Program ovládá veškeré části stroje, dle řazení bloků, tak aby požadované procesy proběhly na základě zápisu dle NC kódu (Štulpa, 2015).

CNC stroje jsou ze své podstaty schopny provádět opakované operace, ve stejných intervalech, za stejných podmínek a co je naprosto klíčové a pro CNC stroje nejdůležitější, ve stejné kvalitě. Na těchto vlastnostech se dá velmi dobře postavit a naplánovat jakákoliv produkce ve výrobním procesu.

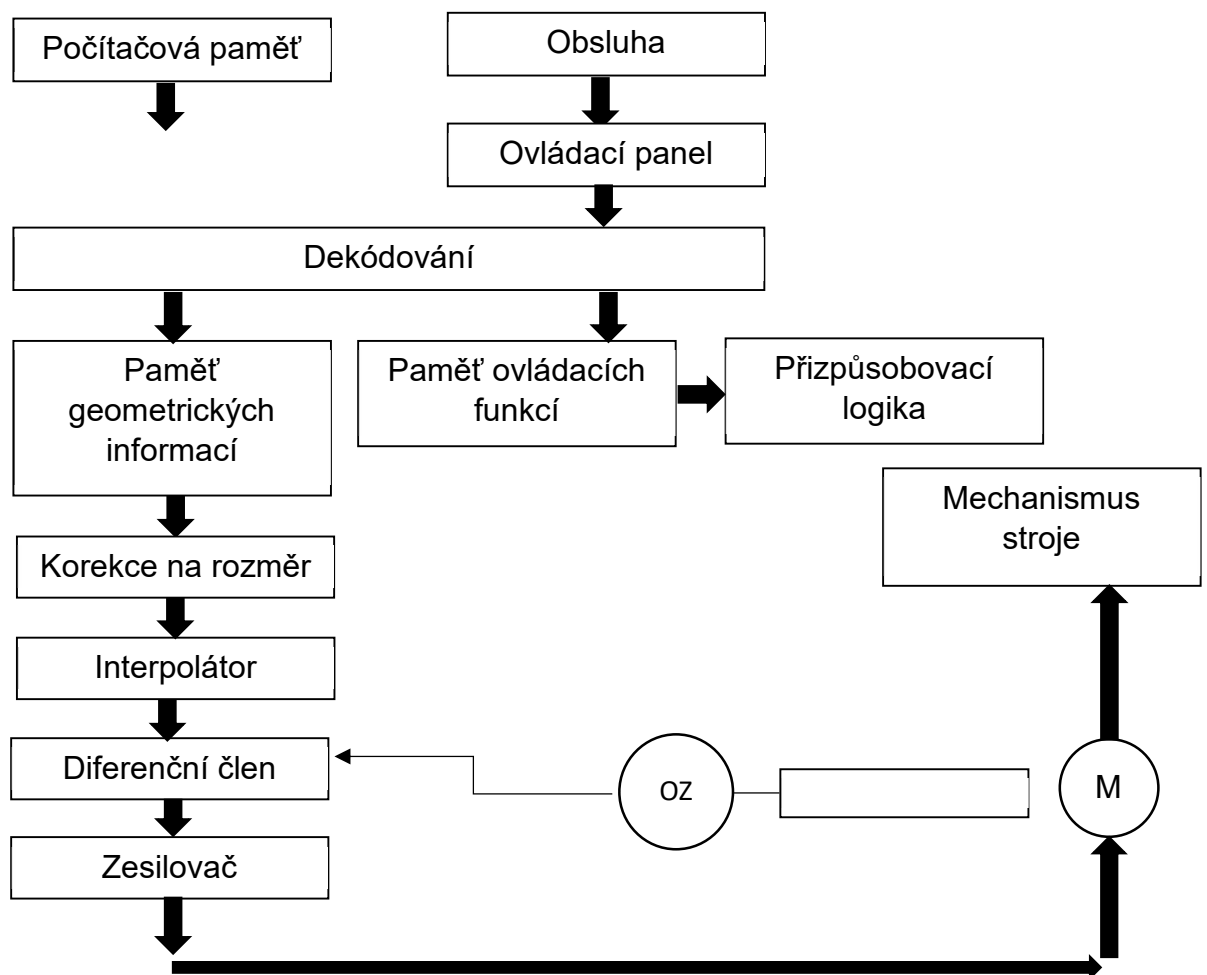


Schéma č. 1 – Schéma CNC stroje

[https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/15372/content\\_UC1-2310-blokove-schema-rizeni-nc-stroje.PNG](https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/15372/content_UC1-2310-blokove-schema-rizeni-nc-stroje.PNG) 9.4.2019



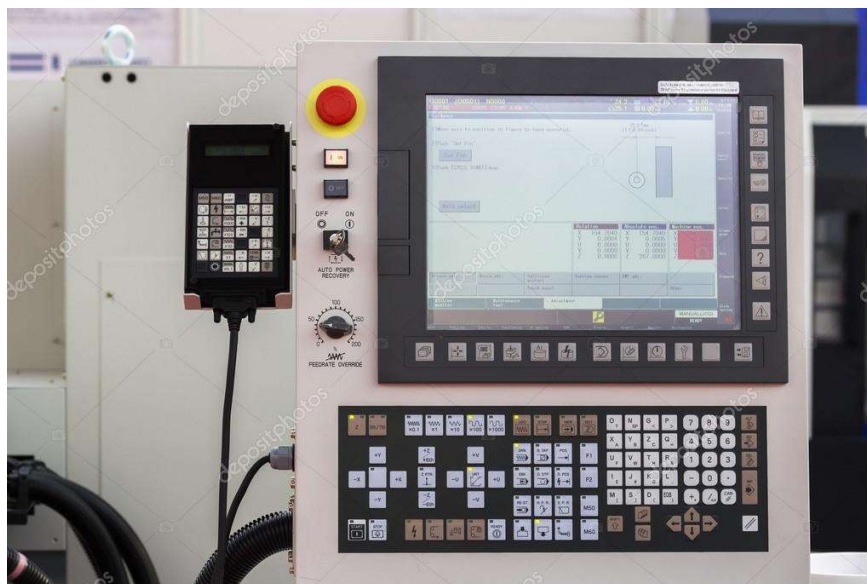
Hardware, ve kterém je nahrán řídicí systém (ŘS), určený pro daný stroj a potřebný pro vlastní činnost zařízení. (ŘS) může být z různých zdrojů, vyvolává se příkazy přes řídicí panel.

### Obsluha

Proškolený pracovník, který pomocí ovládacího panelu vyvolává z ŘS program pro práci stroje.

### Ovládací panel

Ovládací panel (obr. č. 2), se u různých strojů může lišit, ale hlavní atributy a znaky jsou totožné. Především obsahuje obrazovku pro kontrolu průběhu činnosti nebo programování, dále alfanumerickou klávesnici, přepínače pro ovládání mechanických částí stroje manuálně, dále bezpečnostní tlačítka vypnutí stroje. Součástí jsou rovněž porty pro nahrávání ŘS a dále také signalizační prvky stavu stroje. Pomocí ovládacího panelu může být rovněž CNC stroj programován a program může být ukládán do počítačové paměti.



**Obrázek č. 2 – Ovládací panel CNC stroje**

[https://st2.depositphotos.com/2454953/7431/i/950/depositphotos\\_74317237-stock-photo-control-panel-of-a-cnc.jpg](https://st2.depositphotos.com/2454953/7431/i/950/depositphotos_74317237-stock-photo-control-panel-of-a-cnc.jpg) 9.4.2019

## Paměť geometrických informací

Uchovává geometrické informace o výrobku a o poloze všech částí stroje. Pracuje v kartézské, pravotočivé souřadnicové soustavě, s osami dle pravé ruky, X, Y a Z. Případně zahrnuje i polární souřadnice v případě tvarů a poloh zahrnujících křivky.

## Interpolátor

Zpracovává geometrické informace o dráze nástroje, řeší korekce délkové, korekce na průměr nástroje atd. Kontroluje průběh z výchozího bodu až po konec chodu. Zaručuje geometrickou přesnost produkce, upravuje případné korekce po všech probíhajících drahách. Základní typy provádějí lineární korekce, vyspělejší interpolátory pracují s rádiusovou interpolací a některé i upravují dráhy po šroubovicích (spline).

## 4.2. Souřadnicový systém

Norma ČSN ISO definuje souřadnicový systém CNC strojů. Systém je pravotočivý, pravouhlý, v kartézském souřadnicovém uspořádání (obr. č. 3). Pracuje se se základními osami X, Y a Z. Kolem těchto os dochází k otáčení, tyto pohyby se označují A, B a C. Osa Z je vždy totožná s osou rotace. V případě frézky se jedná o rotaci nástroje, v případě soustruhu se jedná o rotaci vřetene (tab. č. 1).

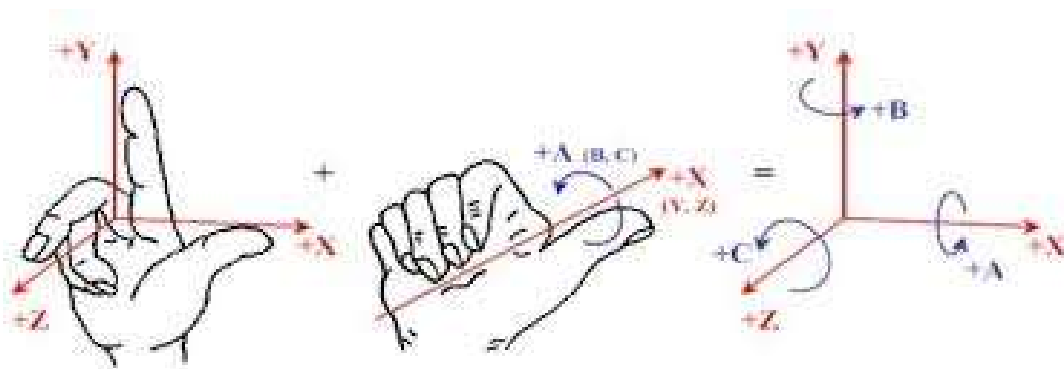
Zásadní je orientace a dodržování kartézského souřadnicového systému. Z jeho počátku se sestavuje program, řídí se z něho řízení stroje, nástroj se pohybuje dle os a v případě kalibrace nástrojů, se v něm nachází špička nástroje. Nulový bod obrobku je nejvýhodnější místo na výrobku, které určí programátor. Jeho stanovení vyžaduje zkušenost a odborné znalosti obsluhy CNC stroje. Pro stanovení nulového bodu obrobku platí některá pravidla a nulový bod je jimi ovlivněn.

Kóty na výkrese, zde je tedy nulový bod stanoven dle konstruktéra, který kótoval na výkrese a vychází především z počátečních bodů výrobku. Nejvýhodnější je potom varianta obrábění, která z těchto kót, resp. z tohoto bodu

také vychází a nemusí se kóty přepočítávat, nedochází následně k možným chybám.

Souměrností výrobku, bod 0 se umístí do osy souměrnosti.

Zvyklostmi programování, kdy např. osa Z směřuje do materiálu. Rovněž se umísťuje nulový bod na spodní stranu obrobku. Osa Z může směřovat do stolu, do upínače atp. (Štulpa, 2015).



**Obrázek č. 3 – Souřadnicový systém**

[http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U31\\_Cislicove\\_rizene\\_stroje.pdf](http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U31_Cislicove_rizene_stroje.pdf) 9.4.2019

### 4.3 Programování

Při základní tvorbě CNC programů se využívá mnoho způsobů programování, mají však společnou jednu vlastnost, a to sice psaní v kartézském souřadnicovém systému.

Programování absolutní – na vhodné místo obrobku je umístěn nulový bod, ze kterého vychází počátek souřadnic všech os, s orientací XO, YO a ZO. Řídící program výroby následně postupuje v blocích, řídí pohyb nástroje z počátku až do cílového bodu, ve smyslu pohybu v souřadnicích.

Programování přírůstkové – počátek souřadnic je umístěn do špičky nástroje a program tedy při pohybu po výrobku musí vždy započít geometrické parametry nástroje. Např. jeho průměr, při otáčení kolem osy Z je třeba odečíst poloměr atp.

Programování pomocí polárních souřadnic – u stanovení počátečního bodu kartézských souřadnic je třeba rovněž počítat s úhly natočení. A také se vzdálenostmi od středů.

Parametrické programování – do programu jsou vsazeny celé bloky, které obsahují a jsou v nich vyjádřeny matematické funkce (Král, 2008).

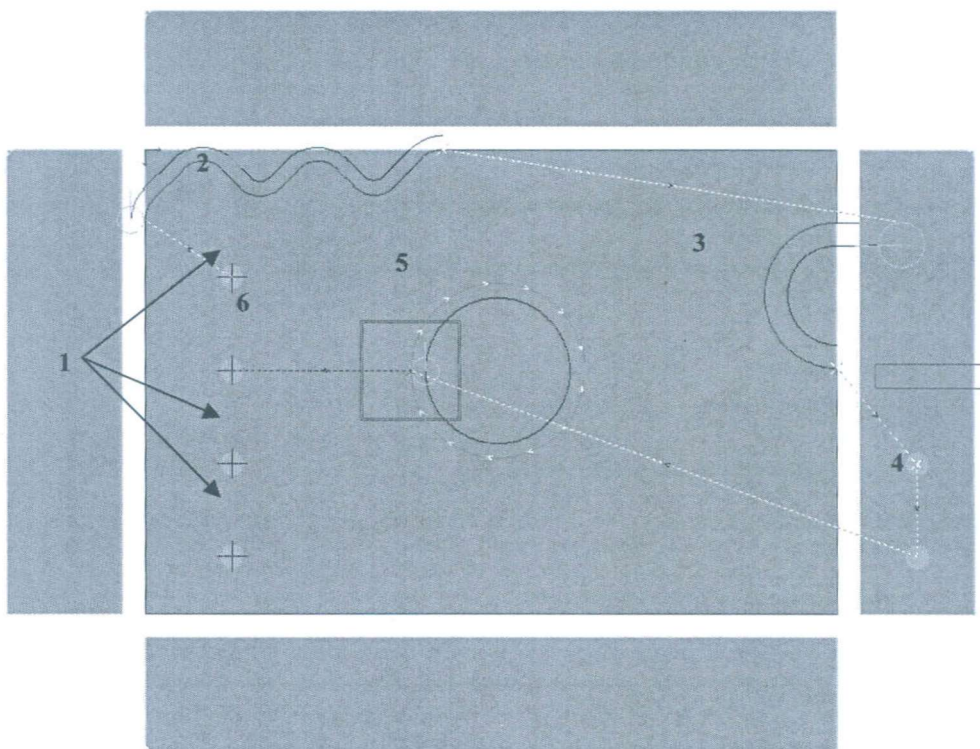
**Tabulka č. 1 - Značení os a souřadnicového systému CNC strojů**

(Štulpa, 2015)

Osy	↓	↓	↓	Určeno pro
Základní osy	X	Y	Z	Geometrie pohybu nástroje
Rotační osy	A	B	C	Přídavné rotační pohyby v osách.
Doplňkové osy	I	J	K	Např. určení středu poloměru oblouku, stoupání závitu atp.
Sekundární doplňkové osy	U	V	W	Přídavné pohyby v osách, např. hloubka třísky
Terciální doplňkové osy	P	Q	R	Osy, které využívají především manipulátory u strojů

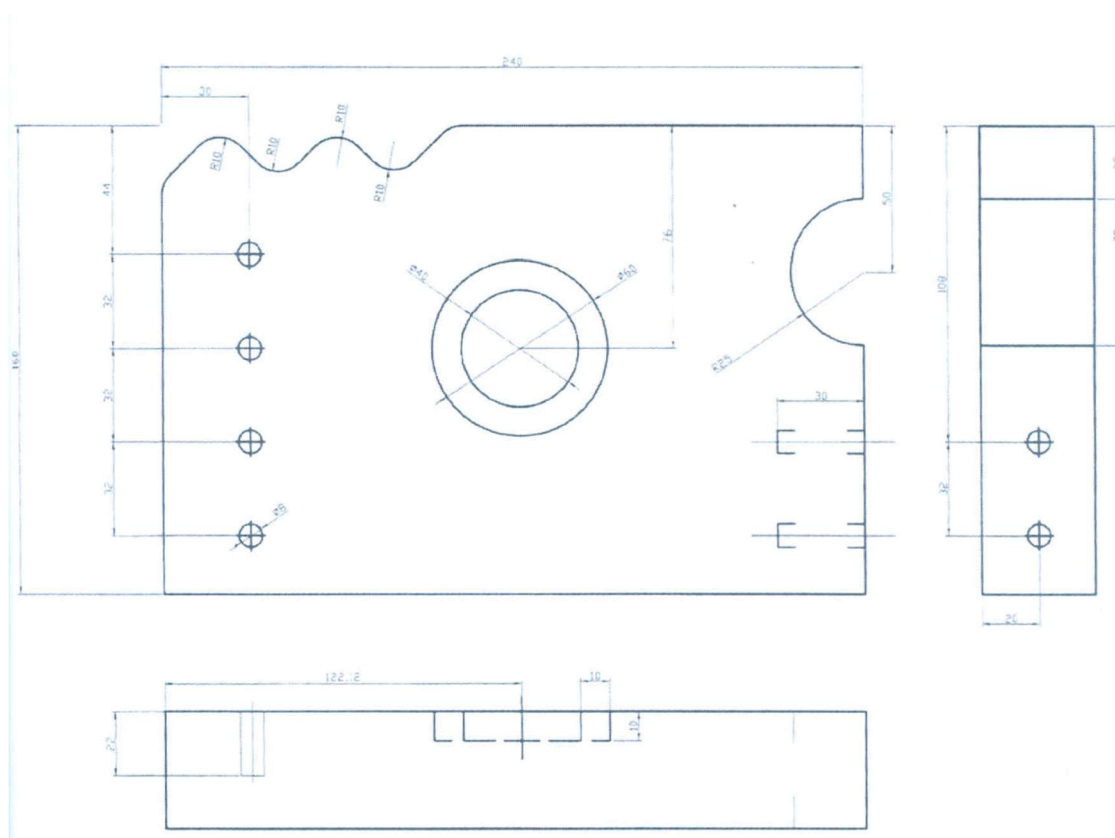
#### 4.4.1 Příklad syntaxe G kódu při plošném obrábění nábytkářských dílců

Názorná ukázka, jak vypadá G kód pro CNC stroj TEC90. Kód zpracován na výrobu tvarovaného obroku, (obr. č. 4) nábytkového dílce z aglomerovaného materiálu. Výrobní výkres (obr. č. 5).



Obrázek č. 4 – Systém řízení operací v G kódu

(Král, 2008)



Obrázek č. 5 – Výrobní výkres k ukázkovému G kódu

(Král, 2008)

### Číslo pořadí operace 1

Definice obrobku

Pracovní plocha

tabulka nástrojů

**G200 X240.00 Y 160.00 Z 40.00 E „A“ „T“ „DEF“ U.00 V 0.00 W 0.00**

Rozměry obrobku X,Y,Z

Posunutí nulového bodu obrobku vůči nulovému bodu stroje

**G221** Definuje plochu obrábění (horní plocha)

**G100 X30.00 Y 44.00 P22.00 F1500 T“245“**

Zavrtání Souřadnice X, Y + P

Rychlost posuvu Pozice a definice nástrojů, které budou obrábět

### Číslo pořadí operace 2

**G142** Korekce nástroje směrem vpravo

**G100 X0.00 Y24.14 P41.00 F5000 S16000 T“101“**

Zavrtání souřadnice X, Y+P

rychlost posuvu 5m za min

Otáčky nástroje

Nástroj, kterým se bude obrábět

**G102 X2.93 Y17.07 I10.00 J24.14 F3500**

Frézování kruhového oblouku směrem vpravo

Souřadnice X, Y Souřadnice středu kruhového oblouku

Rychlost posuvu

**G101 X12.93 Y7.07** Lineární frézování

**G102 X27.07 I20.00 J14.14**

**G101 X32.93 Y12.93** Frézování kruhového oblouku směrem vpravo

**G103 X47.07 I40.00 J5.86**

**G101 X52.93 Y7.07**

**G102 X67.07 I60.00 J14.14**

**G101 X72.36 Y12.36**

**G103 X86.50 I79.43 J5.29**

**G101 X95.93 Y2.93**

**G101 X103.00 Y0.00 I103.00 J10.00** Frézování kruhového oblouku směrem

vlevo

### Číslo pořadí operace 3

**G100 X262.53 Y24.66 P41.00 F5000 S10000 T“104“**

Zavrtání Souřadnice X, Y+ P Rychlost posuvu k místu obrábění  
Otáčky nástroje

Nástroj

**G101 X240.00 X25.00 F3500**

**G103 Y75.00 I240.05 J50.00**

### Číslo pořadí operace 4

**G222**

**G100 X20.00 Y108.00 P30.00 T“60“** Nástroj, kterým se bude obrábět (vrták  
pro vrtání z boku dílce)

**G100 Y140.00 T“60“**

### Číslo pořadí operace 5

**G221**

**G141** Korekce nástroje směrem vlevo

**G100 X92.12 Y76.00 P10.00 F5000 S16000 T“101“**

**G102 X122.12 Y46.00 I122.12 J76.00 F3500**

**G102 X152.12 Y76.00 I122.12 J76.00**

**G102 X122.12 X106.00 I122.12 J76.00**

**G102 X92.12 Y76.00 I122.12 J76.00**

### Číslo pořadí operace 6

**G100 X30.00 P22.00 T“4“**

**G207 X1000.00 Y1000.00** Posun hlavy stroje do souřadnic X, Y pro  
umožnění odebrání obrobku z pracovního  
stolu

**RET** Konec obrábění (Král, 2008).

## 4.5 Části CNC strojů, jejich řešení po konstrukční stránce

Vůči klasickým obráběcím strojům je řešení konstrukcí u CNC strojů odlišné. Především je kladen důraz na elektroniku, pohony, automatiku s čidly, kvalitní hydrauliku. Vše je konstruováno s minimem mechanických těžkých převodů a ozubených kol. V této kapitole si popíšeme základní přehled konstrukčních částí CNC stroje (Štulpa, 2015).

### 4.5.1 Funkční pracovní osy CNC center

V současné době se dělí NC a CNC centra dle počtu funkčních obráběcích os na tříosé, čtyřosé a pětiosé.

Výběr tohoto parametru do značné míry určuje mnoho faktorů pro použití CNC stroje. S rostoucím počtem obráběcích os roste i cena stroje a vstupní investice do něj. Základní tříosá CNC centra dostačují pro základní nábytkářskou stavebně truhlářskou výrobu a její jednoduché operace.

U tříosé konfigurace vykonává pracovní hlava s nástrojem základní pohyby v ose X ve směru podélném vzhledem k obrobku, ve směru osy Y ve směru příčném a v ose Z provádí operace ve vertikálním směru vzhledem k obrobku. Nástroj v rotaci u těchto strojů opracovává obrobek kolmo na svoji osu vrtáním, rovnoběžně se svojí osou frézováním, nebo v kombinaci těchto pohybů.

Čtyřosá konfigurace CNC obráběcích center je vybavena pracovní hlavou, která je schopná provádět operace ve třech osách, ale obráběcí agregát je schopen se otáčet kolem své vlastní osy. Jedná se tedy o jednu pracovní osu navíc. Jde o osu označovanou jako osa C.

Osazení tohoto pracovního vřete je libovolné, může být vybaveno např. pilovým kotoučem umožňujícím mu náklon v rozmezí s náklonem 0-100°.

Další variantou je vybavení pracovní hlavy, která umí provádět operace ve čtyř osách ještě naklápěním agregátu vpravo nebo vlevo, jde o pětiosé obráběcí CNC centrum (obr. č. 6). Toto naklápění probíhá pod určitými úhly a jedná se o pohyb v páté ose. Pomocí tohoto CNC stroje je možno provádět složité operace opracování dílců, vhodné pro tvarové opracování. Je možné produkovat nejenom tvarově složité dílce z aglomerovaných materiálů, ale i 3D výrobky s dalších materiálů, např. masivního dřeva atd (Overby, 2010).





**Obrázek č. 6 – Pětiosá obráběcí hlava**

[http://www.panas.cz/slir/h600/files/images/Stroje/CNC%20obrabeci%20centra/Author%20M100\\_200/Author%20M100%20M200%202174012-\\_MOR6059.jpg](http://www.panas.cz/slir/h600/files/images/Stroje/CNC%20obrabeci%20centra/Author%20M100_200/Author%20M100%20M200%202174012-_MOR6059.jpg) 9.4.2019

#### **4.6 Výhody CNC strojů**

- automatizace výrobního procesu, snížení počtu zaměstnanců,
- zvýšení efektivity práce,
- možnost nepřetržitého procesu,
- vysoká přesnost a rychlost opracování,
- vysoká spolehlivost a univerzálnost,
- možnost zapojení do výrobní linky a pružnost výroby,
- přesnost a rychlost opracování.

#### **4.7 Nevýhody CNC strojů**

- vysoká vstupní investice a vstupní náklady,
- nároky na odbornost obsluhy,
- nevhodnost pro malosériovou a atypickou výrobu.

### **5. Charakteristika CNC strojů**

#### **5.1 NC stroje**

Celá oblast numerického řízení využívající výpočetní techniky pro řízení obráběcích strojů sérií kódových pokynů. Řízení probíhá na základě série kódových instrukcí obsahujících čísla, písmena a jiné symboly. Tyto jsou po převodu na elektrické impulzy nebo jiné signály přenášeny na pohybové motory a další zařízení stroje. Pokyny NC strojů se člení na funkce řídící pohyb vřetene ve vazbě k pracovnímu stolu a pomocné funkce, jako je výběr nástroje. Veškeré tyto informace jsou ve stroji ukládány a tříděny. Mohou řídit stroj na základě speciálního zadání. Jejich uspořádání je uváděno jako program NC (G kód). K programu se můžeme kdykoliv vrátit a jeho vyvoláním a zpuštěním získáme tytéž výsledky jako při prvním použití (Kvietková, 2015).

#### **5.2 CNC stroje**

Je zkratkou anglického computer numerical control. Jedná se tedy o „počítačem řízení obráběcí stroje“. Změnou oproti NC strojům je připojení

počítače ke stroji. Toto umožňuje vytvoření a uložení programu v obráběcím stroji a automatický proces opakování.

### 5.3 DNC stroje

„Direct numercial control“ (přímé počítačové řízení), kdy hlavní procesor řídí částečně jeden nebo více strojů. U DNC řízení každý z NC strojů dostává povely z hlavního počítače. V jednoduchém případě se může DNC skládat z počítače, který ovládá přímo řídicí jednotku stroje. Ve složitých sestavách DNC přicházejí data ze sítě počítačů, které jsou vzájemně propojeny a řídí výrobní procesy celé organizace (obr. č. 7) (Barcík a kol., 2013).



Obrázek č. 7 – DNC schéma

[https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/2012-06\\_11\\_1339078246/t\\_support\\_obr\\_01.jpg](https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/2012-06_11_1339078246/t_support_obr_01.jpg) 9.4.2019

## 6. Dělení CNC strojů dle typu obrábění

### 6.1 CNC vrtačky

Vzhledem k menším namáhacím silám při vrtání než při frézování, jsou umožněny CNC vrtačkám (obr. č. 8) jednodušší a lehčí konstrukce. Hlavní částí CNC vrtačky je nosič agregátu pro vrtáky. CNC vrtačky se používají zejména na opracování plošných dílců. Provádějí pouze vrtací práce, obráběcí agregáty musí být polohovány rychle a přesně. CNC vrtačky provádí především operace spojené s odvrtáním otvoru pro kování, kolíky, montážní otvory a řadami otvorů pro police (Král, 2008).



Obrázek č. 8 – CNC vrtačka

<http://cz.luhongwoodmachine.com/Content/upload/2018137058/201803011030437746334.jpg>

9.4.2019

### 6.1.1 Teorie vrtání

Vrtání je jeden z nejstarších postupů obrábění materiálů používaný při výrobě. Definice vrtání zní jako činnost, při které jsou vytvářeny kruhové otvory v obráběném materiálu. Dochází ke dvěma souběžným pohybům, které rozdělujeme a dále definujeme.

Otáčení nástroje kolem vlastní osy. V případě vrtaček se jedná o vrták, může to ale být i například stopková fréza v případě CNC obráběcího centra, která provádí vrtací operace. Princip obrábění je u rotačního pohybu tvořen rotací obráběcích břitů vrtáku podle podélné osy a zároveň vyvíjením síly ve směru podélné osy a tlačení vrtáku do materiálu. Břity odebírají třísku a vytvářejí požadovaný otvor.

V případě CNC obrábění (vrtání) je podélná osa nástroje označovaná v geometrii CNC strojů, jako osa Z. Obrábění vrtáním se řídí několika definicemi a je závislé jednak na typu obráběného materiálu, dále pak na druhu nástroje a rovněž na směru vláken v případě obrábění dřeva. Pro aglomerované materiály se směry vláken neuvažují. Vrtání je matematicky vyjádřeno následujícími vztahy.

Řezná rychlost

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{6000} \text{ (m.s}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

Kde: d - průměr nástroje (vrtáku),

n - počet otáček za minutu.

Řezná rychlost je maximální na obvodu nástroje, v podélné ose, v absolutním středu nástroje, je řezná rychlost rovna 0.

Posuv za minutu v ose Z

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \text{ (m.min}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

Kde: f – posuv na jednu otáčku,

n – počet otáček za minutu.

Objem odvrtného (odfrézovaného) materiálu za minutu

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot f}{4} \text{ (cm.min}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

Kde:  $f$  – posuv na otáčku (mm),

$d$  – průměr nástroje (mm) (Kvietková, 2015).

## 6.2 CNC obráběcí centra

Jedná se o stroje se složitou a robustní konstrukcí s velmi univerzálním využitím. V současné době jsou k dispozici až šestiosá CNC obráběcí centra umožňující 3D obrábění tvarově složitých dílců (obr. č. 9). Programové vybavení umožňuje automatizovat funkce a univerzálně pracovat na obrobku. Stavebnicový systém umožňuje osazovat každé obráběcí centrum libovolnými agregáty a nástroji. Do výbavy obráběcího centra jsou zahrnuty:

- vrtací nástroje,
- frézy,
- pilové kotouče a jejich kombinace,
- otočný řezací agregát pro formátovací řezy,
- drážkovací nástroje.

CNC obráběcí centra jsou rovněž vybavena agregáty pro finalizaci výroby. Především:

- brusné agregáty,
- nástroje pro leštění profilovaných hran,
- agregáty pro olepování hran.

Takto sestavená a vybavená CNC centra umožňují při jednom upnutí tvarově zpracovat a dokončit celý výrobek.



**Obrázek č. 9 – CNC obráběcí centrum**

[http://www.panas.cz/slir/h600/files/images/PLASTY/accord\\_25\\_fx/accord-25-fx-m\\_1.jpeg](http://www.panas.cz/slir/h600/files/images/PLASTY/accord_25_fx/accord-25-fx-m_1.jpeg)

9.4.2019

### 6.3 CNC horní frézky

Jedná se o základní typ CNC dřevoobráběcího stroje. Osy x, y jsou prováděny pohybem obráběcího agregátu, nebo pohybem upínacího stolu s obrobkem. Osa z vždy prochází nástrojem. CNC horní frézky, díky různému řízení umožňují vrtání, přímočaré a kruhové frézování. Jsou, ale především uzpůsobena pro CNC frézování tvarových dílců (obr. č. 10) (Král, 2008).



Obrázek č. 10 – CNC horní frézka

[https://www.dobrestroje.cz/fotky5238/fotos/\\_vyrn\\_22187702530-1.jpg](https://www.dobrestroje.cz/fotky5238/fotos/_vyrn_22187702530-1.jpg) 9.4.2019



## 6.4 CNC formátovací pily

Hlavní předností CNC formátovací pily je softwarové vybavení. To vytvoří na obrazovce optimalizovaný nářezový plán, který lze libovolně měnit. Z podstaty frézovacího agregátu CNC formátovací pily, kterým je dělicí pilový kotouč provádějí tyto stroje pracovní operace především v osách x, y. Pracují s celou šířkou a délkou děleného formátu. Složitější stroje, především portálové, mají otočný řezací agregát čili osy x, y obsluhují bez otáčení obrobku. CNC formátovací pily nejsou vhodné pro obrábění tvarových dílců (obr. č. 11).



Obrázek č. 11 – CNC formátovací pila

<http://www.dsnbrno.cz/images/casadei-scm-group/axo-65.jpg> 9.4.2019

## 6.5 CNC olepovačky

Dokončování hran nábytkových dílců je základní nutností při výrobě nábytku. Probíhá několika druhy a typy hran, např. ABS hrany (obr. č. 12). Je mnoho způsobů, od ručního až po plně automatický proces. Hranicí zařízení, CNC olepovačka, by měla umožňovat použití co nejvíce olepovacích materiálů a různých typů lepidel. Dnešním trendem je vznik CNC olepovacích strojů s vysokým výkonem, s vysokou kvalitou olepené plochy a maximální provozní

spolehlivostí. Výhodou jsou především stroje, které dokáží používat kromě běžných tavných lepidel také polyuretanová (PUR) lepidla, jenž jsou současným trendem. Tyto stroje dokáží udržet otevřená PUR lepidla až 24 hodin, což je řešení problému těchto lepidel, protože brzy vytvrzují a lepicí agregát se těžko čistí.



**Obrázek č. 12 – Hrany ABS**

[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRKWBB47GD-B1Lj0DZm0xQGYwzY08sKM8qrx9q3uc7l\\_ooADq\\_q](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRKWBB47GD-B1Lj0DZm0xQGYwzY08sKM8qrx9q3uc7l_ooADq_q) 9.4.2019

Technologický vývoj olepování bočních ploch tvarových dílců z aglomerovaných materiálů se výrazně posouvá z manuálního přes poloautomatický až po plně automatický proces. Především v oblasti plně automatického procesu je velký prostor pro inovace. Trendem současnosti jsou CNC centra pracující na mechanickém principu bez jakýchkoliv programů. Jedná se o standardní portálové olepovací centrum s horizontálním pracovním stolem. Stroj je určen pouze pro olepování. Jeho zařazení je především ve výrobních linkách navazujících na CNC obráběcí centra pracující metodou nesting. Vzhledem k tomu, že olepování neprobíhá na základě žádného řídicího programu odpadá problémy s kompatibilitou softwaru. Ovládání probíhá prostřednictvím dotykové obrazovky s intuitivním ovládáním ikon. Dochází pouze k zadání několika vstupních informací, jako je např. výchozí poloha (nulový bod). Na pracovní plochu CNC stroje je projektorem promítán zadaný tvar obrobku, na jehož základě se rozmísťují podtlakové přísavky. Výchozí polohu (nulový bod) lze nastavit v kterémkoliv místě pracovní plochy. Otočná pracovní hlava o 360 stupňů je vybavena trojicí přítlačných gumových válečků, nanášecí gumovou

jednotkou lepidla, kapovací frézku, kopírovací frézku a cidlinami. Všechny pracovní jednotky jsou samostatně uloženy v pohyblivém segmentu, je jim umožněno nezávisle a plynule kopírovat obrys tvarového dílce. Všechny operace totiž probíhají v rámci jednoho pracovního cyklu. Tyto stroje jsou v současnosti uzpůsobeny pro olepování dílců tloušťky 8 až 40mm a to pro uzavřené tvary (ovál, kruh a podobně), kde je nutné technologicky vyřešit napojení konců pásky k sobě, tak i otevřených tvarů. Olepování uzavřeného tvaru provádí aplikační jednotka tak, že přitlačí začátek pásky s naneseným lepidlem k boční ploše dílce a postupně jí nalepuje po celém obvodu. Ve stejné operaci dochází k odfrézování bočních přesahů a čištění plochy od zbytků lepidla. V závěrečném cyklu operace, kdy se blíží jednotka k začátku pásky, stroj nasadí k pásce speciální doraz, který mechanicky zaměří začátek pásky. Dojde ke krátkému zastavení olepovacího procesu, kapovací frézka zakrátí pásku a jednotka ji dolepí k dorazu. Nastavení stroje lze modifikovat na co nejtěsnější spáru, řez pásky je prováděn pod úhlem kvůli lepšímu překrytí spoje (Josten a spol., 2010).

Při olepování otevřeného tvaru se nepoužije odměřovací doraz. Nalepovaná páska na tvarovou část se nalepí s přesahem na obou koncích. K přesnému odstranění přesahů těchto pásek se u pravoúhlých rohů použijí automatické kapovací frézy. Tyto jsou zabudovány v těle dorazů, které slouží pro přesné vymezení polohy dílce. Ke stroji jsou připevněny podtlakem na stůl společně s přísavkami. Po dokončení pracovního cyklu se hlavy vrátí zpět do výchozí polohy.

Nedílnou součástí olepovacích strojů je vlastní vývěva pro vytvoření podtlaku, kterým jsou ovládány přísavky na pracovních stolech. Dále jsou stroje vybaveny výkonnými odsávacími ventilátory napojenými ke všem obráběcím agregátům. Je nutné odstraňovat v průběhu obrábění piliny, odfrézované přesahy pásek, zbytky lepidel atp. Všechny odpadní materiál musí být separován filtračními jednotkami a ukládán v boxech. Tyto boxy musí jít snadno ze stroje vyjmout a vyprázdnit (alespoň jeden krát za pracovní směnu) (obr. č. 13) (n-i-s).



**Obrázek č. 13 – CNC olepovací centrum**

<http://www.pilart.cz/obrazky/produkty/velky/CNC-tvarove-olepovani-VECTOR-Revolution-120-0610201611365873039.jpg> 9.4.2019

### **6.5.1 Konstrukce stroje**

V současné době jsou základem elektricky svařované ocelové konstrukce, které zaručují vysokou pevnost a stabilitu stroje. Do základní výbavy patří nastavitelné kotvící patky pro přesné usazení k podlaze. Vkládací zařízení musí umožnit bezpečné a přesné umístění nábytkových dílců do stroje. Vstupní vedení je nastavitelné s digitálními displeji. Všechny rotační a obráběcí agregáty stroje jsou umístěny uvnitř zvukotěsné kabiny. Všechny výrobní operace a procesy je možné sledovat přes průhledná polykarbonátová okna. Všechny obráběcí agregáty jsou osazeny dílci s odsávacími poli, jenž intenzivně odstraňují odpad pomocí proudu vzduchu, vznikající při jednotlivých výrobních operacích.

### **6.5.2 Podávací lamelový pás**

Zaručuje vysokou přesnost a stabilitu posouvaného dílce. Konstrukce pásu je tvořena pogumovanými dílci uchycených do vodítek. Rychlost posuvu je plynule regulovatelná s funkcí rychlého zastavení. Nad posuvným pásem je horní

přítlačný trámec s povrchem odolným vůči ředidlům a lakům. Přítlačný tlak je vyvolán ocelovými pružinami. Celá sestava je součástí konstrukce stroje.

### **6.5.3 Před frézovací jednotka bočních ploch**

Agregát tvořený dvěma vertikálními nástroji. Před frézovací jednotka má posuvné kopírovací zařízení s bočním nastavením a pneumatickým přítlakem. Má za úkol dokončit boční plochu dílce tak, aby mohli být vykonány další výrobní operace. Obráběcí agregát je osazen diamantovou frézovací hlavou pro vysokou přesnost opracování ve vysokých otáčkách.

### **6.5.4 Jednotka nanášení lepidla**

Zařízení určené na kontinuální nanášení lepidla na boční plochy. Lepidlo je nanášeno na boční plochy dílce pomocí drážkovaného válečku. Lepidla jsou na bázi pryskyřice, ABS, PVC, PP a další v kotoučích, pásech nebo granulích. Nalepovaná hrana může být pro zvýšení ohebnosti předehřívána infračervenými lampami. Zásobníky lepidel jsou volně zaměnitelné v závislosti na použitém materiálu. Hladina lepidla je snímána senzorem. Na olepovací jednotku je volně navázán zásobník olepovacích hran. Lépe vybavené CNC olepovací stroje dokáží volně bez zásahu obsluhy měnit druh olepovací pásky. Celý tento agregát je zakončen zónou s přítlačnými válci.

### **6.5.5 Kapovací jednotka**

Agregát pro odstranění přesahu olepovacího materiálu. Jednotka obsahuje dva horizontální nástroje o průměru 80mm. Povrch je snímán nastavitelným kopírovacím zařízením.

### **6.5.6 Vrchní a spodní zaoblovací jednotka rohů**

Zaoblovací kopírovací jednotka pro vrchní a spodní rohy plošného dílce je osazena čtyřmi oscilujícími agregáty. Jednotka opracovává hrany v poloměru zaoblení s konkávním profilem o poloměru minimálně 40mm.

### **6.5.7 Jednotka začišťovacích cidlin**

Tato jednotka se začišťovacími škrabkami – cidlinami je používána k dokončování silných olepovacích materiálů. Její součástí jsou dva agregáty, spodní a vrchní, s profilovými nástroji s horizontálním a vertikálním kopírovacím zařízením. Součástí jednotky je rozprašovací zařízení pro čištění nástroje.

### **6.5.8 Škrabka lepidla**

Zařízení pro odstranění přetoku lepidla z rovných povrchů dílce v blízkosti hran. Jednotka je vybavena vertikálním kopírovacím zařízením o velkém průměru. Součástí jednotky je rozprašovací zařízení pro čištění nástroje.

### **6.5.9 Univerzální frézovací jednotka**

Je automatický agregát pro doplňkové frézování profilu dílce na olepované ploše např. drážky nebo polodrážky. Součástí je jeden frézovací agregát pneumaticky plynule nastavován v rozmezí od 0 stupňů do 90 stupňů. Jeho činnost je softwarově řízena. Může být pneumaticky vyřazen z provozu.

### **6.5.10 Jednotka broušení boční plochy**

Volitelný agregát využívaný především při lepení bočních hran z masivního dřeva. Jeho konstrukce je sestavena z minimálně tří napínacích válců, na nichž je natažen nekonečný brusný pás. Jeho hrubost je možné volit

dle požadavku na finální povrch opracovávané boční plochy. Celý agregát je možno pneumaticky odstavit z provozu.

## 7. Aglomerované materiály

Jedná se o konstrukční, především plošný materiál, který nachází ve dřevařském průmyslu široké uplatnění. Historické počátky vzniku aglomerovaných materiálů spadají na přelom 19. a 20. století. Hlavní surovinou je dřevní hmota v mnoha podobách. Pojivem je přidaná složka (pojivo), nebo vlastní lepivost materiálu, či teplo, tlak a jiné katalyzátory (obr. č. 14) (Josten a spol., 2010).

Základní členění aglomerovaných materiálů na bázi dřeva:

- Třískové desky - OSB, DTD, MFD desky a další
- Vláknité desky – MDF, DVD, HDF aj.
- Desky z ostatních lignocelulózových materiálů – pilinové desky aj.
- Aglomerované deskové materiály bez přísadků nedřevěných materiálů – Tetra K desky, voštiny, aj.



**Obrázek č. 14 Aglomerované materiály**

[http://drevene-materialy.fld.czu.cz/\\_userfiles/obrazky/materialy\\_na\\_bazi\\_dreva.jpg](http://drevene-materialy.fld.czu.cz/_userfiles/obrazky/materialy_na_bazi_dreva.jpg) 9.4.2019

## 7.1 Třískové desky

Deskové materiály vyrobené slisováním, ohřevem a přidáním polymerních lepidel ze třísek, hoblin, pilin apod., nebo jiných lignocelulózových materiálů ve formě částic (obr. č. 15).

### Výroba DTD desek

Základním materiálem jsou dřevěné třísky. Dřevní hmota roztřískovaná na malé částice. Pro výrobu třískových desek mají vliv následující parametry:

- hustota dřeva,
- velikost třísek,
- pH použité dřeviny,
- podíl běle a jádrového dřeva.

Je třeba pevně dodržovat podíl směšovaných dřevin, které se pro výrobu dřevotřískových desek používají. Využívají se rovněž dřeva tvrdých stromů a s rozličnými pH.

### Lepidla

Zásadní, důležitou součástí výroby dřevotřískových desek jsou použitá lepidla, pryskyřice, která jsou dělena na několik základních typů:

UF - močovinoformaldehydová.

PF - fenolformaldehydová.

MEF - melaminformaldehydová.

MUF - močovinomelaminformaldehydová

Izokyanátová lepidla a minerální pojiva (cementy a sádry).

Druh lepidla závisí na účelu užití toho, kterého aglomerovaného materiálu.





**Obrázek č. 15 – Třískové desky**

[http://www.n-i-s.cz/userfiles/svoboda\\_historie\\_a\\_filosofie\\_nabytku/recoflex/dtd1a.jpg](http://www.n-i-s.cz/userfiles/svoboda_historie_a_filosofie_nabytku/recoflex/dtd1a.jpg) 9.4.2019

## **7.2 Vlákenné desky**

Definovaný materiál, (obr. č. 16), tloušťky 1,5mm a více, z lignocelulózových vláken, vyrobený za použití tepla anebo tlaku. Dochází ke zplstnatění vláken, následuje jejich soudržnost a jejich přirozená lepivost. Při výrobě se přidávají syntetické pryskyřice a jako přídavek na vlákno.

DVD desky se dělí podle výrobního procesu:

- desky vyrobené mokrým procesem,
- desky vyrobené suchým procesem.

Při výrobě mokrým procesem mají vlákna při pokládce koberce vlhkost vyšší než 20%, dále se pak DVD desky dělí dle hustoty na:

- hustota < 400kg/m<sup>3</sup> , jedná se především o izolační desky. Mají tepelné nebo akustické vlastnosti. Mohou být také upravovány jako ohni vzdorné desky atd.,

- hustota  $\geq 400\text{kg/m}^3$  polotvrde desky, které se dále liší jako polotvrde desky s nižší hustotou  $400 - 560\text{kg/m}^3$  a polotvrde desky s vyšší hustotou až  $900\text{kg/m}^3$ ,
- hustota vyšší jak  $900\text{ kg/m}^3$  je považována již za desky tvrdé.

Při výrobě suchým procesem se vyrábějí desky, jenž mají při vrstvení vlhkost vláken nižší než 20% a hustotu min  $600\text{kg/m}^3$ .

Vznikají desky MDF (Medium density fibreboards), středně husté desky o hustotě  $600-800\text{kg/m}^3$ , vyrábějí se s přídavkem pryskyřic. Alternativně vznikají desky HDF (high density fibreboards), desky s hustotou nad  $900\text{kg/m}^3$ . Při obou výrobních procesech se přidávají pryskyřice a působí se pomocí tepla a tlaku.

#### Výroba dřevovláknitých desek

##### Suroviny:

- dřevní hmota,
- pojivo,
- příměsi zajišťující nižší hodnotu pH,
- hydrofobizační prostředky,
- retardéry hoření a biocidní prostředky.

Díky procesu výroby dřevovláknitých desek, kdy je vstupní materiál zpracován až na samotné dřevní vlákno, není tento proces tolik náročný na kvalitu vstupní suroviny pro výrobu dřevovláknitých desek.

##### Posuzování vhodnosti dřeva pro výrobu dřevovláknitých desek:

- poměr hlavních složek dřevní hmoty – lignin, celulóza a hemicelulóza,
- obsah pryskyřic,
- rozměry vláken dřevní hmoty,
- vlhkost vláken při zpracování,
- poškození a napadení vláken dřeva hnilobou.

Při výrobě dřevovláknitých desek se posuzuje mnoho parametrů dřevní hmoty. Dřevní vlákna připravená k výrobě obsahují hlavní složky dřevní hmoty.

Celulózu, lignin a hemicelulózy. Dřevo jehličnatých dřevin vykazuje vyšší procento podílu těchto základních složek. Tyto látky se podílejí na konečných vlastnostech dřevovláknitých desek, a proto jsou při jejich výrobě preferovány. Dále, obsah pryskyřice má v konečném důsledku vliv na kvalitu dřevovláknitých desek. Její vyšší obsah je nežádoucí. Např. smrk obsahuje cca 11 % pryskyřic, borovice ale více jak 21. I když obsah ostatních látek je u obou dřevin shodný, jeví se pro výrobu dřevovláknitých desek smrk jako vhodnější. Zpracovávají se ale i listnaté dřeviny, nic méně při mokrému procesu dochází k plstnatění vláken více u jehličnanů, a proto jsou při této výrobě (mokrý proces) preferovány (Josten a spol., 2010).

Výše uvedené typy aglomerovaných materiálů, jak dřevotřískové desky anebo dřevovláknité desky jsou dále zpracovávány a povrchově upravovány jako základní vstupní materiál pro dřevařskou výrobu. V této podobě pak slouží jako vstupní produkt pro CNC obrábění.



**Obrázek č. 16 – Vlákenné desky**

<https://encrypted->

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTkRECR5kb1jYFIqUyhF5al7IkI95a0USV\\_S5xFhZNxx7](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTkRECR5kb1jYFIqUyhF5al7IkI95a0USV_S5xFhZNxx7)

XbPgIR 9.4.2019

## 8. Příklady CNC obráběcích a olepovacích strojů a jejich srovnání

### 8.1 Olepovací stroje

Na trhu je v současnosti mnoho výrobců a jejich produktů v oblasti CNC obrábění materiálů pro výrobu nábytku. Nabízená řešení jsou v zásadě stavbou strojů na míru jednotlivým požadavkům na výrobu, výkon, na specifické úkony a atp. Základní dělení z hlediska použití je přibliženo v následujících kapitolách:

8.1.1. Ruční stroje pro olepování tvarových dílců

8.1.2. Jednouúčelové CNC obráběcí a ohraňovací stroje

8.1.3 Víceúčelové CNC obráběcí stroje

#### 8.1.1 Ruční stroje pro olepování tvarových dílců

Kategorii ručních strojů pro olepování tvarových dílců z aglomerovaných materiálů při výrobě nábytku nejlépe reprezentují stroje Festool apod. Jedná se o jednouúčelové ruční stroje, vhodné pro rovné a tvarové olepování. Umožňují jednoduché olepování rovných a pravoúhlých dílců, nebo komplexní libovolné tvary, až po konkávní a konvexní křivky. Tyto stroje dokážou olepit ručně konkávní tvary až do poloměru 50 mm.



**Obrázek č. 17 – Ruční olepovací stroj tvarových dílců Festool**

[https://festoolcdn.azureedge.net/productmedia/Images/jpg\\_large/5167960f-25b8-11e5-80cf-005056b31774\\_1600\\_1066.jpg](https://festoolcdn.azureedge.net/productmedia/Images/jpg_large/5167960f-25b8-11e5-80cf-005056b31774_1600_1066.jpg) 3.6.2020

Stroje pracují s tavnými lepidly typu EVA, které jsou v různých formách uloženy v zásobnících. Při aktivaci stroje dochází k jejich zahřívání, postupnému zkapalňování a následně k aplikaci na hranu, která je nalepována. Výhodou je tavná mřížka, která umožňuje přípravu pouze takového množství lepidla, které je aktuálně potřebné, a tudíž se jedná o úsporu energie a materiálu. Nanášení probíhá tryskami a je nastaveno dle zvolené výšky hrany. Používaná lepidla typu EVA jsou probarvovaná a vyžadují rozdílné nastavení pracovních teplot. Bílá lepidla se používají pro téměř neviditelné spáry u světlých odstínů materiálů, přírodní barvy jsou pro desky s kresbami dřevin a podobně.

Lepidla s přírodními odstíny      190°C

Lepidla s bílými odstíny              200°C

Hrany, které lze s ručními stroji aplikovat jsou běžně dostupné a jedná se o všechny typy hran, které se používají při výrobě nábytku. Aplikovat lze hrany všech běžných rozměrů a tloušťek do cca 3 mm. Tím, že se jedná o ruční stroje, nelze aplikovat silnější hrany, ani náklížky další podobné aplikace. Hrany nanesené ručními hraničkami jsou nedokončené a vyžadují další úpravy.

Olepování tvarových dílců probíhá ručně a je náročné na zručnost a zaškolení obsluhy. Po přípravě vlastního stroje je důležité, aby olepovaný obrobek byl pevně přichycen k pracovnímu stolu. Následně je nutné si připravit požadovanou hranu v délce potřebné pro kontinuální nalepení s mírným přesahem. Je nutné rozlišit, zda bude hrana ukončena při tvarovém hranění na rovném konci obrobku (např. roh 90°), nebo zda se bude jednat o kontinuální napojení v křivce (např. kruhová deska stolu).



**Obrázek č. 18 – Tvarové ruční olepování**

[https://festoolcdn.azureedge.net/productmedia/Images/jpg\\_large/fef9c33d-b1c4-11e9-80fe-005056b31774\\_1600\\_1066.jpg](https://festoolcdn.azureedge.net/productmedia/Images/jpg_large/fef9c33d-b1c4-11e9-80fe-005056b31774_1600_1066.jpg) 3.6.2020

Při variantě kruhových desek je třeba počátek hrany ochránit protekcí (zakrývací páska), tak, že při dojíždění hrany zpět k počátku, se hrana nalepí i přes protekci a pak se následně obě hrany proříznou a dojde k zakončení spojení s minimální spárou. Tyto operace je nutno provést ručně a jsou náročné na zručnost obsluhy.



**Obrázek č. 19 – Detail ukončení lepení hrany uzavřeného profilu**

<http://www.festool.cz> 3.6.2020

Stoje nejsou vybaveny přídavnými agregáty, a proto je třeba přistoupit k dalším výrobním operacím, které jsou nutné k finálnímu dokončení. Hrany je třeba ofrézovat v přesazích, ideálně ruční frézku se stopkovým nástrojem s vybraným rádiusem. Ten by měl odpovídat tloušťce aplikované hrany, tedy u hrany 3mm je doporučeno  $r = 1,5\text{mm}$ . Dále je nutné použít ruční škrabky z tvrdokovu pro odstranění přebytečného lepidla, následně je třeba dokončit leštícími přípravky rohy a chemicky, vhodnými rozpouštědly očistit spáru mezi hranou a aglomerovaným materiálem.



**Obrázek č. 20 – Detail ukončení hrany**

<http://www.festool.cz> 3.6.2020

Výhody ručních přístrojů pro hranění tvarových materiálů:

- nízká pořizovací cena,
- snadná manipulace,
- malá náročnost na proškolení obsluhy (nejedná se o žádné programování stroje),
- malá energetická náročnost,
- flexibilní použití ve výrobě bez nutnosti složitějšího nastavení před prací,
- mobilita (přístroj lze snadno převážet např. na práce mimo výrobní prostory – montáže a podobně).

Nevýhody techniky ručního strojového hranění:

- velmi nízká produktivita (nelze využívat při sériové výrobě),
- kvalita zpracování není vždy stejná a je velmi závislá na lidském faktoru (zručnost obsluhy),

- při hmotnosti cca 10 kg jsou tyto stroje náročné než delší ruční práci,
- nutnost následných operací pro dokončení hrany (nejedná se o univerzální hranicí stroj).

### 8.1.2 Jednoúčelové CNC obráběcí a ohraňovací stroje

Jednoúčelové CNC obráběcí stroje jsou konstruovány s ohledem na větší výkon ve výrobě, ale jsou méně flexibilní a universální. Nejsou schopny provádět více rozdílných operací, například dělení materiálu a dále pak jeho další opracování.

Jedná se o velké stacionární stroje osazené ve výrobní hale, zapojené do celkového výrobního řetězce.

Představitelem současného technického pokroku v oblasti CNC olepování tvarových dílců v nábytkářské výrobě je stroj Vector Revolution 180. Jedná se čistě o CNC olepovací stroj, jednoúčelové konstrukce, který spolupracuje s CNC obráběcím centrem nestingového typu. Při konstrukci stroje byl kladen důraz na pohyb nástrojů v ose Y, maximálně až 1830 mm a tím se docílí možnosti produkce velkých tvarových dílců z aglomerovaných materiálů. (Čapka, 2016)



**Obrázek č. 27 – CNC olepovací stroj Revolution 180**

[https://www.pilart.cz/obrazky/produkty/velky/CNC-tvarove-olepovani-VECTOR-](https://www.pilart.cz/obrazky/produkty/velky/CNC-tvarove-olepovani-VECTOR-0610201611000189246.jpg)

0610201611000189246.jpg 3.6.2020



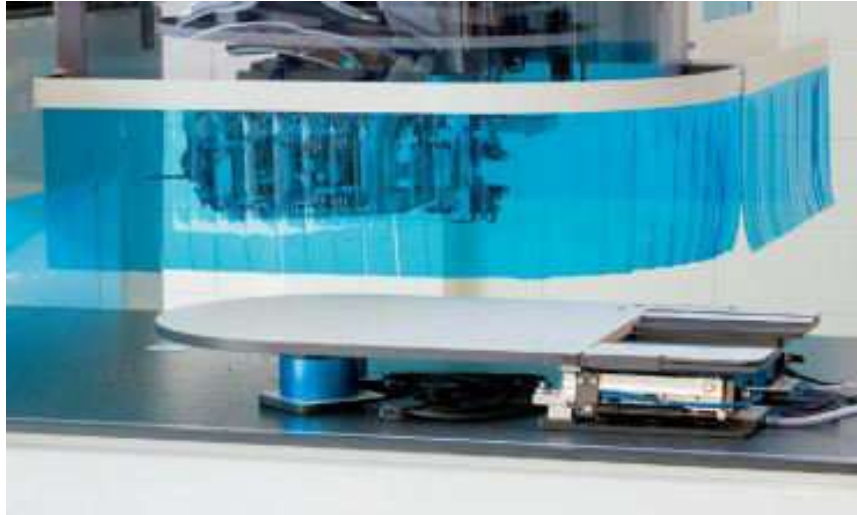
## Konstrukce stroje

Silnostěnné ocelové nosníky v uzavřených profilech tvoří tuhou konstrukci stroje, která je vyžadována pro přesnou a rychlou manipulaci s materiálem. Důležitým faktorem je podpora pro osu Y. Pohyby jsou vedeny v lineárních vodítkách ve vysoké kvalitě.

## Řídící systém

Autentický operační řídicí systém stroje umožňuje řízení produkce bez programování. Odpadají problémy s kompatibilitou ostatních řídicích systému CNC strojů ve výrobním řetězci. Ovládání je prostřednictvím dotykové obrazovky, s ikonami a s přehledným prostředím. Na obsluhu není kladen nárok znalosti programování a složitého odečítání souřadnic. Provádí se pouze kalibrace a nastavení bodu 0. Odečtení tvaru a procesu operací se provede automaticky, stroj po ukončení operace opět nastaví bod 0 a může opakovat celý cyklus. Některé nastavení, jako teplot lepidla a další parametry lze uložit do paměti pro jednotlivé cykly. Podle polohy se v závislosti na geometrii dílce promítne laserem obrys obrobku a následně se rozdělí přísávací segmenty k uchycení obroku. Výchozí poloha se dá nastavit v kterémkoliv bodě po obvodu.

Pracovní hlava obsahuje všechny potřebné agregáty. Její pracovní úhel je 360°. Součástí je nanášecí jednotka lepidla, přítlačné gumové válečky, kapovací fréza s odměřovacím dorazem a kopírovací fréza s cidlinami. Hlava provede všechny potřebné operace. Všechny agregáty jsou umístěny na jednotlivých pohyblivých segmentech, aby kopírovaly křivky tvarových dílců.



**Obrázek č. 28 – Pracovní lože s podtlakovými moduly**

<https://www.pilart.cz/obrazky/produkty/velky/Vector-10-0610201611205355684.jpg> 3.6.2020

Pořadí segmentů:

- podávací válečky pro posun pásky,
- kapovací frézka s dorazem,
- nanášecí lepidla na pásku,
- přítlačné válečky,
- kopírovací frézka,
- cidliny.

Zařízení je schopno olepovat dílce tloušťky 16–40mm a to s uzavřenými křivkami a nebo pouze s otevřenými křivkami. Uzavřené křivky jsou především tvary, kde hrana končí ve výchozím bodě a jde po křivce. Běžně kruhy, elipsy atp.

Olepování uzavřeného tvaru

Ve zvoleném bodě 0 se pomocí aplikační jednotky přitlačí páska na olepovaný dílec. Celé hlava s agregáty zahájí pohyb po křivce obrobku a dochází k postupnému nalepování hrany. Současně s tím probíhá odstraňování pomocí frézky, přebytečného materiálu hrany, která přesahuje na šířku přes obrobek. Cidlina zajišťují dočištění hrany od zbytku lepidla.

V okamžiku, kdy se aplikační jednotka přiblíží k začátku pásky, přisune se k dílci speciální doraz, který mechanicky odměří začátek pásky. Celá pracovní hlava na okamžik zastaví, kapovací frézka zakrátí pásku a jednotka ji dolepí. Doraz lze seřídít tak, aby napojení obou konců bylo co nejtěsnější. Kapovací frézka provádí řez pod úhlem kvůli lepšímu překrytí spoje.



**Obrázek č. 29 – Detail ukončení hrany**

<https://www.pilart.cz/obrazky/produkty/velky/Vector-09-0610201611205360089.jpg> 3.6.2020

#### Olepování otevřeného tvaru

Při této operaci se nepoužije doraz na odměřování. Lepení pásky probíhá podobným způsobem jako u jiných strojů, tedy zakončení s přesahem přes konec lepené strany a dojde k zakrácení frézku a začištění cidlinami. Pravoúhlé rohy se pracují pomocí kapovací frézky zabudované v těle dorazů, sloužících k vymezení polohy dílce. Jsou připevněny ke stolu společně s přísavkami dílců. Po dokončení operací se hlava vrací do původní, tedy výchozí polohy.

Součástí vybavení stroje je vlastní vývěva pro obsluhu podtlaku v přísavkách. Dále pak výkonné odsávání vzniklých pilin a odřezků hran. Stroj je vybaven zásobníkem odsávaného odpadu, který je následně vyjmut a lez jej vyčistit.

Výhody jednoúčelových strojů pro hranění tvarových dílců:

- snadná manipulace,
- malá náročnost na proškolení obsluhy (nejedná se o složité programování stroje),
- jednoduchost konstrukce (nejsou součástí žádné frézovací agregáty atp.),
- odpadá nutnost pořízení a udržování nákladného software,
- vyšší produktivita výroby než u ručních strojů,
- kvalita provedení a zpracování výsledného produktu.

Nevýhody jednoúčelových strojů pro hranění tvarových materiálů:

- vyšší pořizovací cena,
- stroj pouze pro jeden druh operací,
- nutnost zapojit další stroje pro následné operace do řetězce výroby,
- nižší efektivita výroby při časté změně tvarů dílců

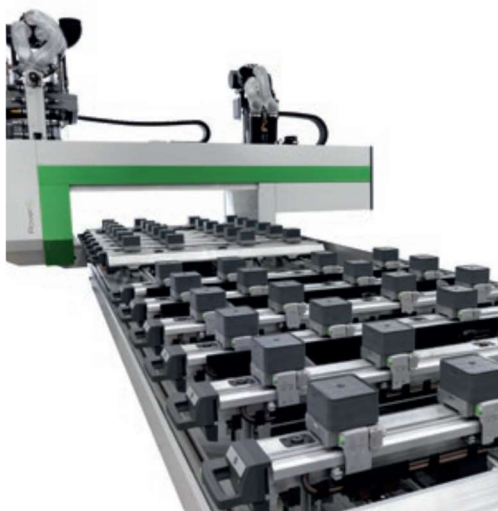
### **8.1.3 CNC olepovací a frézovací centra - kombinovaná**

V současnosti jsou nejvíce sofistikovaná řešení pro výrobu nábytku na CNC centrech kombinované centra s frézováním a zároveň olepováním bočních hran. Vrcholem nabídky jsou centra společnosti Homag, Rover a další.

5-ti osá obráběcí centra v kombinaci s tvarovým olepováním jsou postavena na základě klasické portálové koncepce CNC strojů. Celý box s agregáty se pohybuje po stabilním, těžkém, stacionárním loži a veškeré obráběcí a další procesy jsou bezpečně skryty za velkými průhledy. Obsluha má tak skvělý přehled o probíhající operaci.

Inovačním řešením současných CNC kombinovaných center jsou dvě nezávislé osy Z. Osa Z v souřadnicovém systému CNC strojů určuje posuv nástroje v jeho podélné ose. U těchto kombinovaných strojů je samostatná osa Z pro vrtací vřeteno a pro frézovací hlavu. Pohonný systém přesune pouze jednu jednotku po celé ose délky stroje. Výška pracovního prostoru po ose Z je 270 mm, lze tedy pracovat i s dlouhými nástroji. (Biesse , 2020).

Standardní specifikace strojů. Délka v ose X pro frézování 3280 mm, 2300 mm pro olejování. Pracuje se ve střídavém režimu práce na dvou pracovních polích, v závislosti na délce opracovávaného dílce (max 1100mm).



**Obrázek č. 30 – Trámcové lože ATS/EPS s podtlakovými moduly**

[https://www.biessecdn.com/media/immagini/179\\_n\\_biesse\\_rover\\_b\\_INTERA.png](https://www.biessecdn.com/media/immagini/179_n_biesse_rover_b_INTERA.png) 3.6.2020

Běžné základní parametry pro olejování

- |                                        |                         |
|----------------------------------------|-------------------------|
| - Tloušťka lepené hrany                | 0,4 – 3 mm              |
| - Tloušťka dílce                       | 14 – 60 mm (10 – 56 mm) |
| - Vnitřní poloměr olepení              | R 30 mm                 |
| - Minimální průměr olejovaného dílce   | 400 mm                  |
| - Minimální rozměr pro uzavřený profil | 350 mm                  |

## Olepovací jednotky

Olepovací jednotky jsou vybaveny dvojitými přítlačnými kotouči a pracují s materiály o tloušťce až 60 mm. Hrany jsou zakládány automaticky a jejich distribuce je řízena programováním z počítače centra. Stroj předem zná informaci o olepovaném tvaru a dávkuje hranu dle lepení otevřeného, nebo uzavřeného profilu. Jednotka pracuje v operačním úhlu 360 stupňů a olepí jakýkoliv tvar výrobku.

### Dvojitý přítlačný váleček hrany

Je poháněn pneumaticky, pístem, který jej přitlačí na počáteční bod pracovního cyklu. Povrch je opatřen trvanlivou pryží s výbornými adhesními vlastnostmi. Malý průměr válečku umožňuje olepování hran na vnitřních rádiusech až min 18 mm. (podmíněno tloušťkou hrany do 1 mm).



**Obrázek č. 31 – Detail olepovací jednotky s přítlačným válečkem**

<https://www.biesse.com/ww/wood/cnc-work-centres/rover-b> 3.6.2020

### Posuv hrany

Posuvný váleček poháněný motorem, který je ovládán přes NC a dále volně otáčivý váleček, který je pomocí snímače otáček řízen a provádí odečet délky použité hrany, s porovnáním délky potřebné pro olepení dílce.

### Technické parametry olepovací jednotky

Tloušťka hrany ABS / PVC	0,4 – 3 mm
Tloušťka hrany z masivu	0,4 – 2 mm
Maximální výška lepené hrany	64 mm

### Frézovací jednotky

Operační jednotky jsou 5-ti osé, výkonné agregáty, s výkonem 21,5 kW a otáčkami včetně až 8000 ot/min. Podporují všechny nástroje a dosahují kvalitního a rychlého opracování povrchů. Možná je kombinace 5-ti a 4 osých jednotek, umožňujících zpracování jakéhokoliv typu produktu. Nezávislá osa Y podporuje výměnu nástroje během běhu stroje a využití co největšího počtu nástrojů v zásobníku stroje. Rychlost vektoru os je od 124 do 156 m / min a zrychlení z 3,5 do 5 m / s<sup>2</sup>. Tyto parametry umožňují vysokou produktivitu.

Pro dokončování olepovaných hran se využívají také kombinované frézovací agregáty. Kapování, frézování a cidliny (poloměrové a plošné). Důležitým parametrem je zásobník nástrojů. Obvyklá kapacita je 14, 16 nebo 21 pozic. Stroj je možno vybavit i řetězovým karuselem, který je výhodnější a efektivnější. Trámcový stůl je typu ATS/EPS s podtlakovými moduly. Pneumatické upínky jsou typu Uniclamp. (Beran, 2011).



**Obrázek č. 32 – Frézovací jednotka s pilovým kotoučem**

<https://www.biesse.com/ww/wood/cnc-work-centres/rover-a-edge-1518> 3.6.2020

Výhody víceúčelových strojů pro hranění a frézování tvarových dílců:

- automatická manipulace a hlídání výrobního procesu dle programu stroje
- vysoká produktivita
- flexibilita výroby (nahrané programy rychle reagují na potřeby výroby)
- kvalita provedení a zpracování výsledného produktu
- možnost zpracování jakéhokoliv požadavku klienta (tvary, množství, atp.)
- universální stroj nahradí více strojního vybavení

Nevýhody jednoúčelových strojů pro hranění tvarových materiálů:

- vysoká pořizovací cena
- vyšší náročnost na proškolení obsluhy (složitější programování stroje)
- nákladný software
- drahý vlastní provoz (spotřeba energií, servis, personál a prostředí)



## 8.2 Obráběcí stroje

### 8.2.1 Morbidelli M100 Obráběcí centrum s trámcovým stolem

Univerzální CNC obráběcí centrum určené pro flexibilní obrábění plošných i masivních materiálů. Morbidelli M100 (obr. č. 21).

Robustní stroj s pevným stolcem a pojezdovým portálem osazeným obráběcími agregáty.

Prostorová konstrukce stroje umožňuje volný přístup v okruhu 360°. Obsluha přistupuje ke stroji ze všech stran, a to i během pracovní fáze. Veškeré výrobní operace probíhají pod uzavřeným krytem a prostor kolem stroje tedy není hlídán automatickými fotobuňkami.

Na šasi se osazuje konfigurace čtyř pracovních jednotek pro různé operace.

3/4/5 osé elektro vřeteno, vrtací hlava, otočná pila, přídavné elektrické vřeteno, dlabací jednotka anebo automatický jednotka pro nastřelování kolíků.

Pětiosá obráběcí hlava s možností velkých úběrů při vysokých rychlostech posuvů bez rizika vibrací. Vibrace způsobují nekvalitní řeznou plochu, na kterou je dále nutno aplikovat další výrobní operaci. Obráběcí hlavy mají udávaný jeden z hlavních parametrů, a to je výkon. Jsou stroje s výkonem 10kW, na přání 12kW. Obráběcí hlavy jsou kapalinou chlazené. Důležitou vlastností je flexibilní naklápění, opisování plynulé křivky kolem obrobku s možností naklopení nástroje pod osou upnutí až o +10°, nebo - 10°. Celkový pracovní záběr je tedy 110°. Nástroje jsou umístovány v pozicích dle konfigurace stroje. Nabízí se varianty u elektro vřetene, na hraně pracovního stolu anebo revolverové rotační zásobníky.

Současné CNC stroje se zaměřují na zrychlování produkce výroby. Snahou je zkrátit časové prodlevy v době, kdy stroj nevyrábí, ale vykonává pomocné nutné pohyby. (pojezdy vřetene, výměny nástrojů atd.) Nabízejí se proto řešení, která umožňují vysoké otáčky vrtáků (rychlejší posuv v ose Z), rychlá výměna nástrojů (zásobníky poblíž elektro vřetene), nebo tzv. kyvadlové obrábění, s volným dělením pracovního stolu.

Velmi důležitou součástí stroje je pracovní stůl. Jedná se o trámčovou konstrukci, kde jednotlivé trámce jsou volně polohovatelné v ose X. Jsou osazeny libovolným počtem podtlakových přísavek (pro opracování plošných dílců), nebo pneumatickými svěrkami (pro opracování masivních vlysů). Na přání je stroj vybaven multifunkčním stolem, tvořeným v ploše rastrem z ALU slitiny. Jedná se o tzv. nesting systém. Umožňuje celý proces rozměrového frézování aglomerovaných materiálů na jedno upnutí desky do stroje. Jednotlivé dílce jsou vakuově přisávány k pracovnímu stolu, a to i po formátování na menší kusy. Zároveň nedochází při pracovní operaci ke kontaktu stolu a nástroje.



**Obrázek č. 21 – Morbidelli M100**

[http://www.panas.cz/slir/h600/files/images/Stroje/CNC%20obrabeci%20centra/Author%20M100\\_200/morbidelli%20m100.jpg](http://www.panas.cz/slir/h600/files/images/Stroje/CNC%20obrabeci%20centra/Author%20M100_200/morbidelli%20m100.jpg) 9.4.2019

### **8.2.2 Morbidelli N100 Obráběcí centrum s rastrovým stolem**

Vlastní konstrukce stroje (obr. č. 18) je totožná a shodná s předešlým výrobkem Morbidelli M100. Zásadní rozdíl u strojů s rastrovým stolem je ten, že se jedná o obráběcí centrum určené pro plošné rozfrézování aglomerovaných materiálů. Na rastrový pracovní stůl lze pomocí vytvořeného podtlaku působícího otvory v rastrovém stole upnout plošný aglomerovaný materiál a ten operacemi CNC stroje rozfrézovat na jednotlivé tvarové výrobky. Limitem tohoto stroje jsou v zásadě pouze rozměry vstupního materiálu. Toto frézování umožňuje vytvářet

jakýkoliv tvar nábytkového dílce. Jedná se o tzv. nesting systém, který zcela nahrazuje operace řezání.

Maximální pracovní délka až 4286mm osa X.

Maximální pracovní šířka až 2185mm osa Y.

Maximální pracovní výška až 150mm osa Z.



**Obrázek č. 22 – Morbidelli N100**

<http://www.panas.cz/slir/h600/files/images/Stroje/CNC%20obrabeci%20centra/PRATIX/morbidelli%20n100.jpg> 9.4.2019

## **9. Nástroje pro CNC obráběcí stroje**

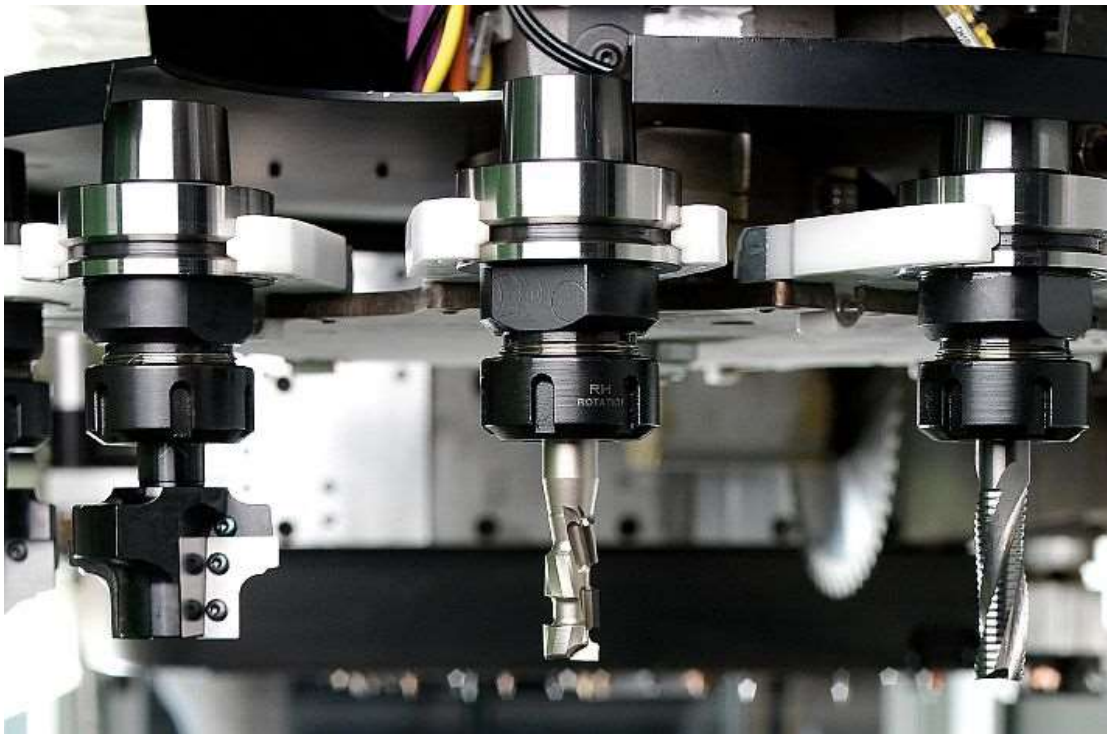
Zásadní otázkou pro vlastníka CNC frézky nebo obráběcího centra je, na jaké operace, typ materiálu a jak správně používat frézy. Je nutné si specifikovat, kdy je vhodná fréza s lamači třísek nebo tzv. hladké ostří. Dále budeme problematiku řešit pro obráběcí nástroje tzv. spirálové frézy.

### **9.1 Stopkový nástroj**

#### **9.1.1 Tělo nástroje**

Základním materiálem využitým při výrobě těla nástroje, jsou tzv HW materiály (tvrdokovy, slinuté karbidy, SK). Dále se může jednat o materiály HWM

integrál, celotvrdokovový nástroj vyrobený z jednoho kusu materiálu např. z tyčoviny. Je však důležité si uvědomit, že ne každý HWM materiál je stejný, a proto je velmi důležité při výběru správně rozhodnout a porovnávat technická data jednotlivých výrobců. Kvalita těla nástroje je zásadní pro kvalitu frézování, a to především k ohledu přenosu vibrací při frézování obrobku zpět na nástroj. Příkladem mohou být IGM HWM spirálové frézy tvrdokov v tyčích o tvrdosti 1680 HV10 a pevnosti 4000 N/mm<sup>2</sup> (BARCÍK a kol., 2013).



Obrázek č. 23 – CNC hlava se stopkovými nástroji

<http://www.mrsteel.cz/gallery/big/023.jpg> 9.4.2019

### 9.1.2 Konstrukce nástroje

Tělo spirálových fréz je vybrušováno na CNC bruskách s důrazem na funkčnost a přesnost nástroje. Zásadním faktorem, který ovlivňuje kvalitu nástroje je přesně daná geometrie břitu. Je nutné dbát na vybroušení rádiusového čela zubu s hlubokým vybráním pro odvod třísek. Rádiusové čelo zubu napomáhá zachovat celkovou tuhost a zároveň dosažení úhlu čela až 15%, které je důležité při frézování podél a napříč vláken. Nedílnou součástí konstrukce

nástroje je spirálové broušení břitu vůči ose nástroje (obr.č.19). Toto vybroušení napomáhá odvodu třísky z řezu a zachování čisté hrany obrobku v závislosti natažení třísky do řezu nebo z řezu.

### **9.1.3 Lamače třísek**

Jsou součástí především tzv. hrubovacích fréz a jejich hlavním účelem je zvýšení výkonu při frézování. Jedná se o cca 0,5mm hluboké zoubky, které jsou vůči sobě posunuty. Při obrábění tyto zoubky způsobí zmenšení, a hlavně zkrácení třísky, to má za následek odlehčení zátěže na nástroj při frézování. Výrazně se snižují vibrace nástroje a zvyšuje kvalita opracované plochy. Lamače třísek mají za následek zvýšení řezného výkonu až na dvojnásobek. Zásadně však do výkonu frézování vstupují faktory jako tvrdost materiálu, hloubka frézování, množství odebíraného materiálu atp.

### **9.1.4 Proces otupování břitu**

Otupení řezného břitu nástroje se rozumí kombinace mechanického procesu ubytku materiálu břitu a elektrochemického opotřebení. Otupování nástroje nastává při nepatrné geometrické změně tvaru nástroje, respektive břitu. Tedy změna mikrogeometrie nástroje během opracování materiálu.

Břit začíná být tupý tehdy, kdy pozorujeme rozměrové odchylky při opracování materiálu, musíme zvýšit řezné síly, dochází ke zhoršení povrchů obrobku, pálení atp.

Proces otupování má tři fáze:

- Počáteční záběr břitu nástroje, odstranění jehly a otřepu
- Fáze rovnoměrného otupování
- Nárůst otupení s regresivním průběhem

(Kvietková, 2015)

### 9.1.5 Vznik třísky

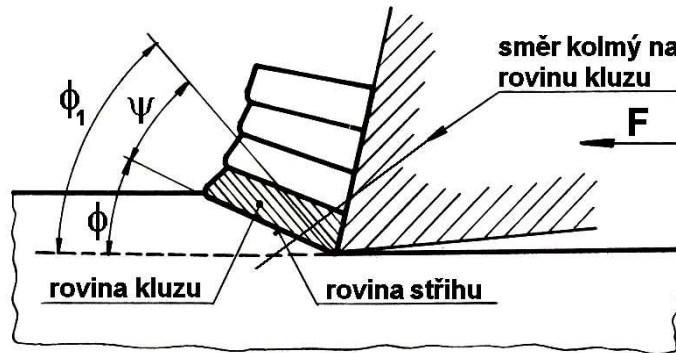
Tříska vzniklá při obrábění dřeva, respektive studie jejího vzniku má velký vliv na vlastní obrábění.

Obráběný materiál se při prvním kontaktu s břitem začne deformovat, začínají vznikat síly a změny tvaru obráběného materiálu, které jsou závislé na několika faktorech. Především hraje roli pružnost obráběného materiálu, úhel břitu nástroje, rychlost posuvu nebo otáčení atp. Při určitém překročení hraniční deformace materiálu začíná docházet k oddělování třísky, tedy vlastní hmoty obráběného materiálu.

Následně lze pozorovat při tvorbě třísky (zejména u obrábění nehomogenních materiálů) vznik trhlin před čelem břitu. Umístění trhlin a jejich směr závisí na orientaci směru obrobku a na dalších vlivech, jako je struktura materiálu, vzájemné rychlosti a směry.

Vlastnosti třísky, její oddělování a celkovou formu mají na svědomí tyto vlivy:

- Druh obráběného materiálu (vlhkost, teplota, směr vláken, objemová hmotnost, mechanické vlastnosti atp.), u aglomerovaných materiálů některé tyto vlastnosti nejsou tak v tomto procesu výrazně významné vzhledem ke stavbou těchto materiálů.
- Směr dřevních vláken (opět u aglomerovaných materiálů je tato vlastnost výrazně potlačena).
- Vlastní geometrie nástroje, tzn.
  - těla nástroje – má vliv na odvod třísky.
  - tvaru břitů – mají vliv na vznik třísky.
- řezné podmínky (množství odebíraného materiálu na jednu operaci, rychlost posuvu obrobku, řezná rychlost atp.).
- způsob obrábění (obrábění otevřené nebo uzavřené, změna rozměru třísky konstantní nebo nekonstantní).
- způsob odvodu třísky z místa obrábění (souvisí do značné míry s konstrukcí těla nástroje).



**Obrázek č. 24 – Proces vzniku třísky při obrábění**

[https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/8251/content\\_UC1-1320-rovina-strihu-element-trisky.png](https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/8251/content_UC1-1320-rovina-strihu-element-trisky.png) 23.3.2020

## 9.2 Kotoučové nástroje

Strojní kotoučové pily, respektive kotoučové nástroje, patří k nejstarším dřevoobráběcím nástrojům. V průběhu jejich vývoje docházelo k vývoji použitého materiálu, geometrie nástroje, jejich pohonu atp. V principu se však stále jedná o nástroj otáčející se kolem axiální osy, který umožňuje vysokou produktivitu práce v závislosti na nízkém prořezu materiálu. Uplatnění pilových kotoučů u CNC strojů je především na dělení plošného aglomerovaného materiálu na frézování drážek, jak v ploše, tak z čela materiálu (obr. č. 20). Nevýhodou kotoučových nástrojů při použití v CNC strojích je nemožnost řezání z dílců s rádiusy (BARCÍK a kol., 2013).



**Obrázek č. 25 – CNC hlava s kotoučovou pilou**

[https://files.hoechsmann.com/images/36530/36530\\_287.jpg](https://files.hoechsmann.com/images/36530/36530_287.jpg) 9.4.2019

### **9.2.1 Charakteristika nástroje**

Pilový kotouč je obráběcí nástroj s ozubením po obvodě. Zuby jsou opatřeny řeznými plochami z nástrojové uhlíkové nebo legované oceli, tepelně upravené na příslušnou tvrdost. Nástroj se otáčí kolem středové osy, ve které je upevněn pomocí příruby unašeč.

### **9.2.2 Tělo pilového kotouče**

Tělo pilového kotouče je označováno jako nosič ozubení.

Charakteristické rozměry:

- vnější průměr,
- průměr upínacího otvoru,
- tloušťka a tvar těla pilového kotouče.



### **9.2.3 Ozubení pilového kotouče**

Po obvodě těla kotouče jsou umístěny řezné klíny (zuby). Zásadní je profil zubů, typ a geometrie řezného klínu a materiál, ze kterého jsou břity vyrobeny.

### **9.2.4 Části pilových kotoučů**

Dilatační drážky – vyrovnávají pnutí po obvodu pilového kotouče, vznikající zahříváním kotouče a řezným odporem a odstředivou silou. Dilatační drážka je někdy zakončena kruhovým otvorem, který je vyplněn odlišným materiálem od těla pilového kotouče. Plní funkci odvodu tepla a snížení hlučnosti při řezání.

Otvory pro ochlazování – pomocí proudícího vzduchu plní funkci ochlazování těla pilového kotouče a dále mají za následek odvod třísky uvnitř řezné spáry materiálu. Zachovávají u pilového kotouče při řezu jeho tuhost a stabilitu.

Stabilizační a zajišťovací prvky – pro rozřezávání masivního dřeva se používají pilové kotouče s menším počtem zubů a větší zubovou mezerou. Důvodem je především získat dostatečný prostor pro odvádění vznikající třísky a zamezení zanášení mezizubního prostoru dřevními silicemi. Naopak pro rozřezávání aglomerovaných materiálů se používají pilové kotouče s větším počtem zubů a menším mezizubním prostorem. U těchto pilových kotoučů je také odlišná geometrie zubů (Barcík a kol., 2013).

### **9.2.5 Řezání pilovými kotouči**

Řezání pilovými kotouči je nejrozšířenější opracování materiálu ve dřevařském průmyslu. Konstrukce pilových kotoučů umožňují řezání ve všech směrech vláken dřeva. U dělení aglomerovaných materiálů jsou tyto vlastnosti nepodstatné. Na dělení aglomerovaných materiálů se využívají speciálně navržené pilové kotouče.

Vlastní průběh řezání (dělení materiálu) probíhá tak, že nástroj a obrobek vstupují do vzájemného působení. Klínovitý tvar ostří zubu způsobí stlačení povrchu materiálu, následně dojde jeho porušení, vzniku trhliny a vniknutí klínu do materiálu. Vznikne tříška, která je vymetena z místa vzniku. Celý proces se opakuje velmi rychle a vzniká obrobený povrch, dále třísky a dochází k otupování nástroje, resp. zubu na pilovém kotouči.

Určujícími faktory jsou parametry řezání, kinematické a geometrické veličiny při řezání. Pohyb zubu pilového kotouče při dělení materiálu probíhá po kružnici (hlavní pohyb) a zároveň po přímce (posuvný – vedlejší pohyb). Břity se pohybují konstantní rychlostí po kružnici, obrobek se pohybuje po přímce, tzv. translačním pohybem a jejich kombinací vzniká tzv. cykloida.

Dělení materiálu pilovými kotouči, řezání je vyjádřeno základními matematickými vztahy.

Rychlost hlavního pohybu je vyjádřena řeznou rychlostí:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60000} \text{ (m.s}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

kde: D – průměr pilového kotouče.

n – frekvence otáčení.

Doporučená řezná rychlost je mezi 40 – 60 m.s<sup>-1</sup>. Významným faktorem pro řeznou rychlost je opotřebení nástroje (jeho otupení). Při řezání s otupenými nástroji je doporučená řezná rychlost 60 – 80 m.s<sup>-1</sup>. U malých průměrů a speciálních pil je řezná rychlost až 150 m.s<sup>-1</sup>. Tyto parametry splňují i dělicí pilové kotouče v CNC strojích.

Rychlost posuvu:

$$v_f = \frac{f_z \cdot n}{1000} \text{ (m.min}^{-1}\text{)} \quad (5)$$

kde: n – počet zubů pilového kotouče.

f<sub>z</sub> - posuv na zub (mm).

Orientační posuvná rychlost v podélném řezání při mechanizovaném posuvu činí 50 – 100 m.min<sup>-1</sup>, při čelním řezání s mechanickým posuvem činí

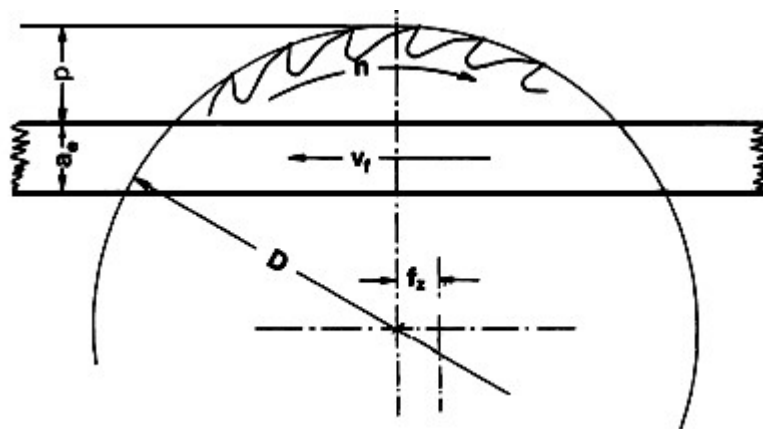
5 – 25 m.min<sup>-1</sup>. Tyto parametry platí opět pro rostlé dřevo, v případě dělení aglomerovaných materiálů se směry nerozlišují.

Počet zubů pilového kotouče

$$Z = \frac{\pi \cdot D}{t_z} \quad (6)$$

kde: D – průměr pilového kotouče.

t<sub>z</sub> – rozestup zubů (mm).



Obrázek č. 26 – Schéma řezu pilovým kotoučem

<http://www.fao.org/3/ag335e/AG335E124.gif> 23.3.2020

## 10. Diskuze

Práce vysvětluje základní pojmy v oblasti CNC obrábění aglomerovaných materiálů. Znalost problematiky CNC obrábění dřeva a jejich technologií se v současnosti nelze již vyhnout v odborné praxi. Získané a v práci popsané, nebo citované informace naznačují, že tento obor je budoucností v dřevozpracovatelském průmyslu. Na trhu působí několik lídrů v oblasti konstrukce a výroby technologií CNC obráběcích center, kteří investují velké prostředky do inovací. Některé příklady jsou uvedeny a popsány.

Je třeba se zamýšlet na zdokonalování procesů výroby na CNC strojích. Zapojení jednotlivých strojů do celků, centrální programování, sdílení dat atp. Dále pak přicházejí víceúčelové stroje, které plynule přecházejí mezi jednotlivými typy operací.

Při plánování jakékoliv dřevařské výroby v současnosti, je nutné kalkulovat s investicemi do CNC obráběcího centra. Každý nově vznikající záměr vybudování dřevozpracujícího podniku musí být s touto tematikou diskutován a investice do CNC obrábění zahrnuta v kalkulacích.

Doporučuji rovněž všem zpracovatelům v dřevařském průmyslu, trendy v CNC obrábění sledovat a tuto technologii průběžně modernizovat. Velcí výrobci a producenti jsou samozřejmě CNC stroji vybaveni a tyto investice se jim vyplácejí. U malých zpracovatelů doporučuji provést revizi strojového parku a CNC technologie do svého výrobního procesu začlenit. Výrobní proces těmito technologiemi je samozřejmě rychlý a velmi efektivní. Ale v neposlední řadě, může výrobce na těchto technologiích vyhovět téměř všem požadavkům klientů, nepochybně i v daleko vyšší kvalitě vlastního zpracování.

U technologie CNC olepování je možné diskutovat o nutnosti investic do velkých jednoúčelových strojů. Je nutné zvážit, zda a jak budou tyto stroje využity a efektivně vytěžovány. Současná technická řešení nabízejí menší, na provoz snazší stroje, které ale výkonem a kvalitou dokážou nahradit, minimálně v menších provozech, výkonné CNC sestavy. Celá tato úvaha v závěru nabízí prostor pro nové témata, která se podrobně mohou věnovat výkonosti a efektivitě jednotlivých strojů a technologií a jejich doporučení pro konkrétní aplikace.

## 11. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo nahlédnutí do problematiky CNC obrábění a olepování nábytkových dílců z aglomerovaných materiálů. Je popsána byla popsána historie CNC obrábění, typy technologií, druhy strojů a problematika nástrojů. Čtenář také získá informaci o aglomerovaných materiálech a jejich rozdělení.

V části věnované programování je praktická ukázka psaní softwaru pro obrábění tvarového dílce a průběh výroby dle těchto příkazových řádků.

V poslední části práce jsou uvedeny a popsány konkrétní příklady CNC technologií na tvarové obrábění a hranění nábytkových dílců. Práce shrnuje základní výhody a nevýhody jednotlivých technologií olepování bočních ploch z aglomerovaných materiálů. Jejich porovnávání a produktivní parametry. Práce stanovuje stručně vhodnost jednotlivých strojů, pro různá řešení a potřeby výroby, od několika různých dodavatelů.

CNC technika pro oblast obrábění dřeva a jeho derivátů je velmi perspektivní obor. Stroje, jejich software a vlastní nástroje se budou i nadále výrazně vyvíjet a budou v budoucnosti hlavním prostředkem zpracování a výroby produktů ze dřeva.

V žádné další technické oblasti zpracování dřeva neočekávám takový pokrok jako právě u CNC strojů.

Dle mého názoru práce splnila svůj stanovený cíl, kterým bylo vytvořit teoretický materiál, který by laickému čtenáři nastínil problém tématu zvolené práce.

## Použitá literatura

- BARCÍK, Š., KVIETKOVÁ, M., BOMBA, J., SIKLIENKA, M. Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování. Powerprint Praha. 2013. 355 s. ISBN 978-80-87415-80-1.
- EDWARD, Lee Ashford. Getting Started with CNC. O'Reilly Media, Inc, USA. 2016. 166 s. ISBN 9781457183362.
- HRÁZSKÝ J., KRÁL P. Kompozitní materiály na bázi dřeva Část I – Aglomerované materiály. Mendelova univerzita v Brně. 2007. 253 s. ISBN 978-80-7375-034-3.
- JOSTEN, E., REICHE, T., WITTCHEN, B. Dřevo a jeho obrábění. Nakladatelství Grada publishing. 2010. 336 s. ISBN 978-80-247-2961-9.
- KRÁL, P. JANÁK K. Technologie I pro studijní obor nábytkářství. Informatorium. 2004. 298 s. ISBN 978-80-7333-003-3.
- KRÁL, P. CNC obráběcí centra. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 2008. 79 s. ISBN 978-80-7375-163-0.
- KVIETKOVA, M. Obrábění dřeva. Česká zemědělská univerzita v Praze. 2015. 295 s. ISBN 978-80-213-2604-0.
- LUCIC, R. a spol. The Influence of Wood Moisture Content on the Process of Circular Rip-sawing. Part I: Power requirements and specific cutting forces. In: WOOD RESEARCH. 2004. 49(1):41-49 SCI-Expanded IDS Number: 818QA. ISSN 0012-6136.
- LISIČAN, J. et. al. Teória a technika spracovanie dreva. Prvé vydanie. Zvolen: Matcentrum Zvolen. 1996. 626 s. ISBN 80-967315-6-4.
- MAREK, J. Konstrukce CNC obráběcích strojů IV. MM publishing, s.r.o. 2018 428 s. ISBN 978-80-906310-8-3
- MAREK, J a kol. Konstrukce CNC obráběcích strojů. MM publishing, s.r.o. 2014. 684 s. EAN 9788026067801
- MAREK, J., UČEŇ, O. CNC obráběcí stroje. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010, 103 s. ISBN 978-80-248-2329-4.
- MIKOLÁŠIK, Ľ. Drevárske stroje a zariadenia I. Alfa, Bratislava, SNTL, Praha. 1981.

NOVOTNÝ, L. Analýza nábytkových CNC obráběcích center v návaznosti na vlastní návrh a výrobu prototypu nábytku uzpůsobeného pro výrobu na CNC (Diplomová práce) LDF MENDELU Brno, 2015. 106 s.

NUTSCH, Wolfgang. Konstrukce nábytku-nábytek a zabudované skříně. Grada. 2012. 408 s. ISBN 978-80-247-4244-1

OVERBY, A. CNC Machining. Building, Programming, and Implementaion. 1st ed. New York: McGraw-Hill Professional Publishing. 2010. 272s. ISBN 0071623019.

ROHRBACHER, G a kol. Design for CNC. O'Reilly Media, Inc, USA 2017. 350 s. ISBN 9781457187421.

SVOBODA, E. Technologie a programování CNC strojů. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 100 s. Učebnice pro odborné školy. ISBN 80-7200-297-x.

ŠTULPA, M. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura. 2006. 123 s. ISBN 80-7300-207-8.

ŠTULPA, M. CNC: programování obráběcích strojů. Praha. Grada Publishing. 2015. ISBN 978-80-247-5269-3.

WAGNER, F. Technika a programování NC strojů. 2., durchges. Aufl. Překlad: Jiří Dvorský. Praha: Wahlberg, 1994. 88 s. ISBN 80-901-6575-3.

Dřevařský magazín 6/2016, autor Radomír Čapka.

### **Elektronické zdroje**

FOREJT, M. 2010. Obecný úvod do problematiky CNC programování. SPV PBS Velká Bíteš, [online]. [cit. 2017-11-08], Dostupné z: [http://www.sosbites.cz/images/stories/VUKOV\\_TEXT\\_-\\_1.ST.pdf](http://www.sosbites.cz/images/stories/VUKOV_TEXT_-_1.ST.pdf).

POLÁŠEK, J. 2007 Číslicově řízené stroje. Kopřivnice, [online]. [cit. 2017-10-10], Dostupné z: [www: http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U31\\_Cislicove\\_rizene\\_stroje.pdf](http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U31_Cislicove_rizene_stroje.pdf).

POLZER, A. 2009 Technický týdeník. Vzdělávání pro praxi: Akademie CNC obrábění. Praha, [online]. [cit. 2017-10-25], Dostupný z: <http://www.techtydenik.cz/akademie.php?part=1>

BERAN, S. 2011 Rover a Edge – Olepování nepravidelných tvarů na CNC centrech. Dostupný z <https://www.drevvari.cz/content/flyers/f055447fab6d.pdf>