

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav nábytku, designu a bydlení

**Analýza CNC spojů využívaných v nábytkářském
průmyslu**

Diplomová práce

Přílohy: CNC spoj

Prohlašuji, že jsem tuto práci:.....

.....

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

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

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

V Brně dne:

.....

podpis

„Uvědomit si rozsah své neznalosti vyžaduje značnou míru vědění.“

Thomas Sowell

Poděkování:

Rád bych poděkoval Ing. Milanu Šimkovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné připomínky k mé práci, Ing. Vítu Novákovi, Ph.D. za pomoc s vyhotovením vzorku, rodině za psychickou podporu a dále mým spolužákům a známým za pomoc při realizaci průzkumu a v organizačních věcech.

Použité termíny

V práci se často opakují některá, ne úplně běžná, slovní spojení popisující zaměřenou technologii. Mnoho z nich vychází z cizích jazyků, především pak z angličtiny. Pro lepší orientaci v práci je zde uveden výpis některých pojmů zmíněných v práci. Tyto pojmy jsou zde uvedeny také proto, že překlad do českého prostředí zatím často není úplně rozšířen a případné české pojmy jsou chápány spíše intuitivně.

CNC nábytek / CNC furniture – stěžejní pojem zastupující skupinu produktů, jež jsou vyrobeny za pomoci CNC technologie. S tímto termínem operují výrobci i designéři hlavně v zahraničí. V ČR se jedná o netradiční slovní spojení.

CNC spoj - spoj optimalizovaný pro výrobu na CNC strojích. Nejběžnější produkce je realizovaná pomocí CNC obráběcích center či routru a to třískovým obráběním. Spoj je však možné vyrábět i laserem nebo vodním paprskem.

Cradle to Cradle – zkráceně C2C je filozofický systém nahlížení na materiály jako na biologické či technické prvky. Cílem C2C je pak tyto prvky znovu používat v jiných výrobcích a šetřit tak energii, zlepšovat vodní i uhlíkovou stopu produktů aj. Jedná se o alternativu k systému *Cradle-to-grave*, jež materiály na konci své životnosti neobnovuje, ale likviduje.

Digital joint – obecná skupina počítačově zpracovaných spojů, které mohou být přímo odeslány do obráběcího stroje, 3D tiskárny či podobného výrobního zařízení.

Green customers – Zákazníci, jež se při výběru zboží na trhu rozhodují i podle ekologických vlastností daného produktu.

Homogenní spoj – ke spojení dílců je využit pouze jejich hlavní materiál. V případě nábytku je zde tedy absence kování i lepidel.

Konvenční spoj – běžně chápáný spoj u materiálu na bázi dřeva. V této práci představuje hlavně spoje lepené nebo opatřené kováním.

LCA – *Life-cycle-assessment* je analytický nástroj výpočtu možných environmentálních dopadů produktů, jež zohledňuje celý životní cyklus zkoumaného předmětu.

LCI – *Life-cycle-inventory*. Tvoří podkladovou databázi pro LCA/LCIA pro stanovení a interpretaci vlivu na životní prostředí zkoumaného výrobku. Zpracovává veškeré vstupy a výstupy z produkce zahrnující základní materiál, energie, vodní a uhlíkové stopy, emise aj.

Metagrobologie – původem francouzské slovo, dnes obor zabývající se hlavolamy.

NTR nábytek – zkratka slov *no-tool-required*. Zde se nejedná jen o dřevěný nábytek, ale o jakékoliv mechanismy, ke kterým není zapotřebí žádného nářadí nebo pomocných součástí. NTR v případě CNC nábytku znamená mimo jiné i absenci lepidel.

Open source – v principu se jedná o volně distribuovatelný a modifikovatelný obsah. Licence tohoto typu jsou schvalovány organizací *Open Source Initiative*. Každý projekt, který užívá jednu z open source licencí, tedy musel projít schvalovacím procesem.

RTA nábytek – akronym zastupuje anglické heslo *ready-to-assemble*. Moderní fenomén v nábytku, který je montován uživatelem. Koncept RTA nábytku však vznikl již na přelomu 40/50 let minulého století. Na principu uživatelské montáže staví i známá firma IKEA, která uvedla svůj první demontovaný nábytek v roce 1956.

Jméno studenta: Bc. Martin Gajdoš

Název práce: Analýza CNC spojů využívaných v nábytkářském průmyslu

Abstrakt: CNC spoje představují netradiční způsob spojování materiálů. Práce se zaměřuje na analýzu tohoto spoje a to od vybraných historických souvislostí přes filozofii a reálnou situaci až po nové produkční směry postavené na této relativně nové technologii.

Toto informační spektrum je v praktické části doplněno o popis některých dalších znaků CNC spoje, jako jsou pohledové vlastnosti nebo vlivy koexistence více spojů ve výrobku. Na tyto podklady navazuje dotazník určený výrobcům nábytku zkoumající jejich postoj k těmto spojům. Dotazník by měl přispět k objasnění míry konkurenceschopnosti spoje a ochoty výrobců zavést filozofii CNC spojování do své výroby. Vyústění všech shromážděných poznatků představuje autorem realizovaný vzorek složený ze čtyř typických CNC spojů frézovaných na CNC obráběcím centru. Realizace vzorku pomůže zjistit náročnost produkce výrobků založených na tomto spoji, a to nejen materiální a ekonomickou, ale i znalostní.

Práce obsahuje tematický literární přehled, analýzu vybraných vlastností spoje, dotazník s vyhodnocením a interpretací výsledků, popis výroby vzorku čtyř CNC spojů a v poslední části pak shrnutí výsledků a možností CNC spoje ve vztahu k nábytku.

Klíčová slova: CNC spoj, CNC nábytek, homogenní spoj.

Student's name: Bc. Martin Gajdoš

Title of thesis: Analysis of woodworking CNC joint used in the furniture industry

Abstract: CNC joints represent a non-traditional way of connecting materials. The work focuses on an analysis of the connections in the view of selected historical context, the philosophy and the real situation, as well as new production lines based on this relatively new technology.

Additionally, other characteristics of CNC connection, such as aesthetics properties or effects of multiple joints coexistence in a product, are described in practical part. These documents are followed by a questionnaire for producers of furniture which explores their attitude to these joints. The questionnaire should help to clarify the ability of the joint to compete on the market; and the willingness of manufacturers to implement the philosophy of CNC joinery into its production. The author produced a sample consisting of four typical CNC connections, milled on a CNC machining center as an outcome of all the collected knowledge. The production of the sample will help to determine material, economic and also skill demands of product manufacturing which are based on this connection.

The work contains a thematic literature review, an analysis of selected properties of the connection, a questionnaire, its evaluation, results interpretation, and description of the CNC joints sample production.

The last part summarizing the results and CNC joint potential in relation to the furniture.

Key words: CNC joint, digital joint, CNC furniture.

OBSAH

1. Úvod	11
1. Dřevo jako materiál	13
1.1. Aglomerované materiály - výběr	14
2. Konvenční dřevěné spoje	18
2.1. Základní spoje	18
2.2. Specifické spoje	21
3. Filozofické podklady CNC spoje	22
3.1. Japonsko – kde dřevo má duši	22
3.1.1. Konstrukční proporce	23
3.1.2. Nástroje	24
3.1.3. Spoje	25
3.2. Nomádská kultura	28
3.2.1. Nomádský nábytek	29
3.2.2. Průnik s CNC technologií	30
3.3. Skládačky	31
4. NC a CNC technologie	34
4.1. Specifika CNC technologie	36
4.2. Historie NC	38
4.3. Nové cesty	41
5. CNC spoj	45
5.1. Cílová skupina	45
5.1.1. Zelení zákazníci	45
5.2. Klady a zápory CNC technologie	47
5.2.1. Materiál	48
5.2.1.1. Odpad	49
5.2.1.2. Homogenní spoj	51
5.2.2. Pevnost a tuhost	52
5.3. Praktické příklady	53
5.3.1. Ukázky CNC spoje	53
5.3.2. Ukázky nábytku	59
6. Praktická část	65
6.1. Analýza vybraných vlastností CNC spoje	65

6.1.1.	Estetická stránka spoje.....	65
6.1.2.	Tuhost konstrukce CNC nábytku.....	67
6.1.3.	Příklad LCI pro výrobek na bázi dřeva.....	69
6.1.3.1.	LCI analýza	70
6.1.3.2.	Výsledky příkladu	71
6.2.	Dotazník	72
6.2.1.	Cíl praktické části	72
6.2.2.	Metodologie	72
6.2.2.1.	Provedení práce	73
6.2.2.2.	Zpracování výsledků	73
6.2.3.	Výsledky dotazníku	74
6.2.3.1.	Charakteristika respondentů:	74
6.2.3.2.	Vyhodnocení.....	74
6.2.3.2.1.	Obecné vlastnosti CNC spoje.....	77
6.3.	Vzorek	81
6.3.1.	Poznatky a výsledek.....	82
7.	Diskuze	85
7.1.	Dotazník	85
7.2.	Vzorek CNC spoje	87
8.	Závěr.....	88
9.	Summary.....	90
10.	Prameny a literatura.....	91
	Příloha:.....	102

1. ÚVOD

Do nového tisíciletí přišla elitářská společnost orientovaná na konzum, rychlý prožitek a pohodlí. V rámci toho posouvá hranice užítkování světového potenciálu primárně v hmotné sféře. Ukazuje se však, že pokud nebudeme brát v potaz pravou hodnotu materiálů, kontext a jejich vlastní životní cykly, brzy se dobereme neočekávaného konce.

Tato práce se zaměří na materiál tisíce tváří, na materiál, který nás provází celou naší existencí. Dřevo je stejně tak nedílnou součástí naší existence jako třeba půda. Přece se však využívání dřeva ve světě povětšinou drží základních vlastností a konvenčních aplikací tohoto materiálu. Prakticky již ve starověku znalo lidstvo všechny běžné druhy nábytků a základních dřevěných spojů, které používáme dodnes.

Po průmyslové revoluci měla společnost připravenou půdu pro automatizování výroby, zrychlení procesu spojování a produkování výrobků s totožnou kvalitou. V tomto trendu dodnes pokračuje. Jednostranné zkracování výrobních časů, zvětšování výrobních sérií a zaručování plošně neměnné vysoké bezpečnosti mělo za následek přesycení trhu výrobky. To zapříčinilo vznik reakčních teorií jako plánované zastarávání, ekologické pojetí výrobků, systémy C2C aj. Výše zmíněná situace se na svět dívá jednoduchým konzumním způsobem, teprve až teď si člověk snaží materiály natáčet do různých úhlů a hledat jejich jedinečné a ušlechtilé vlastnosti. To dává prostor objevit celou škálu hodnotných vlastností, mezi kterými si můžeme vybrat právě ty ušité momentální světové situaci na míru. Tyto pohledy nám ukazují, že dřevo není jen materiál určený ke spalování, stavění domů a nábytku, ale že se z něho dají vyrábět oděvy, kostní implantáty nebo že se dá po úpravě třeba i jíst.

Následující text nebude mířit tak vysoko. Zaměří se blíže na nábytkářské spoje vyráběné za pomoci stále narůstajících a přístupnějších možností NC technologií, primárně třískovým obráběním - frézováním. Tento nábytkářský spoj nesjednocuje pouze nábytek, ale i konzumenta s producentem, respektive zákazníka s výrobcem. Rýsuje se tak vztahový trojúhelník, který v práci postupně projde detailnější analýzou. Základním bodem je CNC spoj. Jedná se o takové spojení materiálu, které v čisté formě nepotřebuje cizích spojovacích elementů a je tedy mimo jiné nenáročné na likvidaci, tedy zlepšuje celkový ekologický obraz výrobku. Hypotézu o lepším ekologickém profilu se pokusí

ozřejmit teoretický příklad v práci uvedený. Práce se také pokusí nastínit některé možné cesty, kterými by se mohla produkce postavená na spoji ubírat. Pro tento cíl je potřeba zjistit silné a slabé stránky spoje. Jelikož se však o šíření CNC spoje musí zasadit výrobci nábytku, zamíří některé otázky na tuto problematiku přímo jim. S orientací do praxe pak autor práce zúročí nabyté vědomosti v praktické ukázce výrobou CNC spoje. Cílem je tedy zachytit posun konvenčního spoje pod vlivem nové filozofie plynoucí z CNC automatizace.

1. DŘEVO JAKO MATERIÁL

Dřevo kopíruje vývoj naší civilizace a v našich podmínkách představuje lehce dostupný a obnovitelný zdroj materiálu. V nábytku zastává nezastupitelnou funkci, a to jak v podobě rostlého dřeva, tak aglomerovaných materiálů. Následující řádky tuto surovinu blíže přiblíží a uvedou materiály na dřevěné bázi, jež se pro účely CNC spoje dají použít.

Dřevo je materiál minulosti, současnosti i budoucnosti. Vznik vyšších rostlin se datuje do období před 300-400 mil. lety. Z původních kaprad'ovitých rostlin se vyvinuly jehličnany. Nejstarší stromy dosahují stáří až 5 tis. let. Nejvyšší změřený strom dosahuje výšky 135 m. V materiálovém světě exceluje svým poměrem objemové hmotnosti a vysoké pevnosti. Dále vyniká svými dobrými izolačními vlastnostmi, je lehce obrobitelné, lehce se likviduje a jako materiál má příznivý vliv na psychiku člověka. Mezi obecně nežádoucí vlastnosti masivního dřeva patří hygroskopicitá (s tím spojená následná změna proporcí) a nehomogenita, tedy různorodost struktury, kvality a vlastností, dále pak anizotropie (např. mechanické vlastnosti v podélném směru několikanásobně překračují hodnoty pro příčný směr) a jako stigma přírodního materiálu - náchylnost k biologickým škůdcům. (Böhm, 2012)

Dřevo je vrstevnatá vláknitá hmota stonků, která tvoří u vzrostlého stromu 70-90 % objemu. Vykazuje anizotropní vlastnosti, které se v praxi nahrazují ortotropním modelem. Z tohoto důvodu rozeznáváme tři základní směry ve dřevě – příčný, radiální a tangenciální. Tyto směry řádově ovlivňují hodnoty především mechanických vlastností dřeva. Dále je potřeba rozdělovat dřevo kmene na jarní a letní lišící se fyzikálně mechanickými vlastnostmi. Jádru, bělu a vyzrálé dřevo také nesterjně reagují na okolní vlhkost. Dřeňové paprsky, skvrny, pryskyřičné kanálky a cévy též modifikují mechanické vlastnosti. (Zkoušení stavebních materiálů a výrobků, 2010)

Hustota dřevní hmoty je stejná pro všechny dřeva, resp. dřevotvorné složky. Hustota celulózy je 1580 kg/m², u ligninu o něco nižší – 1400 kg/m². V přírodním stavu se dřevo pohybuje v rozmezí od 90 kg/m³ v případě Balsy do 1350 kg/m³ u Guajaku posvátného (při 12% relativní vlhkosti). Obecně se dřevěný materiál dělí na dřeva měkká, tvrdá, tropická, ostatní a dřevěné kompozity. (CES Edupack, 2013)

1.1. Aglomerované materiály - výběr

Pro zamýšlené CNC spoje jsou podstatnou vstupní složkou aglomerované materiály. Později budou rozebrány různé druhy materiálů, ze kterých se dají spoje vyrábět. Stěžejní základ však tvoří následující, pro nábytek typické, materiály.

Spárovka – aglomerovaný materiál odbourávající rozměrové omezení masivního dřeva. Co do vlastností v rámci spojů se v principu shoduje s masivem.

DVD – jsou dřevovláknité konstrukční desky. Vyrábí se mokrou (bez lepidla) nebo suchou (s lepidlem) cestou a dělí se dle tvrdosti a objemové hmotnosti na ULDF, LDF, MDF, HDF a extra tvrdé DVD. V nábytkářství se používají hlavně středně tvrdé a tvrdé dřevo vláknité desky. Vyrábí se z odpadu jehličnatých dřevin a v rámci použití stále více nahrazují DTD desky. V omezené míře se do nich dají frézovat elementy použitelné při bezlepidlových spojích. (Hrázský, 2007)

Překližované materiály – představují skupinu materiálů zahrnující překližky, laťovky dýhovky, jádrové desky, složené desky (voštinové a likusové) a vrstvené dřevo. Mimo plošné formáty se vyrábí i překližované trubky o průměru 50 – 400 mm.

Pro zamýšlený spoj je nejvýznamnějším materiálem právě typický zástupce překližovaných materiálů, a to překližka. Překližka je zhotovena z loupaných či krájených dýh. Vyrábí se v základních formátech o velikosti až 2500 x 1250 mm. Třívrstvé překližky mají typickou tloušťku 3-6 mm. Pěti a vícevrstvé formáty se produkují v nejčastějším rozmezí 6-15 mm. Speciální letecké překližky začínají už od 0,8 mm. Na překližku se používají nenákladné nebo nevýrazné dřeviny. Listnaté (BK, BR, TP, OL) pro překližovačku, tedy dýhu na svrchní vrstvy, v tloušťkovém rozmezí 1,2 - 3 mm a jehličnany (BO, SM/JD) pro středové vrstvy, tzv. vložky či vodovzdorné překližky tlusté 1,8 - 4 mm. Obecně se dá říct, že nižší hustota a nerovnosti povrchu snižují pevnost výsledného produktu. Mechanické vlastnosti a tudíž i použití se liší v rámci průběhu vláken jednotlivých vrstev a pochopitelně i druhu zvolené dýhy. Hustota překližek je o 10 – 15 % větší než výchozí suroviny, a to v důsledku lisování. Vliv dřeviny na mechanické vlastnosti ukazuje tab. 1. V závislosti na průběh vláken vrchní vrstvy rozeznáváme překližky podélné, kdy jsou vlákna rovnoběžná s delší stranou, a překližky příčné. Této charakteristiky se dbá při výrobě složitých spojů, např. ozubu, kdy se elementy spoje frézují do podélného směru, aby nedošlo k vyštípávání svrchní vrstvy.

Rozeznáváme překližky truhlářské, obalové, stavební a letecké, z čehož plyne i použití. (Král, 2005)

Tab. 1 - vliv dřeviny na mechanické vlastnosti PDP

Dřevina překližky	Relativní poměr mech. vlastností
BK	100 %
SM/JD	76 %
BO	74 %
TP	61 %

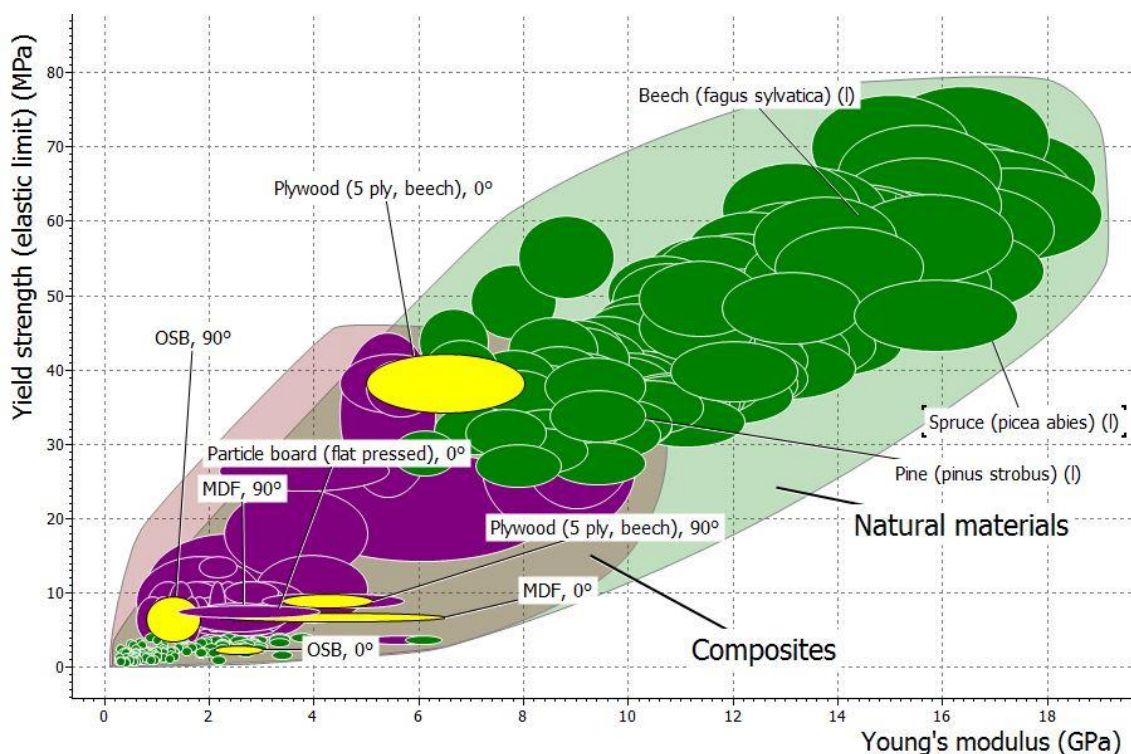
OSB – třívrstvé desky s orientovanými třískami vynalezené v 80. letech na základě tehdy existujících desek Waferboard. Mezi další varianty patří Triboard s dřevovláknitou povrchovou vrstvou. V některých fyzikálně-mechanických vlastnostech se blíží překližkám, jsou však levnější a méně náročné na surovinu. Výťažnost základního materiálu se u OSB pohybuje nad 80 %, zatímco u PDP nebo řeziva mezi 40 – 60 %. Hodnoty mechanických vlastností jsou však v podélném směru, tj. ve směru výrobního toku, 2 až 2,5x větší než v příčném. Na výrobu desek se v našich končinách používají hlavně jehličnany, a to SM a BO. Dřeviny by měly mít hustotu mezi 350 – 700 kg/m³. Rozdělení OSB desek podle mechanických vlastností a předpokládaného použití je uvedeno v normě ČSN EN 300. Zde se hovoří o čtyřech typech. Pro interiéry a suché prostředí je zamýšlena OSB/1. Zbylé tři typy jsou konstrukční nosné desky používané hlavně ve stavebnictví, ale i pro konstrukci beden a palet. V nábytkářství by se daly najít u koster či přímo korpusů. (Hrázksý, 2007)

Tab. 2 ukazuje vybrané hodnoty mechanických pevností pro výše popsané aglomerované materiály. Hodnoty jsou převzaty z programu CES Edupack (2013).

Tab. 2 - Mechanické vlastnosti vybraných materiálů

KP DŘEVO	Jednotka	PDP BK 5vrstev II	PDP BK 5vrstev I	MDF	OSB
Hustota	kg/m ³	700-800	700-800	700-800	550-750
Modul pružnosti v tahu	GPa	5,0-8,0	3,4-5,1	1,4-6,5	0,8-3
Mez úměrnosti	MPa	34,4-42,1	8,1-9,9	6,4-8,3	2,1-9,6
Pevnost v tahu	MPa	45-70	30-45	9,0-12,0	3,5-16,0
Pevnost v ohybu	MPa	70-100	30-45	8,5-27,0	12,0-50,0
Houževnatost	MPa*m ^{0,5}	0,5-1	0,5-1	0,5-2,0	0,5-2,0

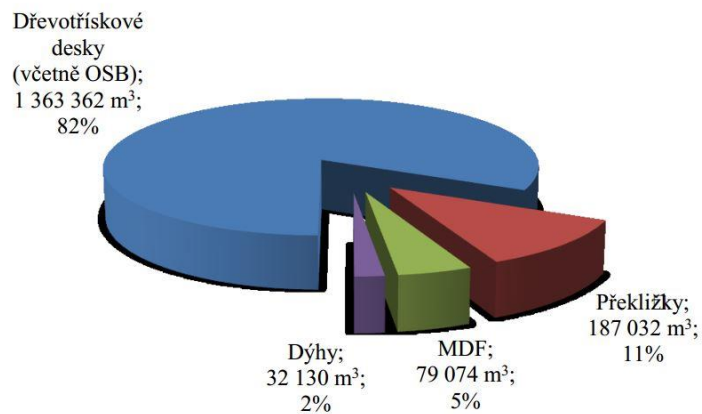
Pro zamýšlené konstrukční opracování materiálů jsou důležité jejich mechanické vlastnosti. Obr. 1 uvádí vzájemnou závislost modulu pružnosti a meze úměrnosti materiálů při 12% vlhkosti. Vyobrazené hodnoty představují zatížení v tlaku, a to ve směru vláken. Kombinace těchto dvou veličin je důležité optimalizační kritérium při dimenzování spoje v závislosti na materiálu. Zelená oblast referuje o rostlém dřevě zahrnující měkké i tvrdé dřeviny vyjma tropických dřev a speciálních dřev (palma, bambus aj.). Fialové buňky reprezentují kompozitní materiály na bázi dřeva. Žlutou barvou jsou pak zvýrazněny kompozitní materiály, které jsou možné užít na CNC nábytek a které byly výše popsány.



Obr. 1 - Závislost modulu pružnosti na mezi úměrnosti

Z grafu je na první pohled patrný rozdíl mezi rostlým dřevem a aglomerovanými materiály co do kvality těchto základních mechanických vlastností. Jistý přechodný prvek tvoří překližka, která dokáže suplovat mechanické vlastnosti i při odstranění některých nedostatků rostlého dřeva.

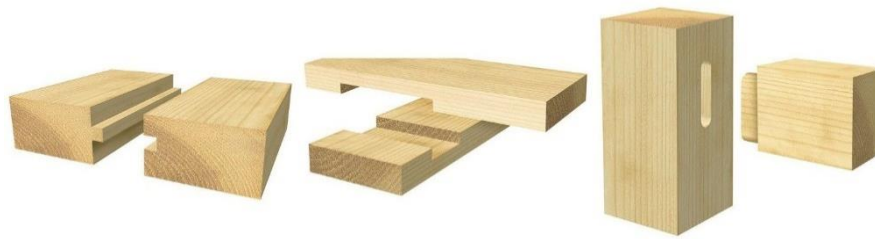
Výroba aglomerovaných materiálů měla na našem území poměrně velký význam. Již v první polovině 20. stol se u nás začaly vyrábět aglomerované materiály jako reakce na dřevní odpad, který ve druhé polovině téhož století prakticky vymizel. Obr. 2 uvádí pro představu rozložení produkce v ČR v roce 2010. (Böhm, 2014, s. 24)



Obr. 2 - Produkce aglomerovaných materiálu v ČR 2010

2. KONVENČNÍ DŘEVĚNÉ SPOJE

V následujících odstavcích jsou uvedeny základní typologické spoje dřevěných konstrukcí se zaměřením na nábytek. Některé jsou vyobrazeny na obr. 3. Tato kategorizace poslouží jako startovní pozice pro analýzu a řazení CNC spojů. Umožní sledovat návaznosti a případný vývoj filozofie spojování dřevěných materiálů. V této rešerši budou přeskočeny spoje opatřené kováním.



Obr. 3 - Základní dřevěné spoje. Zleva pero-drážka, přeplátovaný spoj, čep a dlab

Kvalitní tradiční a nejstarší spoje, které pracovaly s tvarem materiálu, patřily do tesařské branže. Tesařina je stavebnické řemeslo, avšak v historii i tesaři vyráběli obvyčejnější kusy nábytku. U oken, dveří a nábytku pak mluvíme o truhlářství. Mimo používání lepidel a kovových spojovacích prostředků se důmyslným provedením dalo docílit homogenního spoje. Jednalo se však v zásadě o pracnou technologii vyžadující spoustu času a kvalitní nástroje. Obecnou nevýhodou spojů je, že oslabují konstrukční prvky, proto je potřeba předimenzovat množství materiálu. Joščák (1999) uvádí, že pevnost spoje k samotnému materiálu je běžně v rozmezí 10 – 30 %.

Podle Rázla (2014) rozeznávají tesařské spoje tři druhy vazeb. Podélné (nastavování), příčné (sdužování) a zesilovací. Tyto patří do kategorie poddajných spojů, jež vhodným způsobem využívají mechanických vlastností dřeva.

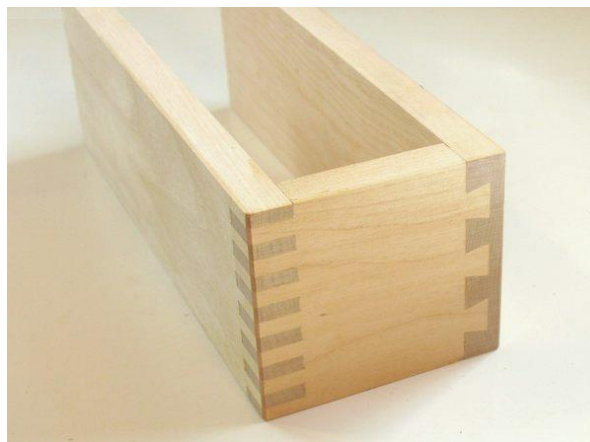
2.1. Základní spoje

Následující spoje popisuje Kodýdek (2014)

Dřevěné Kolíky/hřebíky – dřevěný kolík má na rozdíl od hřebíku ve své délce stejný průměr. Hranaté kolíky nevyžadují přídavek lepidla. Při stříhovém namáhání se samy utáhnou. Původním použitím kolíků bylo zajištění jiného spoje. K tomu postačily jako

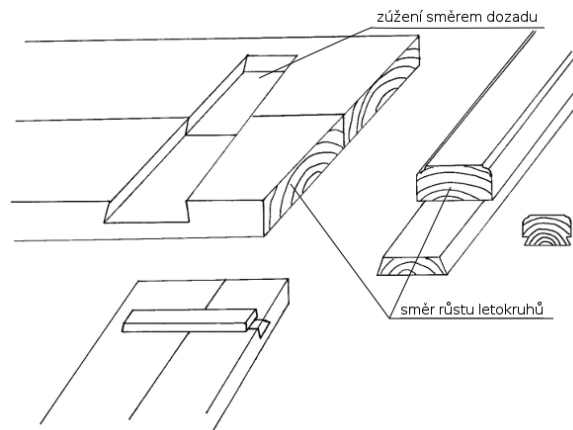
materiál kolíku polotvrde dřeviny. Samostatný kolíkový spoj se vyvinul před několika stoletími. Dnes se jedná o nejpoužívanější spoj v nábytku a vyrábí se již výhradně z tvrdých dřevin. Starší způsob spojování tvoří dřevěný hřebík z polotvrdých dřevin nebo přímo z dřeva hlavního materiálu výrobku. Hlavní výhodou je, že materiály reagovaly na vnější podmínky, primárně vlhkost, stejným způsobem, tudíž nedocházelo k uvolňování spoje jako v případě kovového hřebíku.

Ozuby, rybina – doložené použití pochází již ze starého Egypta. Existuje ve formě otevřeného, polokrytého a celokrytého spoje. Kromě poslední zmíněné varianty se dnes, díky své pracnosti, používají spíše jako dekorativní prvek (obr. 4). Ozuby se dělají primárně v podélném směru kvůli vytrhávání materiálu. Při strojové výrobě jsou jednotlivé elementy spoje oblé, což vychází z technologického omezení ozubovačky (s výjimkou diskových fréz). Takovýto spoj v některých směrech vykazuje dokonce lepší mechanické vlastnosti.



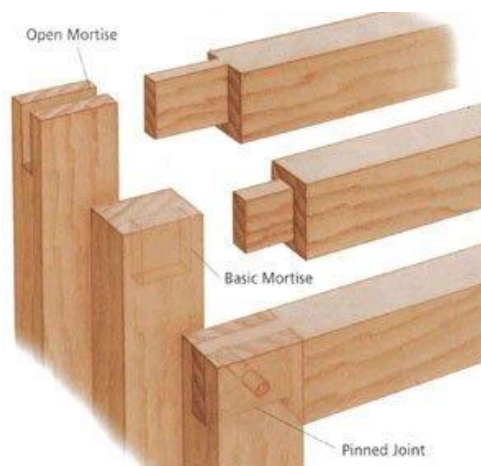
Obr. 4 - Ozuby a polokrytý rybinový spoj

Svlak – spoj zhodnocující vlastnosti dřevěného materiálu. Využívá rybinové drážky, tedy drážky, která se rozšiřuje s hloubkou. Správně aplikovaný svlak se sesycháním utahuje. Je tedy potřeba pohlídat správný směr letokruhů u svlakovací lišty. Takto vyrobený spoj se nikdy nelepí. Dílec by se mohl vlivem změny vlhkosti pokroutit, či potřhat. Správná aplikace je ilustrovaná na obr. 5.



Obr. 5 - Svlakový spoj s ideálním průběhem letokruhů

Čep a dlab – klasický spoj rámových konstrukcí (obr. 6). Existuje ve variantách „skrytý“ a „průběžný“. Jednoduchý spoj se lepí. V případě suché aplikace se zajišťuje příčným kolíkem, nebo vsunutím klínku. Podobným spojem je čep a rozpor. S aplikací příčného kolíku tvořil rozebíratelný spoj, který se používal např. u rámu oken.



Obr. 6 – Čep a rozpor, čep a dlab, čep a rozpor s kolíkem

Pero a drážka – běžně používaný plošný spoj. Předchůdcem je starý spoj paz neboli pažení (viz šindel). Oba elementy pero-drážky se buď vytvoří přímo z dílců nebo se použije vložené pero. Variace tvarů spoje jednak fixuje, vytváří dekorace, ale také zamezuje tvorbě průhledných mezer. Obdobou tohoto principu je polodrážka u obou dílců. Jinou variantu tvoří kombinace - čep a pero, běžná u spojování starších židlí. Tento spoj fixuje širší dílce v rámových konstrukcích.

Překlátovaný spoj – tak jako většina spojů i překlátovaný spoj má původ v tesařském řemesle. Není tak pevný, jako ostatní spoje, ale je jednoduchý na výrobu. Téměř vždy je

vyžadováno spoj opatřit lepidlem. Mezi varianty patří i přeplátovaný spoj na pokos, jenž je o něco pevnější než klasický pokos.

2.2. Specifické spoje

Stará řemesla znají množství speciálních spojů, jež už jsou dnes postupně vytlačeny díky velké kvalitě lepených spojů nebo kování. Dnes se přirozené vlastnosti dřeva standardizují a vyrovnávají, což zjednodušuje i škálu dřevěných spojů. CNC technologie bezlepidlového spoje však některé klasické spoje může opět vzkřísit a využít jejich výrazný potenciál. Následující netypické spoje uvádí Kodýdek (2014).

Hmoždík – též mašle, je pomocný spoj plošných dílců zabraňující tvorbě spár (obr. 7). Mimo klasický viditelný spoj se využívá i skrytý, obdobný vloženému peru, který však neprochází celou délkou dílce a musí se provázat kolíkem v příčném směru. Při sesychání dochází k pevnějšímu spojení.

Čep s tažným klínem – klasický spoj lidového nábytku tvořený průběžným čepem a klínkem (obr. 8). Spoj se nelepí, je rozebíratelný a v případě seschnutí a uvolnění se jednoduše utáhne větším zaražením klínku.



Obr. 7 - Typický hmoždík



Obr. 8 - Průběžný čep a dlab s klínkem

Svlakový plát – tento již zapomenutý spoj se používal hlavně v renesanci a baroku. Představuje kombinaci přeplátovaného a svlakového spoje zajištěného kolíčkem. Tímto seskupením spojovacích principů se získává samosvorný a pevný spoj.

3. FILOZOFICKÉ PODKLADY CNC SPOJE

Jelikož je CNC spoj závislý na stejnojmenné technologii, je těžké hledat přímé historické návaznosti mimo samotný vznik NC obrábění. Některá specifika této výroby, o kterých bude řeč dále, vesměs nemají historické opěrné body. Jisté nitky však může poskytnout filozofie spojování. Vnímání spoje se totiž mezi různými kulturami významně liší. Jako historický kontext k CNC spoji bylo vybráno Japonsko, které se v historii zabývalo systémy spojování tzv. *homogenním spojem*. Toto spojování bylo rozšířené i v Evropě. Např. největší dřevostavba bez spojovacích prostředků - *Preobraženský chrám*, leží v Karélii. Díky četným válkám na kontinentu se neudržela návaznost. Složitě homogenní spoje se tak daleko rychleji nahradily jednoduššími konvenčními protějšky. V této části práce pak bude nastíněna i filozofická větev nahlížení na nábytek, ve které by se mohl CNC spoj velice dobře uplatnit a cíleně se rozvíjet. Touto oblastí bude nomádský nábytek. A do třetice se zde uvedou výstupy *metagrobologie* – dřevěné hlavolamy.

3.1. Japonsko – kde dřevo má duši

Japonsko, neboli země vycházejícího slunce, je císařský ostrovní stát ve východní Asii. V Japonsku není náboženství zásadní společenský rys. Nejvýznamnější je však zenbuddhismus a šintoismus (tělesná i mravní čistota). Oba náboženské směry se vyznačují úzkým vztahem k přírodě. V Japonsku byly šířeny myšlenky Konfucia - skromnost, oddanost, snaha o harmonii, úsilí řešit problémy aj. (konfucianismus - čínská filozofická škola z 6. stol př. n. l.). Tyto se projevily nejen v mezilidských vztazích, ale i v ekonomice a přístupu společnosti ke svému okolí (příroda a výrobní produkce). Japonský fenomén je poznávat a osvojovat si nejnovější technologie a postupy jakéhokoliv oboru. Na japonských ostrovech se také rozkládá přes 50 činných sopek. (Chování, 2014)

Japonsko má ve dřevostavbách a obecně v práci se dřevem dlouhou tradici. Vychází to i z přirozeně se vyskytujících surovin na japonských ostrovech. Zatímco v nedaleké Číně jsou kvalitní jíly a kamení. Japonsko bylo svého času dost zalesněné. O tom, jak Japonci ovládli umění práce se dřevem, svědčí stavby jako *Horyu-ji* (obr. 9 – budhistický chrám s pěti patrovou pagodou), *Toshodai-ji* nebo *Shin-Yakushi-ji* (7/8 stol.), přestože do

7. stol zde byly většinou kamenné stavby. Vyobrazený chrám je postaven bez použití lepidel nebo kovových spojovacích prostředků.



Obr. 9 – Komplex Horyu-ji: Kondo a Gojunoto

Japonci se ze začátku se orientovali na maximální využívání dobrého dřeva, to však po čase došlo, tudíž byli nuceni naučit se pracovat i se zkrouceným dřevem. Dřevěné stavby s malou hmotností byly schopny odolávat i častému zemětřesení, se kterým se Japonci vlivem časté sopečné činnosti potkávali. Další zajímavou skutečností, která napomohla rozvoji dřevostaveb, je, že tamní dřevo odolává biologickým škůdcům. Mezi nativní dřevo patří borovice, cedr a cypřiš. Japonské počasí vyhovovalo dlouhým rovným jehličnanům. V brzkých dobách se sem však importovaly druhy, jako týk, santal, eben, filipínský mahagon, bambus a další. Japonci dřevo téměř až nábožensky vyznávali, věřili v ducha *kodama* žijícího ve stromech. Díky tomu se úspěšně dařilo lesy obnovovat. Dnes jsou japonské ostrovy pokryté ze 70 % lesy. Je to jeden z mála národů, který dokázal své bohatství kvalitativně uchovat. (Seike, 1977)

3.1.1. Konstrukční proporce

Učení *kaiwari* definuje ideální proporce ve všech tvořivých disciplínách. Vstupuje tedy pochopitelně i do tesařiny, kde určuje dimenze trámových stojek, jejich rozestupy a proporce střech. Pravidel *kaiwari* je hodně, nejstarší vzniklo kolem 12. stol. *Kaiwari* se zamýšlelo i nad výškou stropu ve vztahu k psychologii prostoru a jestli má být výška ve všech místnostech jednotná (tyto myšlenky zkoumal v Evropě až Le Corbusier.) Nebo

poměr mezi tloušťkou konstrukčních prvků stěn a vlastním prostorem (tyto poměry nabouralo zavádění železobetonových konstrukcí, které mají pevnou tloušťku 20 cm). Při konstrukci se ctily i orientace dřeva v prostoru. Dřevo ze severní části kmene bylo použito na severní straně domu nebo kořenová část v případě nábytku opět jen na spodní díl. Dalším vyústěním bohaté zkušenosti se dřevem jsou dřevostavby odolné vůči požárům. Zajímavý je příklad nejstarší dřevostavby světa známé pod názvem *Golden hall* (r. 679, součástí komplexu *Horyu-ji*), která roku 1949 vyhořela, avšak všechny dřevěné konstrukční struktury zůstaly nepoškozené. Může za to vhodné dimenzování konstrukčních prvků a rozestupy mezi nimi. Řezbářství, zdobení a implementace dekorativních kovů se rozvinula až 16-17. stol. (Seike, 1977)

3.1.2. Nástroje

Japonci nemají pouze nástroje, jsou to *dōgu* neboli tradiční "instrumenty cesty řezbářství". Například, překročit pilu bylo hlubokou urážkou pro vlastníka a ten měl právo náležité odvety. V dnešních dobách však upadají všechny tradiční hodnoty a i *dōgu* vytěšňuje nový rychlo-karierní život a materiální pojetí práce, byť je stále zaměstnání v Japonsku téměř doživotním posláním. Základním nástrojem byla pro starověké Japonce sekera. Za ní pravděpodobně následovalo dláto a palice či kladivo. U chrámů z 8. stol. můžeme změřit tloušťku spáry a vydedukovat, že tehdejší pily měly tloušťku okolo 5 mm. Bylo to dáno zřejmě filozofií pil, kdy se uvažovalo jako o jednotlivých nožích spojených přímkou. Ukázky některých tradičních nástrojů používaných na výrobu nábytku jsou zobrazeny na obr. 10 a 11. (Seike, 1977)



Obr. 10 – Tradiční japonské pily



Obr. 11 – Japonské dláta a hoblíky

3.1.3. Spoje

Na západě se používaly v zásadě jen dva typy spojů - spoj natupo a přeplátovaný spoj. V Japonsku existovaly taktéž dva typy spojů. *Tsugite* - propletený spoj pro délkové nastavování a *shiguchi* - propojovací spoj. Zatímco na západě se klasifikují spoje podle způsobu spojení, Japonsko rozlišuje spoje podle funkce. Japonské spoje mají 2 hlavní vlastnosti - pevnost a estetika, které jsou oba důležité. (Seike, 1977)

Odlišná japonská kultura užívá stovky různých spojů, pro které nejsou na západě ani slovní překlady. Ty jsou aplikované nejen podle mechanických vlastností, respektive směrů zatížení, ale i dle estetických zásad, proporcí a jiných, v Evropě přežitých kritérií. Důležité je však zmínit, že tradiční japonské interiéry nedisponují tak velkým množstvím evropsky chápaného nábytku, jak je zvykem v západních zemích. Interiéry japonských ostrovů byly totiž ovlivněny myšlenkami zen buddhismu, jenž odbourává vše, co není nezbytně nutné. Na druhou stranu je v Japonsku i hrnec nábytkem. (Mihailović, 2009)

Následující příklady uvedou některé významné japonské spoje, jež můžou ovlivnit zkoumaný CNC spoj. Technologie práce se dřevem se tedy hlavně zaměřovala na stavební konstrukce. Komplikované technické spoje byly mnohdy po smontování skryty. Nejobtížnější disciplínou byly rohové střešní konstrukce. Na obr. 12 je vidět příklad takové konstrukce, detail nesloženého spojení na obr. 13 ukazuje skrytou komplikovanost spoje.



Obr. 12 - Japonská střešní konstrukce



Obr. 13 - Detail spojení krovu

Dále vyobrazené spoje již slouží jako inspirace v nábytkářském světě. Na prvním obrázku je výběr ze spojů kategorie *tsugite*, a to *koshikake aritsugi* a *koshikake kamatsugi* (obr. 14). Modely těchto spojů o průřezu 105 x 120 mm zhotovené z černé borovice (MOR - 42 MPa) byly testovány na tahové zatížení. První spoj odolal napětí ekvivalentnímu 480 kg, druhý spoj dokázal přenášet zatížení způsobené zhruba 2 400 kg, tedy pětinasobek první varianty. Ve zmenšené variantě slouží jako předloha pro CNC spoj, viz další kapitoly. (Sumiyoshi, 1991)



Obr. 14 - Koshikake aritsugi a kosikake kamatsugi

Další obrázek znázorňuje často používaný spoj, známý i v Evropě, který přešel z tesařství do nábytku. Tuto konkrétní aplikaci je možné najít u japonských *raku* postelí, viz obr. 15 a 16 (*raku* znamená v překladu pohodlí nebo jednoduchost), nebo u lubů či rámu stolů.



Obr. 15 - Japonská postel *raku*

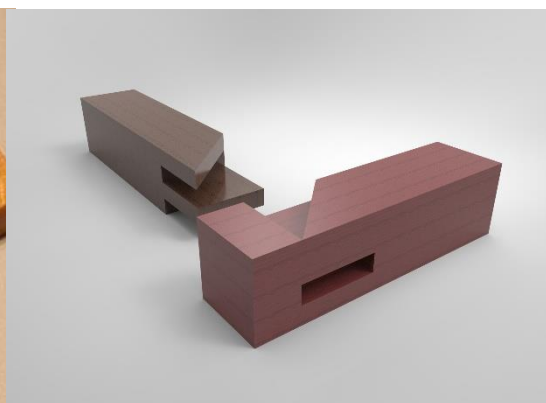


Obr. 16 - Složený stav

Na obr. 17 a 18 je možné vidět dvou a trojdimenzionální variantu japonského spoje čep a dlab se skosenou hranou. V komplexní konstrukci není nutné spoje lepit, neboť se stávají samosvornými. V Evropě se spoj, podobný obr. 18, používal na francouzské napínací rámy obrazů rozšířené v 19. stol.



Obr. 17 – Trojdílná japonská varianta spoje čep a dlab



Obr. 18 - Japonská varianta spoje čep a dlab

3.2. Nomádká kultura

Zatím co se průměrný Čech přestěhuje zhruba dvakrát za život. Na západě jsou podmínky pro změnu bydliště, které umožňují měnit polohu, každých pár let. Primárním hybatelem je výběr práce.

Toto chování tvoří i v moderní společnosti jistý životní styl. Základním chápáním pojmu kočovník neboli nomád, je člověk putující za obživou. Tento způsob života netvoří usedlé zázemí a nepředpokládá hromadění hmotných věcí. Z principu pak nezatěžuje okolí odpadem a antropogenní činnost plynoucí z tohoto způsobu života je většinou environmentem lehce akceptovatelná. Tato teze se více méně odráží ve všech aspektech života daného jedince. Pokud si odmyslíme život po vybavených neosobních hotelech, je potřeba dočasné domácnosti uzpůsobit relativně krátkému trvání. Příklad designu moderního nomádkého nábytku je na obr. 19 od designérů André Pedrini & Ricardo Freisleben pod názvem *arara Nómade*. (Hennessey, 1973)



Obr. 19 - Nomádký nábytek "arara Nomade"

Nomádi se dají rozčlenit do mnoha kategorií. Z pohledu navrhování nábytku jsou nejzajímavější tzv. *digitální* nomádi, tedy lidé, kteří často cestují ať už za prací nebo za zábavou, jsou však neustále ve spojení s virtuálním světem informací prostřednictvím moderních technologií. Dobrovolná volba tohoto nevázaného životního stylu by se dala vhodně vystihnout CNC nábytkem s osobitou filozofií. Podobnou skupinou jsou firemní nomádi. Jejich cesty jsou však v područí zaměstnavatele a typickým bydlištěm jsou plně zařízené hotely. Jistým nomádkým protikladem jsou pak duchovní nomádi. Ti mají buď kulturně náboženské předpoklady nebo je formuje touha po poznání. Typicky se jedná o asketické řády, např. zenoví mniši aj. U těchto skupin se nedá očekávat žádný zájem o zacílené průmyslové produkty. (Eli, 2014)

Je však i spousta dalších kategorií částečných nomádů determinovatelných podle frekvence pohybu, finanční nebo časové závislosti, efektivní vzdálenosti stěhování aj. Na tyto kategorie se dá taktéž zaměřovat s novými technologiemi, neboť předpokládají alespoň partikulární zařazení do běžných společenských systémů a tedy jsou schopni přijímat vhodně podané produkty.

3.2.1. Nomádký nábytek

"To have more by owning less" (Hennessey, 1973)

Základní problém u tradičního nábytku je jeho robustnost, tedy špatná přenositelnost a v zásadě zbytečně vysoká kvalita. První problém byl vyřešen již ve starověkém Egyptě. Svědčí o tom skládatelné židličky typického X-ového tvaru nebo skládací postel nalezená v Tutanchamonově hrobce. Tyto trendy v nábytku přešly volně i do římské říše. Začátek středověku pak přinesl těžké statické, avšak často bohatě zdobené nábytkové kusy, které svojí lehkost začaly znovuzískávat až v období renesance. Druhý problém, tedy zbytečná kvalita, se dá dnes přeložit spíše jako přílišná sofistikovanost a materiálová náročnost. Základem nomádkého nábytku je totiž ekologická zodpovědnost. Ta by měla být obzvláště sledována a zapojována do LCA analýzy výrobku. Nomádký nábytek je totiž již na začátku výroby potenciální odpad. Další prakticky velice důležitou věcí je cena, na kterou se eventuální uživatelé budou orientovat v první řadě. Obr. 20 představuje moderní nomádkou židli *Coshell chair* od japonského designéra Tendo Mokko vyrobenou z ohýbané překližky.



Obr. 20 - Nomádká židle Coshell chair od designéra Tendo Mokko

Nomádký nábytek má podle Hennesseye (1973) také několik zajímavých specifik. Je obvykle konstruován na míru uživatelům a orientuje se na základní potřeby. Další netypickým rysem v porovnání s klasickým nábytkem je surová uživatelská modifikace. Tedy povrchová úprava, zdobení či dočalounění nábytkového kusu koncovým uživatelem. Při uvažování o nomádech jako o cílových zákaznících v oblasti nábytku, je však potřeba pochopit jejich styl života a specifickou kulturu, která se často i dynamicky vyvíjí. Jinak bude vypadat interiér tradiční jurty ze střední Asie a jinak kontejnerový domeček severoamerických moderních nomádů.

3.2.2. Průnik s CNC technologií.

CNC technologie, CNC spoj a plošné aglomerované materiály jsou výtečným předpokladem pro naplnění myšlenek nomádkého nábytku. Na začátku je potřeba stanovit cílové skupiny. Zatímco inspiraci při výrobě nábytku mohou tvořit divoké kmeny, cílovou skupinu je pak potřeba hledat v rozvinutých společnostech. Základním předpokladem je totiž ochota zákazníka koupit produkt. V tomto pojetí se tedy jedná primárně o studenty, *digitální* a částečné nomády. Trvanlivost je uzpůsobená potřebě. Z velké části je tedy možné odbourat precizní povrchové úpravy. Zamýšlený nábytek taktéž nezapadá do rámce norem pro zkoušení pevnosti a trvanlivosti nábytku a to hlavně z pozice cyklického zatěžování.

Technologie CNC spoje s sebou může nést principy NTR, což je v případě nomádského způsobu existence jistě ceněná vlastnost. Potřeby přenášení nábytkových kusů může usnadnit i demontovatelný spoj. CNC výroba tohoto nábytku taktéž zabezpečuje produkci nenáročnou na materiální zdroje a nezávislou od místa. Na internetu i v literatuře je spousta návodů, jak si svépomocí vytvářet nábytek z lehce dostupných zdrojů. S jistou mírou nadsázky by se dalo říct, že uživateli by stačilo nosit s sebou výrobní dokumentaci CNC nábytku na *flash* disku a v aktuálním místě pobytu jen navštívit menší dílnu s CNC routrem, kde by se nábytek zhotovil a byl připraven k okamžitému použití. Na obr. 21 a 22 je ukázka nomádské židle od španělského designéra Jorge Penadése.



Obr. 21 - Nomádská židle od Jorge Penadése



Obr. 22 - Složená nomádská židle

3.3. Skládačky

Nanejvýš inspirativním oborem pro bezlepidlový nábytek jsou dřevěné hlavolamy. Vytváření a řešení obecných hlavolamů má svůj obor, v angličtině nazýván *metagrobology*. Spojování dřeva je oblast, která může poskytnout prostor pro realizaci důmyslných systémů sloužících jak pro pobavení, tak i pro funkční použití. Obr. 23, 24 a 25 ukazují typově klasické prostorové dřevěné hlavolamy. Exemplář na obr. 24 je

v nábytku již aplikovaný spoj. Pozůstává z pěti různě zúžených kolíku a jednoho plného, zajišťovacího.



Obr. 23 - Dřevěný hlavolam I



Obr. 24 - Hlavolam "Feindish knot puzzle"

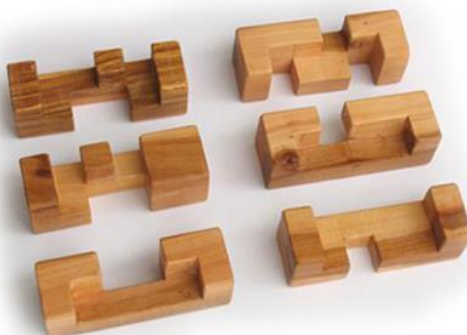


Obr. 25 - Dřevěný hlavolam II

Další skupina skládaček zobrazená na Obr. 26, 27 a 28 čerpá z Japonska. První vychází z hračky jménem *Chidori*, která inspirovala nejen nábytek, ale i stavební struktury. K tomuto systému bude dále uveden i existující nábytek. Na obr. 20 je pravděpodobně nejznámější a nejstarší dřevěná skládačka na bázi vzájemné fixace dílů známá pod názvem *Čínský kříž*. Z toho vychází i třetí exemplář, který navíc modifikuje *tsugite* spoje.



Obr. 26 - Hlavolam chidori I

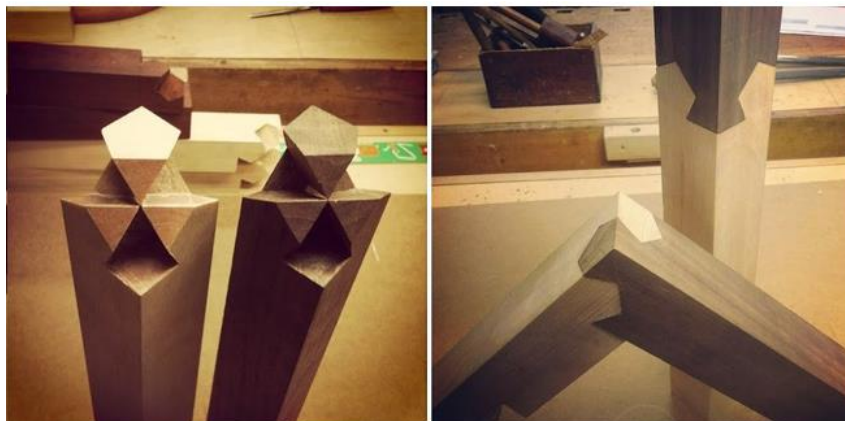


Obr. 27 - Hlavolam „Čínský kříž“



Obr. 28 - Hlavolam tsugite

Dalším průnikem hlavolamů a spojování nábytku je např. *kawai tsugite* zobrazený na obr. 29 a 30. Tento systém umožňuje pět variant spojení, tedy nejen do 4 pravoúhlých směrů, ale i rovnoběžné nastavení do délky. Spoj vytvořil Shinobu Kobayashi jako svůj univerzitní projekt. Vyrobitelnost tohoto spoje za pomoci klasické CNC frézy je však neproveditelné.



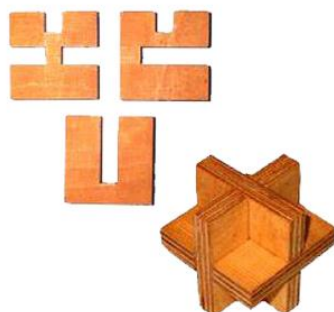
Obr. 29 - Spoj "kawai tsugite"

Obr. 30 - Složený spoj "kawai tsugite" v různých směrech

Obr. 31, 32 a 33 uvádí skládačky zhotovené z aglomerovaného materiálu. Z prvního exempláře typově vychází např. stínidla svítidel či dekorativní nádoby. Hračka v podobě dinosaura je klasickým příkladem využití CNC v této oblasti.



Obr. 31 - Krabička na mince



Obr. 32 - Hlavlom z překližky



Obr. 33 - Skládačka dinosaura

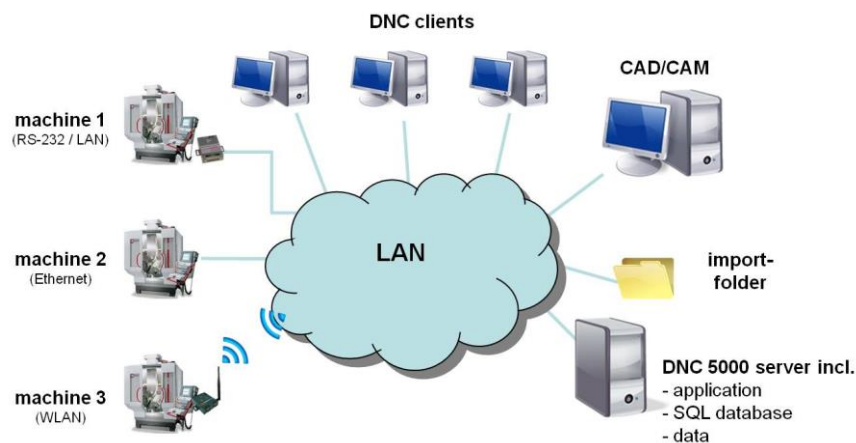
4. NC A CNC TECHNOLOGIE

S produkcí CNC spoje se nutně pojí i technologie, která výsledek umožňuje. V této kapitole bude objasněn princip zařízení či strojů, díky kterým je možné myšlenky nového spoje úspěšně a efektivně vnést do praxe. V souvislosti s touto výrobní automatizací se podle Krále (2008) vyskytují 3 základní pojmy:

NC (Numerical control) – systém, ve kterém je činnost řízena přímým vložením numerických dat v určitém pořadí. Pokyny pro NC obrábění se člení na funkce, které řídí pohyb včetně ve vazbě k pracovnímu stolu a pomocné funkce, jako výběr nástroje na obráběcí hlavě nebo řízení rychlosti a směru rotace včetně. (Král, 2008, s.6)

CNC (Computer numerical control) - obsahuje navíc počítač, který umožňuje základní tvorbu a modifikaci pracovních úkonů přímo u stroje.

DNC (Direct numerical control/ distributive numerical control) – tento systém rozšiřuje spektrum možností základního CNC stroje o tvůrčí možnosti počítače s patřičným softwarem (nejčastěji programy CAM). Vznik DNC je podmíněn omezenou kapacitou CNC strojů. V praxi se jedná o připojení CNC strojů přes síť k počítači, ze kterého jsou projekty přímo distribuovány k patřičným strojům. Dnes se již běžně používá bezdrátové propojení strojů. Schéma DNC systému se třemi variantami komunikace se stroji je znázorněno na obr. 34.



Obr. 34 - Varianty DNC propojení jednotek

Samotný pojem automatizace rozděluje Hamerník (2006) na dva podstatné proudy:

Tvrdá automatizace – např. vačky. Při tvrdé automatizaci je nositelem pracovního programu tvar určitých prvků pohybového ústrojí stroje. Jedná se o typizované automaty pro určitý druh práce (soustružení, vrtání, frézování) - jednoúčelové obráběcí stroje nebo stavebnice s typizovaných složek. Hodí se do velkosériové a hromadné výroby, jelikož jejich produktivita je větší, avšak větší je i pořizovací cena.

Pružná automatizace - zdrojem vstupních dat je děrný štítek nebo jiné médium. Mají větší manipulační možnosti a rychleji přechází na jinou výrobu. Provoz je však dražší. Jejich zastoupení ve strojírenství je 3/4. Dělí se na stroje s jednoduchým programovým řízením pomocí děrných štítků, šablon, přestavitelných narážek aj. (zde je přechod na jinou výrobu jistým časovým zdržením při výměně média, šablony apod.) a stroje s číslicovým systémem.

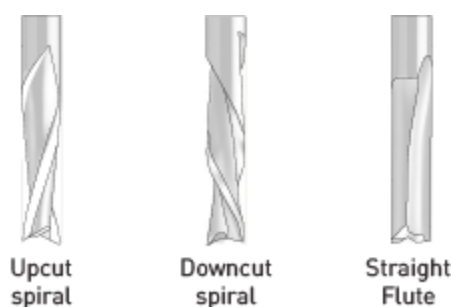
Dále se obráběcí stroje dělí, jak uvádí Dlouhý (2006), na přetržité nebo také polohové a souvislé. U prvních je dána cílová poloha bez specifikace cesty (vrtačky). Druhá skupina je pro CNC nábytek podstatnější. Zde jsou možnosti stroje vyjádřeny, krom jiného, i počtem řízených os, které se pohybují v kartézském nebo polárním systému souřadnic.

- 2D souvislé řízení umožňuje pracovat ve dvou osách zároveň. Pohyb tak může opisovat třeba kružnici.
- 2 ½ D může pracovat postupně ve všech rovinách XY, XZ nebo YZ.
- 3D - pracuje ve všech osách zároveň.
- 4D a 5D - otáčení kolem některé osy nebo pohyby revolverové hlavy. Vyšší počet os pak počítá i s pohybem upnutého obrobku. (Dlouhý, 2010)

Základní dělení CNC třískových obráběcích strojů zahrnuje soustruhy, frézky a pro nábytek typické routry, jež se vyznačují velkou pracovní plochou a „jeřábovým“ uchycením obráběcí hlavy. (Warfield, 2010-2014)

„Číslicově řízené stroje jsou většinou sestaveny ze sedmi hlavních celků: ovládací panel, vřetení s vřeteníkem, zásobník a rameno pro výměnu nástrojů, zásobník nebo podavač obrobků (případně paletový systém), polohování nástroje a obrobků, soustavy pro přívod procesních kapalin a ochranné kryty“ (Historie CNC strojů, 2008)

CNC řídicí systémy jsou dnes používány pro jakékoliv procesy charakteristické sérií navazujících pohybů. Patří mezi ně frézování, řezání, a to i laserem, plamenem, vodním paprskem a plasmou, dále svařování, ohýbání, připínání, lepení, stříhání, šití, přemísťování aj. Korekce nástrojů si program dopočítává po jejich zadání uživatelem, ty se zjišťují ve speciálních měřácích nebo přímo u CNC, ten si je pak může ukládat do paměti. Pro obrábění se používají různé škály materiálů od nástrojových ocelí až po vyměnitelné destičky ze slinutých karbidů, povlakované, např. TiN, ale i jiné materiály jako je keramika, polykrystalický kubický nitrid boritý nebo syntetický diamant. Pro požadovaný výsledek je také neméně důležitý tvar ostří, jenž determinuje účel použití. Pro základní obrábění frézou se rozeznávají nástroje spirálové a rovnobřité vyobrazené na obr. 35; u složitějších konstrukcí jsou k frézce montovány, pájeny, lepeny nebo navařeny břity z tvrdších materiálů. Mezi další funkce frézek patří lamač třísek, protichůdné spirály proti vyštípávání obráběného materiálu atd. Cena nového nástroje se pohybuje od 500 v případě jednoduché rovno-břité drážkovací frézky, až po desítky tisíc u diamantových spirálových nástrojů. Ty jsou však větších průměrů. Z hlediska použití se pak frézky dělí na drážkovací, falcovací, úhlové, profilové, kombinované aj.

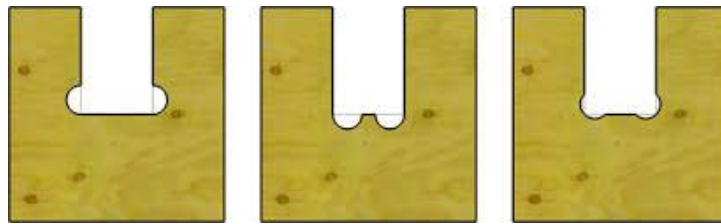


Obr. 35 – Typy drážkovacích frézek

4.1. Specifika CNC technologie

V návaznosti na zaměření, tedy výrobu CNC spojů, je potřeba uvědomovat si několik základních odlišností provázejících činnost CNC oproti jednoúčelovým strojům. Prvním esenciálním rozdílem je nástroj. Zatímco na tradiční spoje je využito pily, popřípadě dláta, u CNC je obráběno ve většině frézkou. Ta zapříčiňuje velké síly v obroku, což může způsobovat vytrhávání vláken. Dalším stigmatem CNC spoje jsou oblé rohy, které se vyvrtávají či frézují protažením cesty (obr. 36). Tomuto opatření se někdy podle tvaru říká *dogbones* – psí kost. S tím souvisí i tloušťka spáry, která závisí na průměru činného

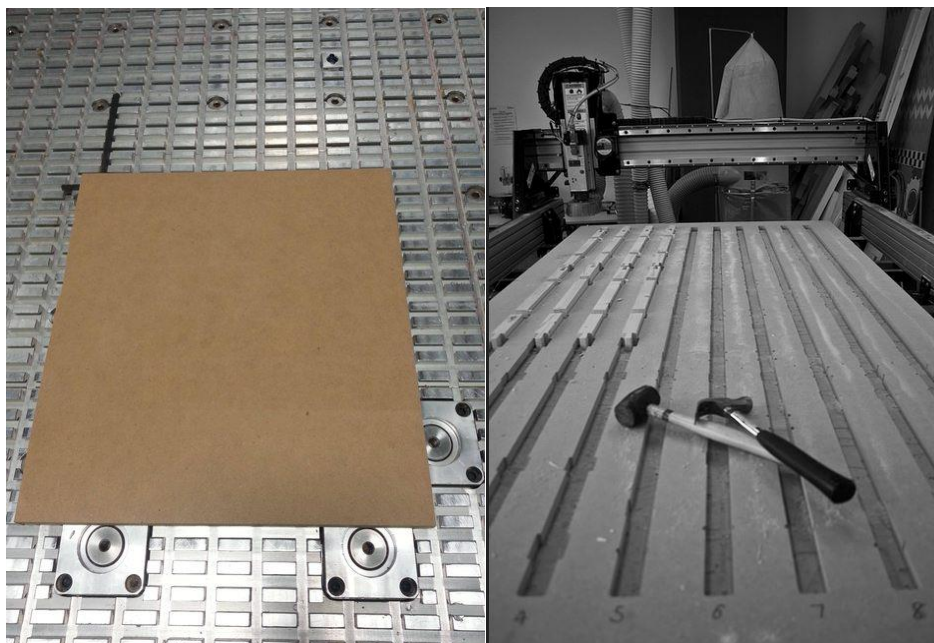
úseku nástroje. Alternativou k oblým rohům může být použití diskové frézy, tím se však zkomplikuje uchycení plošných materiálů a vzrostou nároky na manipulační prostor obráběcí hlavy. Další možností v případě CNC obrábění je používat beztržiskových obráběcích postupů. Typicky se jedná o řezání laserem nebo vodním paprskem s přidaným abrazivem. Hlavní výhodou je úzká řezná spára a velká rychlost řezání. Naopak nedostatkem je absence částečného řezání v hloubce materiálu nebo neschopnost tvorby kapsy v obrobku. U laserového řezání se také může vyskytnout spálený povrch. (Regan, 2012)



Obr. 36 - Možnosti frézování rohů na CNC

Při velkých rychlostech frézování je nutné dodržet plynulost strojních pohybů, jinak by mohlo dojít k neúměrnému zahřívání nástroje i obrobku. Naopak obecně velkým pozitivem CNC obrábění jsou tolerance. V případě lepených spojů je možné počítat s patřičnými dimenzemi spáry, naopak u měkkých materiálů spojených „na sucho“ je možné vyrábět nepatrné přesahy, jež spoj fixují. Jistým problémem však může být nerovnost materiálu (zvlnění plošných materiálů, špatná fixace ke stroji aj.). Ta se může částečně kompenzovat softwarovou korekcí. (Meier, 2014)

Uchycení materiálu u CNC routru je jeden ze základních předpokladů úspěchu. Kromě mechanických přitlačných lišt je běžné používání i přísátí přes přísavky nebo podkladovou MDF desku (obr. 37). Na obr. 38 je vidět šablona na frézování polotovaru pro výrobu japonského modulárního nábytku *chidori*.



Obr. 37 – Vakuové upínání obrobku na MDF

Obr. 38 - Uchycení do šablony

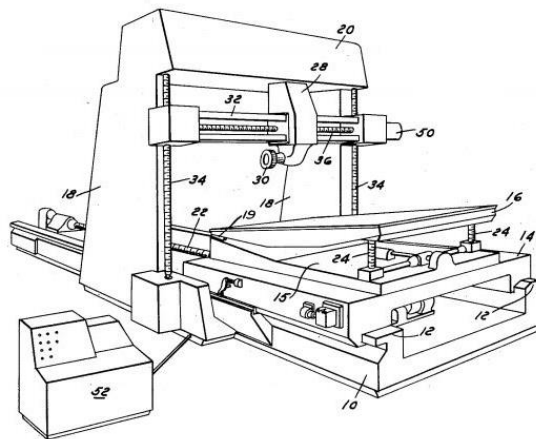
4.2. Historie NC

Počátky historie automatizace třískového obrábění sahá do 18. a 19. stol., tedy první průmyslové revoluce. Velký skok nastal v první polovině 20. stol., kdy se do výroby začlenilo i strojové řízení a i v dnešních dobách se výrobní automatizace posouvá mílovými kroky vpřed. V současné době je poslední vývojovou etapou vrcholná automatizace - vytvoření automatického výrobního závodu, což je spolu s novými postupy a materiály označováno jako počátek 4. průmyslové revoluce. (Historie CNC strojů, 2008)

Vývoj NC, potažmo CNC, probíhal jako jednotlivé modernizační trendy v rámci strojních částí komplexního stroje. V rámci industrializace přišla po mechanizaci automatizace. Základním progres představovalo zavedení vačky, tedy strojní části, která měnila otáčivý pohyb na posuvný. Tím se docílilo opakovatelnosti výroby v totožné kvalitě. Další krok před samotným číslicovým řízením představovaly trasovací

mechanismy, které pracovaly ve smyslu „zaznamenej a zkopíruj“. A dalším důležitým vynálezem, který je potřeba zmínit, je servomechanismus. Ten zajišťuje proces, kdy se neustále porovnává vstupní a výstupní sledovaná hodnota a umožňuje tak splňovat tolerance až na tisíce milimetrů. Pro kooperaci více servomechanismů slouží *selsyn* neboli *selfsynchron*, který elektronicky přesně řídí pohyby dvou a více servomechanismů - tvoří tak uzavřenou řídicí smyčku.

V roce 1952 patentoval John T. Parsons (1958) první NC (obr. 39). První prototyp z Massachusettského technologického institutu (MIT) byl tříosý na děrované 7-mi stopové pásky. Sám Parsons k vývoji NC při rozhovoru s novinářem poznamenal: „Stavba NC stroje byla tak podivná a obtížně pochopitelná výrobcům a tak pomalá na chápání, že sama americká armáda musela postavit 120 NC strojů a pronajmout je různým výrobcům, aby tak popularizovala jejich používání.“¹



Obr. 39 - Patent prvního NC stroje

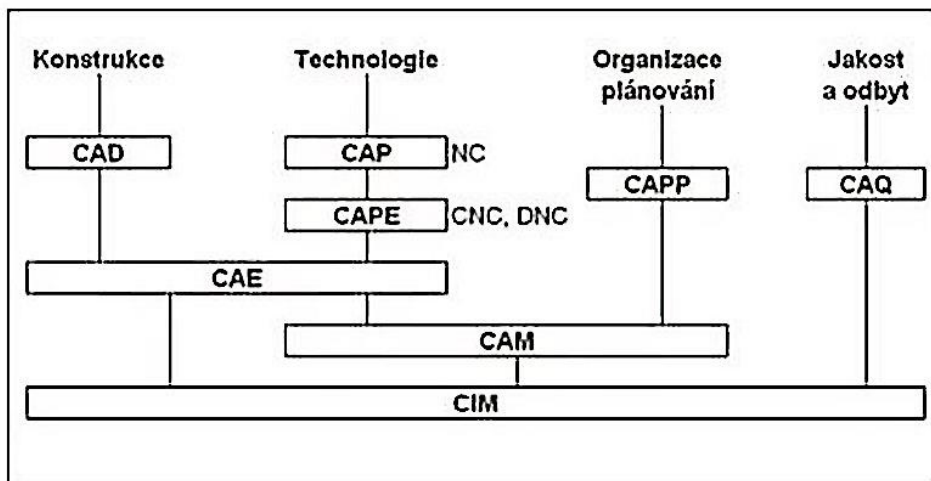
Při vývoji prvního reálného armádního počítače *Whirlwind I*. John Runyon zakódoval několik děrných štítků a dal je pod správu počítače, který je na základě vstupních dat automaticky generoval. Zajímavostí je, že záznamové médium přešlo z papíru poměrně rychle na PET (obchodní název Mylar), avšak diskety lokální sítě a USB se prosadily jen díky výsledku konkurenčního boje nikoliv jako primární výrobní požadavek. Krátce na to se rozjela produkce programovacích jazyků a pokusy o jejich standardizaci. Ivan Sutherland napsal program *Sketchpad*, na základě kterého se postavily první CAD systémy. (Warfield, 2010-2014)

¹ The NC concept was so strange to manufacturers, and so slow to catch on, that the US Army itself finally had to build 120 NC machines and lease them to various manufacturers to begin popularizing its use. (Olexa, 2001)

Již v 70. letech minulého století se do NC strojů začaly aplikovat paměti a samy pak poskytovaly možnost lehké editace programů, což tvoří přímý stupeň k CNC. Následující desetiletí se začaly CNC frézky a soustruhy masivně šířit do všech oborů, kde našlo třískové obrábění své místo. Mimo jiné tedy i v dřevozpracujícím průmyslu. (Historie CNC strojů, 2008)

Krátce po vzniku číslicově řízených strojů vyvstal problém s jejich řízením. Pokusy o standardizaci počítačových příkazů vyústily již v 50. letech k tvorbě programovacího kódu RS 274 známého pod označením G-code. Platnost G kódu je dnes normativně ukotvena v české normě ČSN ISO 6983, která dále popisuje i pomocný M kód. Obsáhlejší norma, která určuje i význam adres A-Z je pak DIN 66025. V současnosti se využívá i macro-programování, neboli parametrické programování, a jsou snahy nahradit klasický G-code novějším STEP-NC, který reflektuje technologický pokrok v obrábění. (PBS Velká Bíteš, 2010)

Pro složité tvary je však tvůrcem téměř nemožné sestavit dráhy stroje i se všemi parametry řezného procesu. To zapříčinilo vznik CAM softwaru (*Computer aided manufacturing*). Vývoj, tzv. CAM, obsahoval původně oblast plánování výroby. Zkratka označuje systém pro počítačovou podporu výroby zahrnující přímé řízení NC techniky, robotů, mezioperační dopravy výrobků, polotovárů, materiálů a náradí. Tento software může být spojený s CAD systémy (*Computer aided design*) tedy počítačovou podporou procesu konstruování. K těmto dvěma systémům bývá přiřčen ještě CAE (*Computer aided engineering*), který umožňuje simulování jiných než tvarových vlastností výrobního procesu. Mimo konstrukční linii se systémy řízení zaměřují na ostatní větve produkce a tvoří tak komplexní podporu k CNC strojům, jež se označuje zkratkou CIM (*Computer integrated manufacturing*), viz obr 40. (Historie CNC strojů, 2008)



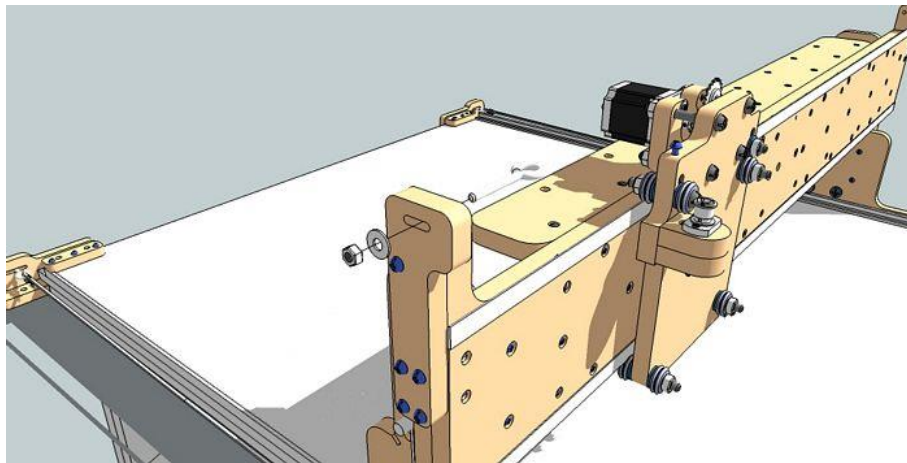
Obr. 40 – Mapa počítačové podpory při výrobě

4.3. Nové cesty

Obecná cesta rozvoje automatizované výroby se v současnosti orientuje na rychlou produkci velkého množství výrobků při využití minimálního počtu lidských pracovních sil. Již dnes jsou výrobní podniky vyššího technického stupně schopny propojovat stroje tak, aby opracování výrobků kontinuálně procházelo celou řadou operací ve standardizovaných časech. V rámci jednotlivých strojů pak trend směřuje k nahrazování manuálních strojů multifunkčními pružnými CNC obráběcími centry, které jsou propojeny a automaticky řízeny pyramidou softwarové podpory. V praxi se to blíží modelu, kdy si zákazník seskládá svůj výrobek na počítači v kanceláři podniku prostřednictvím příslušného katalogu a do 10 minut může začít počítačem řízená produkce. Tento princip tvoří v současnosti představu o maximální automatizaci. Ta byla mimo jiné umožněna i vysokou samostatností CNC obráběcího centra. Dnešní 6. generace je schopna krom standardu výměny nástroje i obrobku taktéž detekovat a vyměnit opotřebovaný nástroj, v reálném čase opravovat odchylky od programu skrze soustavu nejrůznějších měřících mechanismů a nejnověji, díky modernějším konstrukčním řešením, zkracovat doprovodné nevýrobní operace. V případě nákupu pružného CNC systému je zákazníkovi nabídnut katalog, ve kterém si jednotlivé strojní součásti může optimalizovat na míru zamýšlenému výrobnímu procesu a dle potřeby instalovat nejrůznější výrobní i nevýrobní funkce stroje.

Jistou alternativou k problému přílišné produkce je decentralizovaná výroba u koncových zákazníků. Ta je v současnosti realizována na několika úrovních.

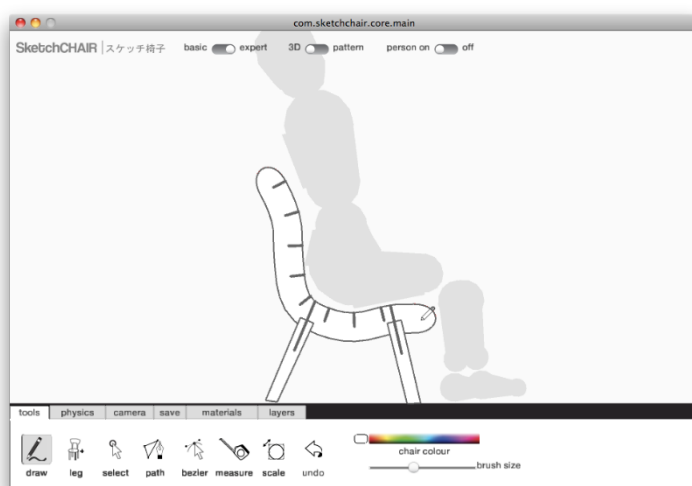
Mimo high-end cestu výroby strojů nejnovějších generací je možnost zhotovit si vlastní CNC routr, který bude plnit požadavky malé i velké dílny. Stránka *buildyourcnc.com* poskytuje detailní postupy a varianty CNC routrů, které si uživatel může sestavit. Na obr. 41 je ukázka z montáže 3 osého CNC routru *blackFoot v4.3*, který disponuje pracovní plochou 1,2 x 2,4m (4' x 8'). Tato stavebnice je na stránkách nabízena od \$2775 (bez výpočetní jednotky). Ceny běžných levných CNC strojů stejného výkonu i rozměrů přitom začínají na zhruba trojnásobku této hodnoty. Nakoupené součástky budoucího CNC routru jsou možné montovat na uživatelem zhotovenou PDP kostru. Velkou výhodou tohoto přístupu je oproti výše zmíněné modularitě ještě větší variabilita v rozměrových, výkonových i funkčních parametrech stroje.



Obr. 41 - Montáž routru *blackFoot v4.3*

CNC výroba, jak již vyplívá z možnosti stavby vlastního stroje, nemíří jen na velké výrobní podniky, ale sleduje i potřeby a vize malých výrobních jednotek. Z tohoto důvodu vznikají i nejrůznější internetové portály, které sdílí technickou dokumentaci výrobků. Návštěvník disponující patřičným zařízením si pak svépomocí může nejen nábytek za velmi malých nákladů vyrobit. Příkladem může být projekt *Opendesk*. Ten soustřeďuje výrobky, které jsou vyrobitelné v každé menší dílně s CNC routrům na celém světě. Většina zde uveřejněných *open source* nábytků jsou optimalizovány na NTR a RTA filozofii. Příklad nábytku z tohoto projektu je uveden na straně 63 – *Edie stool*. Autoři projektu od uživatelů očekávají i zpětné vazby ve formě inovací stávajících studií nábytku. Zmíněný *Edie stool* se tak různě po světě vyráběl z netradičních materiálů a se zajímavými uživatelskými modifikacemi, které umožňují posouvat CNC spoj, eko-profil i cenu výrobku stále dál.

Jinou cestou výroby CNC nábytku představuje software *SketchChair*. Jedná se o předprogramované vztahy mezi materiálem a CNC spojem. Princip fungování programu spočívá v jednoduchém kreslení nábytku (obr. 42). Program pak sám navrhne spoje pro zajištění výrobku na základě jednoduchých simulací namáhání. Další částí je nářezový plán, který si uživatel nastaví podle výrobních podmínek. Např. je možné zvolit spoje pro laserové řezání nebo frézování na obráběcím centru. Program pak automaticky přidá tzv. *dogbones*, tedy zaoblené rohy. Na stránkách *sketchchair.cc* je kromě volně stáhnutelného programu k dispozici i knihovna uživatelských objektů, které jsou taktéž volně k dispozici. Téměř každý si tak může navrhnout a vyrobit originální nábytek bez složitého dimenzování spoje. Příklad nábytku vyrobeného za pomoci *SketchChair* je na obr. 43.



Obr. 42 - Práce v programu SketchChair



Obr. 43 - Nábytek navrhnutý ve SketchChair

Se softwarem *SketchChair* experimentuje i portugalská laboratoř *Fablab*. Jedná se o projekt, který vznikl v MIT (Cambridge) a slouží k výzkumu nových možností na poli rychlé kusové výroby za pomoci CNC strojů (laser, routtr, plotter, 3D tisk aj.)

Vedle nábytku se automatizovaná výroba zaměřuje i na stavbu celých domů. Na stránce *wikihouse.cc* je opět *open source* systémem návodu případný zákazník veden k tomu, aby si postavil vlastní stavebnicový dům za pomoci CNC optimalizované výroby. Celý princip směřuje k malé dílně či hobby aktivitám. Na stránce jsou tedy ke stažení i návody jak si postavit vlastní nářadí či vybavit dílnu tak, aby se v ní projekt zrealizoval. Nosnou myšlenkou je znovu CNC spoj a aglomerované materiály typu PDP nebo OSB. Na obr. 44 je ukázka střešní konstrukce z projektu *WikiHouse*. Tyto stavby však umožňují

implementaci i nejnovějších technologií. Uživatel se tedy podle potřeby může dopracovat k chytrým nebo energeticky soběstačným domům.



Obr. 44 - Detail konstrukce domu z projektu Wikihouse

Tyto dva reálně fungující projekty jsou ukázkou nového směru zabezpečování výrobních potřeb s maximální možnou eliminací dopadu na životní prostředí. Premisou bylo několik technologických a společenských posunů. Mezi nejdůležitější patří širší dostupnost CNC strojů (respektive CNC obráběcích center), možnost jednoduchého spojování materiálů reprezentovaného CNC spojem, ale také potenciál současného informačního věku.

5. CNC SPOJ

Tento typ spoje představuje hlavní zaměření práce. Jedná se o zatím nedostatečně ohraničenou skupinu spojů, respektive technologií. V předešlých kapitolách byly nastíněny dvě oblasti protichůdné produkce výrobků, které mohou posloužit jako podklad a inspirace pro rozvoj CNC spoje. Japonské umění práce se dřevem, jakožto precizní, sofistikované a kvalitní pojetí spojování dřevěného materiálu bez užití jiných materiálů a na druhém pólu spotřební nomádské pojetí nábytku.

5.1. Cílová skupina

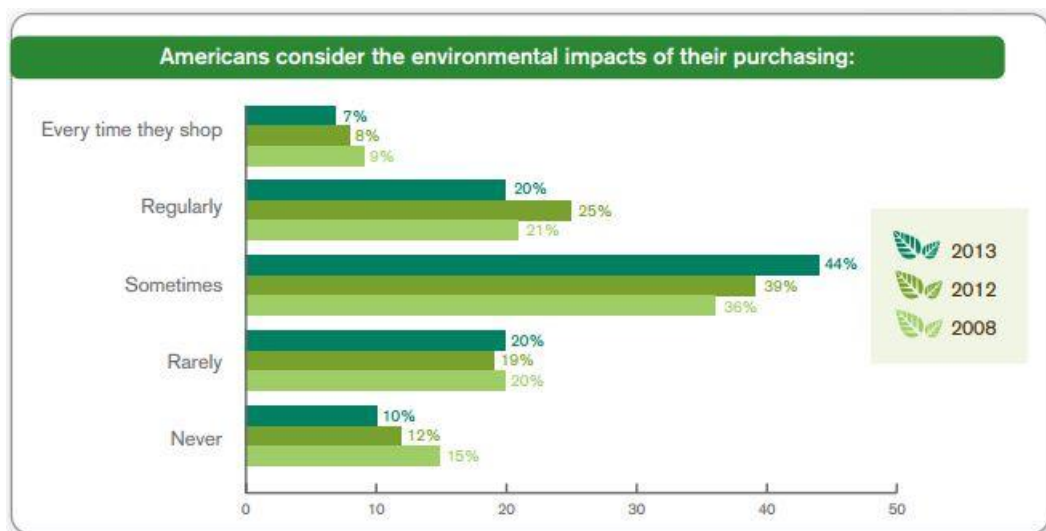
Pro správné uchopení technologie a optimalizaci výrobních procesů je potřeba vymezit existenci výrobku z pohledu používání cílovými skupinami. CNC technologie je obecně cesta zrychlování. Nabízí se tedy z pohledu technologie jednoduchá produkce nábytku z jednoduchých materiálů a jednoduchým použitím výsledků. Jako obvykle se však tato výroba snaží zasáhnout co nejširší segment trhu a tak můžeme najít příklady CNC nábytku s luxusní tvářící či na pohled spotřební nábytek nesoucí jen funkci orientovaný na cenu. Takto nahlížená problematika pak pracuje s různými základními materiály. V obecném produktovém světě si zákazníci vybírá především funkce a vizáž. V případě CNC nábytku je to i filozofie environmentálně orientované produkce.

5.1.1. Zelení zákazníci

Na environmentálně orientované hesla slyší obzvláště mladá generace, která je atakována celosvětovými informacemi o zhoršujícím se stavu naší země. Tito lidé se dají označit jako *green customers*. Jedná se o skupinu lidí, kteří se nespokojí jen s reklamními monogramy naznačujícími environmentálně orientované směry výroby nebo produkce, ale zkoumají čím dál tím dostupnější fakta o reálném vzniku věcí. Jednotným znakem těchto spotřebitelů je ochota zaplatit za přidanou hodnotu plynoucí z ekologičtějšího přístupu nebo obětovat některé sekundární funkce, či část komfortu, nikdy však kvalitu. V Severní Americe se odhaduje, že zhruba 2 % z trhu zastupují „zelené“ výrobky. V roce 1993 bylo v USA vyprodukováno 13 % environmentálně přátelských výrobků. Ačkoli se

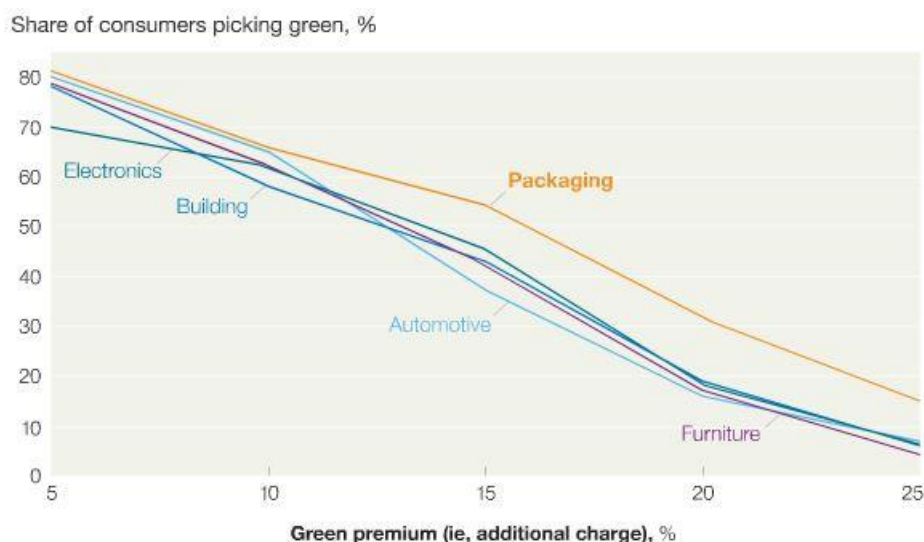
rok předtím právně ukotvily pojmy jako „odbouratelný“, „rozložitelný“, recyklovatelný“, „bez vlivu na ozonovou vrstvu“ aj., velká část výrobku ve své propagaci užívala zavádějící informace ohledem environmentálních inovací. Ke konci minulého století se též zavedly projekty hodnotící produkty postavené na Live-cycle a Cradle-2-grave analýzách. (BDS Global, 2013)

Podle průzkumu agentury Cone Communications (2013) se až 71 % amerických zákazníků alespoň občas při koupi produktů rozhoduje i na základě environmentálně zodpovědného přístupu (obr. 45). Oproti poslednímu průzkumu z roku 2008 se jedná o 5% nárůst. Většina z jednoho tisíce dotázaných by pak ocenila detailnější informační politiku ohledně „zelených“ produktů ze strany výrobců. V případě zavádějících ekologicky orientovaných informací u výrobku je 78 % respondentů rozhodnuto výrobek bojkotovat.



Obr. 45 - Relativní počet Američanů, zvažujících environmentální dopad kupovaných výrobků

Jiný průzkum provedený firmou McKinsey & Company uvádí ochotu kupujících platit za ekologicky šetrnější výrobky (obr. 46). Tyto údaje z roku 2012 jsou platné pro USA a Evropu. Z grafu vyplývá, že více jak čtvrtinu ceny za ekologické inovace zaplatí méně jak 10 % zákazníků. Nejvíce jsou pak ochotni platit za balení šetrnější k jejich okolí. (Miremedi, 2012)



Obr. 46 - Ochota zákazníků platit za "zelené" produkty

5.2. Klady a zápory CNC technologie

Název CNC spoj však nemluví o konkrétní podobě spoje, ale pouze o použité technologii. Tou je automatická produkce za pomoci počítačem řízeného obrábění. Tyto spoje je totiž možné vyrobit i ručními nástroji či jednoúčelovými stroji. Je však několik zásadních výhod používání této technologie. V první řadě dříve zmíněná přesnost obrábění. V principu jsou na jedno upnutí všechny následující operace vztaženy k jedné poloze. Výroba na jednoúčelových strojích naproti tomu vyžaduje daleko častější centrování obrobku spojené s novým upínáním nebo změnou polohy, a to za asistence pracovníka. Další podstatnou oblastí je počítačová příprava výrobku. Modelování výrobku i procesů obrábění ve virtuálním prostoru počítače a následné testování umožňuje dokonalé odladění programu. Ten je pak bezprostředně poslán do příslušného strojního zařízení. U jednoúčelových strojů totiž může vzniknout odchylka od programu i při přenosu informací z výrobní dokumentace k obráběcímu procesu. S tímto znakem CNC technologie souvisí i jednodušší a přesnější opakovatelnost výroby při zachování stejné kvality (mimo vliv technického stavu stroje a kvality vstupního materiálu). Jednoduchá záloha programu v podobě souboru s podporou CAM umožňuje okamžitou výrobu a snadnou modifikaci programu a k tomu všemu může postačovat jen jedno obráběcí CNC centrum. Warfield (2012) dále upozorňuje i na možnost rychlé modifikace pracovních operací v rámci MDI (Manual data input) přímo u stroje. Uvádí však i nevýhody CNC výroby oproti manuálnímu obrábění. Zaprvé se jedná o provozně

nákladné úkony. Jednoduché dílce je přínosnější opracovávat na manuálních strojích, které tak generují podstatně větší peníze. CNC centra mají také bezpochyby dražší pořizovací náklady. Velkým rysem je i zákaznická podpora a servis v případě koupě stroje. Zatím co v případě poruchy může manuálnímu stroji porozumět přímo vlastník či operátor, CNC obráběcí centrum už často vyžaduje sofistikovaný autorizovaný zásah.

Pod termínem CNC spoj se však skrývá ještě jedno konkrétnější pojetí spoje. V rámci realizace propojení materiálů se tento spoj snaží vyhnout používání lepidel a aplikaci kování. Ve své ryzí podobě pak vytváří tzv. homogenní spoj. Není to nová myšlenka, jistý precedens byl naznačen v případě tesařského řemesla nebo přímo v kapitole pojednávající o japonském umění práce se dřevem.

5.2.1. Materiál

Dále není nikterak striktně dán hlavní materiál, ze kterého by se měl spoj zrealizovat. Stanovením materiálu na dřevěné bázi se problematika rozpadne do dvou větví: CNC spoj z masivu nebo z aglomerovaných materiálů. V praxi se etablovaly spíše aglomerované materiály a to z důvodu komplikovaných tvarů spoje, jenž by v případě masivu neohospodárně snižoval výtěž. Na obr. 47 je možné vidět spoj realizovaný z různých materiálů (MDF, PDP, OSB, lepenka).



Obr. 47 - Materiály užitě v CNC nábytku. Zleva MDF, PDP, OSB, PAP

CNC obrábění však dovoluje pracovat s celou škálou materiálů pro nábytek často netypickou. Obr. 48 ukazuje CNC spoj zhotovený z 100 % plastového recyklátu *EcoSheet* nebo na obr. 49 z cemento-vláknité desky.



Obr. 48 - Taburet z *EcoSheet*



Obr. 49 - Spoj skříně z cemento-vláknité desky

5.2.1.1. Odpad

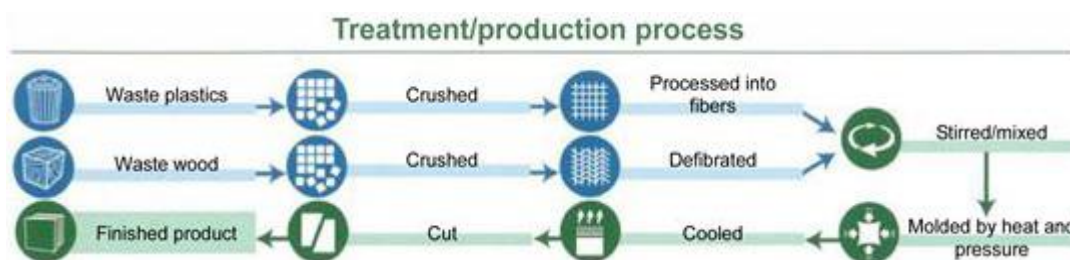
V kapitole pojednávající o nomádkém nábytku se nastínila problematika odpadů. Co tedy s použitým nábytkem? Odbourávání odpadů je celkem široká disciplína. Obr. 50 ukazuje jistou hierarchii v managementu odpadové politiky. Ačkoli je recyklace hodně pozitivně diskutovanou disciplínou, není z hlediska ekonomiky i ekologické zátěže neoptimálnější. Obecně nejlepším přístupem je předcházet produkci odpadu. U nábytku to znamená např. využívat rozměry vstupních materiálů. V kapitole „Ukázky nábytku“ na straně 57 je uveden výrobek *PANO chair*, jenž se zaměřuje na optimalizaci výtěže. Dalším stupněm v pyramidě je znovu používání odpadního materiálu, tedy menších odřezků, z nichž se dají dále vyrábět dílce. Nevyhovující rozměry materiálu se pak dále mohou recyklovat pro výrobu aglomerovaných materiálů, podestýlek pro zvířata či hnojiva. Předposlední možností je znovuzískání ztracené hodnoty materiálu např. ve formě spalování s využíváním uvolněné energie. V historii běžným nakládáním s odpadem však bylo skládkování. U dřevěného odpadu je však při rozkladu problém

s tvorbou skleníkových plynů (metan a CO₂) nebo s emisemi při převážení odpadu na skládky. (BFM Ltd, 2003)



Obr. 50 – Hierarchie odpadové politiky

Zatímco redukce a znovu používání odpadů na bázi dřeva je záležitostí spíše přístupu firem, recyklace odpadu závisí velkou měrou na technologii. Aglomerované materiály na bázi dřeva mají ztíženou recyklovatelnost na rozdíl od rostlého dřeva. V tomto procesu se však dá mluvit spíše o down-cyklaci, tedy snižování hodnoty materiálu. V případě překližky je možné produkovat frakce podobné štěpkám, masu třídit a následně dezintegrovat na vlákna, z nichž je možné opětovně vyrobit aglomerovaný materiál. Schéma takové recyklace je uvedeno na obr. 51 od japonské firmy Tokyo Mokkašo Co. Ltd., jež spolu s překližkou zpracovává i některé použité plasty.



Obr. 51 - Schéma recyklace PDP

V roce 2004 byla uveřejněná studie představující výsledky procesu recyklace MDF panelů (Gallis, 2004). Výsledkem byla technologie umožňující výrobu MDF panelu s podílem recyklované frakce 25 % při zachování stejných mechanických vlastností

mezi konvenčním spojováním a CNC homogenním spojem, je v praktické části od strany 69 uveden malý příklad srovnání výrobků z pohledu LCI analýzy.

5.2.2. Pevnost a tuhost

Důležitým aspektem CNC spoje je schopnost plnit požadavky na pevnost a životnost. Základní předpoklady tvoří volba materiálu. U homogenního spoje se jedná o zásadní proměnnou, jelikož se spoj dále nemůže spoléhat na vlastnosti lepidel či kování. Pevnost spoje závisí na několika faktorech, především je to zvolená technologie, materiálové vlastnosti a úroveň pracovníků. Tímto tématem se začala odborná společnost zabývat až ve 20. letech minulého století. V této době se objevily snahy ubírat hmotu výrobku bez vlivu na pevnost jeho částí. Úkolem pevnostního navrhování nábytku je najít kritická místa a ty posléze dimenzovat ve vztahu k aktuálním potřebám kladeným na nábytek. V tomto je zahrnuta i analýza funkcí či možného užívání nábytkového kusu. Důležitým nástrojem je empirické testování výrobků, jelikož je komplexnost některých konstrukcí jen obtížně uchopitelná. Dalším rysem dimenzování je dosažení určité pravděpodobnosti spolehlivosti. Respektive v rámci doby používání by výrobek či spoj neměl dosáhnout mezního stavu použitelnosti. Alternativními postupy jsou metoda dovolených namáhání nebo metoda stupně bezpečnosti. (Joščák, 1999)

Zatěžování spoje se skládá z několika složek: tíže vlastní konstrukce, zatížení cizím předmětem, namáhání při používání a namáhání při přemísťování, dopravě a montáži. Požadavky na tuhost konstrukce řeší vybrané normy ČSN 91 xxxx, speciálně pak z normy ČSN 91 0100 vyplívá základní namáhání spojené s používáním výrobku. Kromě rozměrového a tvarového dimenzování spoje je potřeba brát v úvahu materiál. Zapojení materiálu do výrobku se optimalizuje obecně podle základů mechaniky, od třecích sil až po *Hookovy zákony*. Průsečíkem je pak zapojení tvarového koeficientu dílce, čímž vzniká sofistikovaná a prakticky použitelná materiálová konstanta. Jelikož se jedná o výpočetně náležitě komplikované úkony, slouží k dimenzování konstrukcí spoustu simulačních softwarů. Mezi hojně používané patří např. *ANSYS*, *SolidWorks*, *Autodesk Inventor* aj.

Spoje na bázi dřeva čelí také vlhkostním změnám, ty ovlivňují i pevnost spoje. V našich podmínkách se relativní vlhkost vzduchu pohybuje v rozmezí od cca 25 – 65 % v

závislosti na ročním období a vytápění interiéru. Po prvních vlhkostních cyklech únosnost spoje mírně klesne a ustálí se na stabilních hodnotách. (Joščák, 1999)

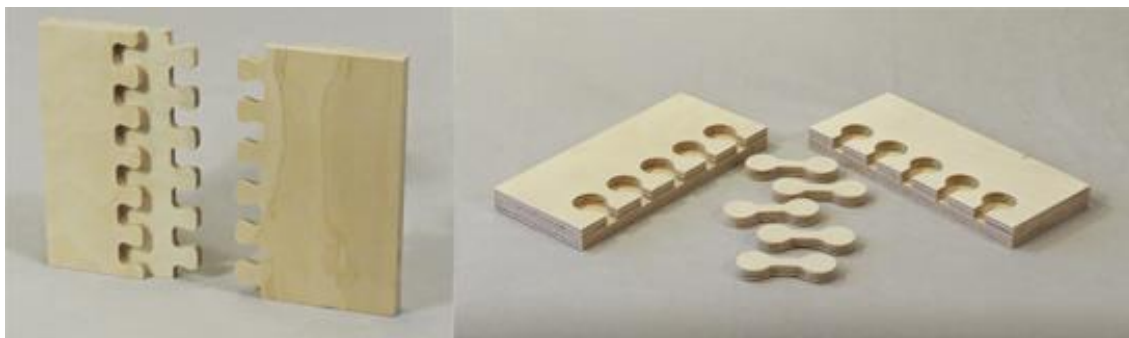
V bakalářské práci „Mechanické vlastnosti nelepených otevřených ozubových spojů vyrobených CNC technologií“ od Jaroslava Začala je ukázáno srovnání odolnosti lepeného a nelepeného ozubového spoje. V měření je použito truhlářské překližky a PDP multiplex, u obou v tloušťce 12 mm. Homogenní spoj dosahoval 65 % pevnosti při namáhání v tahu ve srovnání se spojem lepeným PVAc a až 45 % v porovnání s PUR lepidlem. Namáhání v tlaku již bylo méně závislé na lepidle. Homogenní spoj odolával téměř 90% zatížení u PVAc vzorku a až 75% v případě PUR. (Začal, 2011)

U lepeného spoje závisí pevnost na styčné ploše opatřené lepidlem podle poučky, kdy lepená spára má odolávat větším silám než samotný dřevěný materiál. U homogenního spoje hraje důležitou roli tření. Zde je podstatné v jakých směrech je spoj namáhán a v jakých místech materiály navzájem fungují. Joščák (1999) v této problematice mluví o kinematické veličině tzv. stupni volnosti. Ten lze chápat jako základní směry translace a rotace, ve kterých může být těleso uváděno v pohyb. Není tedy nutné znát charakter zatížení. V součtu je tedy možné nalézt 6 stupňů volnosti: 3 směry translace, většinou shodné se souřadnicovým systémem kartézské soustavy a 3 směry rotace v týchž osách. V konstrukci je pak žádoucí některé stupně volnosti eliminovat. Toho je docíleno vazbou. Z hlediska principu ukotvení zamýšleného tělesa se rozeznává podepření tuhé, volné, pružné, kloubové a podepření se zadanými stupni volnosti. Na toto téma budou v praktické části od strany 67 práce uvedeny příklady a dopady jevu na CNC spoj.

5.3. Praktické příklady

5.3.1. Ukázky CNC spoje

První příklad spojování v ploše je uveden na obr. 53 a 54. Spoje vychází z tradičního ozubu nebo hmoždíku. Ten je frézován natěsno, daný spoj tedy není rozebíratelný. Vyobrazen je zde základní princip spojení. Samotné tvary jsou do velké míry podřízeny estetickým vlastnostem. Mohou nabývat klasických symetrických i asymetrických tvarů (motýl, mašle, puzzle aj.).



Obr. 53 – Překládaný ozubový spoj

Obr. 54 – Varianta hmoždíku

Velkou kapitolou CNC spojování je rohový spoj. První variantou na obr. 55 je polokrytý ozub. Stejným principem je možné dosáhnout celokryté varianty, jež má velký význam u bezlepidlového nábytku se skrytými konstrukčními prvky. Uprostřed je běžně používaná varianta s typickými vyfrézovanými rohy (obr. 56). Třetí kladivový spoj znatelně zvyšuje pevnost a uzamyká oproti ostatním variantám další směr volnosti u obou dílců (obr. 57). CNC technologií je však možné vyrobit i klasický rybinový spoj. Pakliže by bylo vyžadováno ostrých rohů, je možné použít diskové frézky.

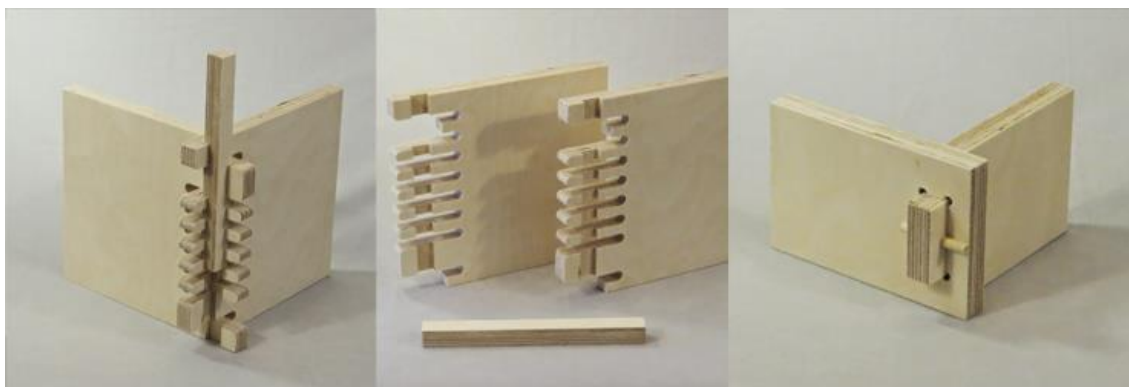


Obr. 55 - Polokrytý ozub

Obr. 56 - Ozubový spoj

Obr. 57 - Kladivový spoj

Pevného rozebiratelného spoje je možné docílit i aplikací zajišťovacího kolíku na obr. 58 a 59. V poslední variantě na obr. 60 je možné pro kolík frézovat drážku a zapustit jej do materiálu. V případě, že by byl hranatého tvaru, docílí se hladkého a jednotného vzhledu.

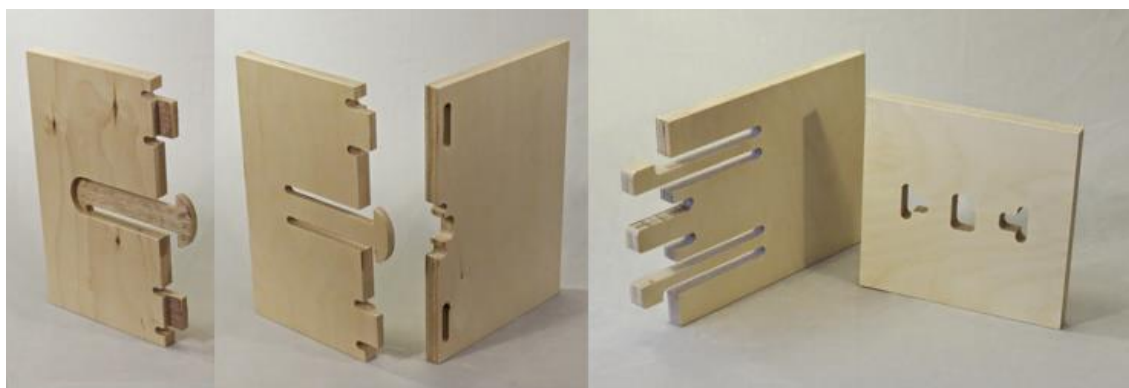


Obr. 58 - Ozubový spoj se zámkem

Obr. 59 - Rozebraný ozubový spoj

Obr. 60 - Čep a dlab se zámkem se zámkem

Zajímavou skupinu tvoří i pružinové spoje. Na obr. 61, 62 a 63 jsou vyobrazeny dva exempláře. Primárně se jedná o demontovatelný spoj využívající pružné vlastnosti dřeva nebo materiálů na bázi dřeva.



Obr. 61 - Pružinový spoj
- vnitřní strana

Obr. 62 - Pružinový spoj

Obr. 63 - Pružinový spoj pro napojení do plochy

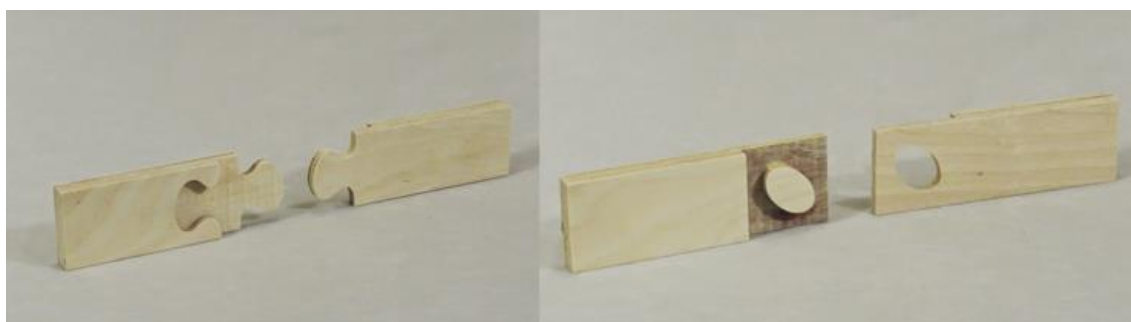
Obr. 64 a 65 uvádí napojování rámmů. V prvním případě se jedná o modifikaci rybinového čepu. Druhý spoj vychází z japonského *koshikake kamatsugi*, v tradičním pojetí „husího krku“ nebo ve tvaru listu Jinanu (*ginko biloba*).



Obr. 64 - Rybinový čep

Obr. 65 – Spoj s „husím krkem“

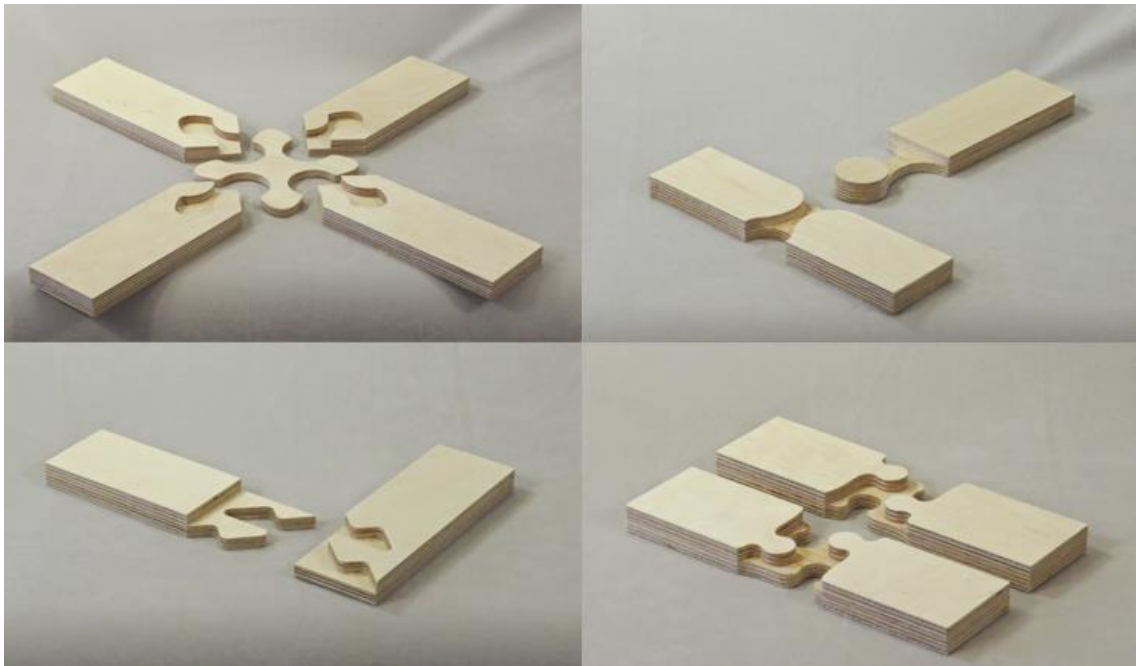
Moderní varianty puzzle spoje ze dvou identických dílců (obr. 66) nebo přeplátovaný spoj s eliptickým výběžkem (obr. 67) je vidět na následujících ukázkách. Poslední zmíněný je však spíše dekorativní, než aby odolával velkému tahovému zatížení.



Obr. 66 - Spoj na principu "puzzle"

Obr. 67 - Eliptický spoj

Příklady kolmého napojování ukazuje obr. 68. V případě rámových spojů se většinou jedná o modifikaci přeplátovaného spoje. Křížové spojení v první variantě využívá vlis na způsob hmoždíku. Tyto vlisy mohou být víceúhlové nebo oboustranné.

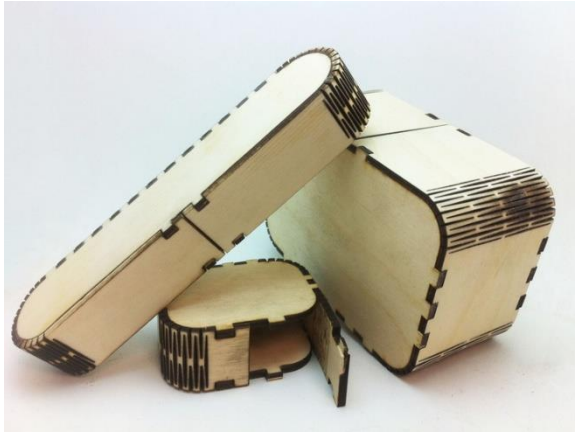


Obr. 68 - Křížové napojování rámových konstrukcí

Všechny doposud zmíněné spoje v této kapitole byly vytvořeny za pomoci 3-osého CNC routru. Pro vzorky byla použita břízová překližka tloušťky 18 mm. Předlohou pro vzorky tvořil výzkum, jenž provedl Prof. Jochen Gros a designér Friedrich Sulzer. Projekt vyústil ve volně dostupné studie CNC spojů pod názvem *50 digital wood joints*. (Meier, 2014)

Stránka *weeke.com* ve své podpoře k programu *WoodWOP* nabízí i digitalizované verze těchto spojů v parametrickém systému pro rychlé použití.

Kromě běžných statických spojů jsou pokusy i o dynamické homogenní spojení. Tuto kategorii však CNC spoje vyplňují nedostatečně, a to z pohledu funkční kvality. Na obr. 69 je zobrazen hybrid mezi dynamickým a statickým spojením. V tomto případě tvoří perforace také napětí, které fixuje ozuby, není tedy potřebné aplikovat lepidel. Boxy na obr. 69 byly vyrobeny za pomoci laserového obrábění. Lehce spálené hrany zde tvoří dekorace. Takto profézované překližky se používají také jako tvarové dílce, např. u židlí v místě spojení sedáku a opěráku (obr. 70).



Obr. 69 - Pružná perforace PDP



Obr. 70 - Pružná perforace u sedáku židle

Dalším mezistupněm mohou být polohovatelné spoje. Tímto způsobem se může naklápět deska pracovního stolu (obr. 71 a 72).

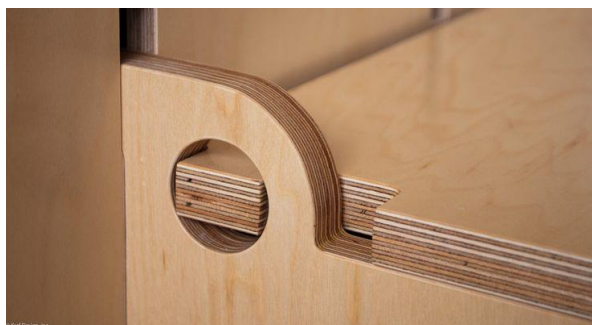


Obr. 71 - Polohovatelný spoj I

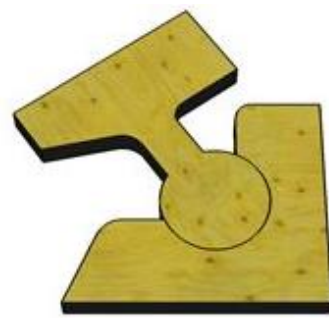


Obr. 72 - Polohovatelný spoj II

Pohyblivý CNC spoj je ukázán na obr. 73 a 74. Již na první pohled je patrný možný problém s třením a životností spoje. Tohoto systému by mohlo být využito u občasného používání daného nábytku. Příklad realizace je uveden v následující kapitole, v podobě taburetu *Robo stool*.



Obr. 73 - Dynamický spoj I



Obr. 74 - Dynamický spoj II

5.3.2. Ukázky nábytku

Provedením průzkumu produktového světa lze nalézt spousty CNC nábytků s aplikovaným spojem. Zde je uvedeno několik zajímavých příkladů užití spoje v praxi. Tyto ukázky jsou řazeny chronologicky od nejstarších produktů.

PANO chair

Autor: Studio Lo

Technologie: CNC, NTR, RTA

Rok: 2003

Popis: Židle vznikla pod taktovkou francouzského designerského studia jako moderní ekologický design. Navržena byla pro obdélníkový formát překližovaného materiálu s maximální výtěží (obr. 75). Zajímavostí je, že většina řezů je společná zároveň pro dva dílce, čímž dochází k úspoře nejen materiálu, ale i energie při výrobě.

Zdroj: www.studiolodesign.fr



Obr. 75 - PANO chair

Clidinner chair, Clicrocker glass

Autor: Peli design

Rok: 2004

Technologie: CNC, NTR, RTA

Popis: Kromě odpočinkového sezení obsahuje řada *Clic* i jídelní konferenční i barové stoly, různé druhy židlí a taburetů nebo i dekorativní stěny. Všechny výrobky stojí na

pružinovém spoji, který tvoří základní vizuální stigma produktů. První exempláře byl vyřezáván za pomoci vodního paprsku. Mimo klasické PDP desky byly některé nepružné dílce vyrobeny i ze skla (obr. 76 a 77).

Zdroj: www.pelidesign.com



Obr. 76 – Clicdinner chair



Obr. 77 – Clicrocker glass

Robo stool

Autor: Chunk!

Rok: 2008

Technologie: CNC, NTR, RTA

Popis: Tento taburet z Austrálie je ukázkou dynamického spojení dílců v konstrukci, díky němuž je možné zvýšit funkční plochu ze 415 na 635 mm. Autor uvádí, že konstrukce snese statické zatížení ekvivalentní váze 100 kg. Výrobek je zhotoven z bambusové dýhované desky nebo překližky tloušťky 12 mm (obr. 78).

Zdroj: www.chunkdesign.com.au



Obr. 78 - Robo stool

Coffe table 2x3

Autor: Petar Zaharinov, PRAKTRIK

Rok: od 2009

Technologie: NTR, RTA

Popis: Výroby z řady *puzzle collection* vynikají svou bezlepidlovou konstrukcí založenou pouze na samosvornosti spojů. V kolekci je možné najít od třínohých stolů až po komplikované skládačky z 24 dílců. Na obr. 79 je vyobrazená 6 dílná varianta. Celá série byla inspirována hlavolamem *čínský kříž* (vyobrazený dříve na obr. 27). Aby bylo možné složitější typy nábytku skládat, jsou spoje z vnitřní strany opatřeny systémem čísel a barev, které by měly uživatele při montáži úspěšně navádět. Studio Praktrik, ze kterého kolekce pochází, se krom stolů zabývá i policovými systémy z aglomerovaných materiálů, opět na „puzzle“ principu.

Zdroj: www.paktrik.com



Obr. 79 – Coffe table 2x3

Skeleton chair

Autoři: M. Šimek, A. Kořený

Technologie: CNC, NTR, RTA

Rok: 2010

Popis: Jedná se o univerzitní projekt realizace nábytku optimalizovaného pro 3osé CNC za užití překližky z roku 2010. Ve výrobku jsou použity samosvorné spoje inspirované klasickou technologií. Celý produkt je realizován za pomoci jednoho CNC routru a jednoho kusu překližky o celkovém počtu 22 dílců (Obr. 80).

Zdroj: www.swst.org (skeleton chair)



Obr. 80 - Skeleton chair

Chidori furniture

Autor: Kengo Kuma and Associates (East Japan project)

Rok: 2011

Technologie: NTR, RTA, (CNC)

Popis: Tento praktický projekt vznikl jako reakce na zemětřesení v Japonsku v roce 2011. Skupina skrz EJP soustředila tradiční truhláře a designéry v regionu s cílem obnovit škody a vybudovat flexibilnější lokálně orientované produkty. Produkt vychází ze stejnojmenné dětské hračky. Je vyroben z masivu místního ořechu a je schopen se řetězit ze všech 6 stran do nekonečných tvarů schopných modifikace dle aktuální potřeby (obr. 81).

Struktura *chidori* reflektuje Japonskou kulturu a jako taková se promítla nejen do policového systému, ale i do konstrukce staveb.

Zdroj: www.kkaa.co.jp



Obr. 81 - Chidori furniture

System-S

Autor: Wayfarer Furniture

Rok: 2013

Technologie: CNC, NTR, RTA

Popis: Výrobky řady *System-S* jsou založené na lokální produkci a udržitelném designu realizovaném ve Velké Británii. *System-S* je rozebíratelný rohový spoj, na kterém vznikla série tabureků (obr. 82). V roce 2014 se v nabídce objevily i taburety, které se dají seskládat do policového systému. Firma plánuje produkovat i stoly a lavičky ve stejném designu.

Zdroj: www.wyfr.co.uk



Obr. 82 - Taburet System-S

PEG chair

Autor: Paul Loebach

Rok: 2014

Technologie: CNC, NTR, RTA

Popis: Židle vznikla ve studiu *Makers Anonymous*. Akronym v názvu výrobku představuje „Parts Excluding Glue“, tedy části nevyžadující lepení. Židle je vyrobena celá z masivního dřeva, respektive spárovky, prostřednictvím CNC obrábění velkých masivních bloků, což razantně snižuje výtěž (obr. 83). Celý výrobek používá jeden typ spoje a je inspirován dětskými skládačkami. Židle je opakovatelně rozebíratelná. (Obr. 84)

Zdroj: paulloebach.com



Obr. 83 - Výroba PEG chair



Obr. 84 - PEG chair

Tyto ukázky slouží jen pro letmou představu realizovaných výrobků s filozofií CNC spoje. Další ukázky je možné nalézt na stránkách *Opendesk*, *design to connect*, u výrobců *Plydea*, *AtFAB* a další.

6. PRAKTICKÁ ČÁST

6.1. Analýza vybraných vlastností CNC spoje

6.1.1. Estetická stránka spoje

Jedno ze základních stigmat CNC spoje je jeho estetická stránka. Samotná konstrukce spoje má na rozdíl od konvenčních spojů zásadní vliv na vzezření výrobku. Úlohou návrháře a designéra je pak patřičně pracovat s tímto charakteristickým rysem technologie. Z průzkumu trhu vzešlo dělení CNC spoje aplikovaného v nábytku do třech kategorií, podle pohledových vlastností, a to na spoj skrytý, technický/studentický a luxusní.

Skrytý spoj – představuje zařazení CNC technologie do výrobku. Ten si zachovává systémy NTR, RTA a zároveň nepůsobí nápadně. Tento princip zachycuje obr. 85 a 86 - *Edie stool* z projektu *opendesk*. Pohled zespod ukazuje jediný viditelný konstrukční detail spojení materiálů.



Obr. 85 - *Edie stool* před montáží



Obr. 86 - Pohled na skryté uchycení noh u taburetu

Technický spoj – tato varianta pracuje se spojením jako s čistě technickým prvkem. Spoj není nikterak maskován, ale ani vyzdvihován. Tvoří charakteristický vzhled při použití dané technologie. Takto řešené výrobky jsou často předmětem studentských projektů. Na obr. 87 a 88 je ukázka typického CNC nábytku z kavárny *Artek* v Petrohradě od Alekseje Galkina.



Obr. 87 - Kavárna Artek



Obr. 88 - Set z kavárny Artek

Luxusní spoj - CNC spoj je však natolik netypický, že může cíleně strhávat pozornost nebo tvořit významný detail ve výrobku (obr. 89 a 90). Kromě zajímavých nadstandardních tvarů spoje je možné pracovat i s barevností jednotlivých dílců (obr. 90). Ty pak můžou připomínat intarzie nebo upozorňovat uživatele na strukturu spoje. V kapitole „Ukázky nábytku“ jsou uvedeny dva příklady nábytku ze série *Clic*. U této řady je ústředním motivem výrazný pružinový spoj, který tvoří určitou estetickou přidanou hodnotu.



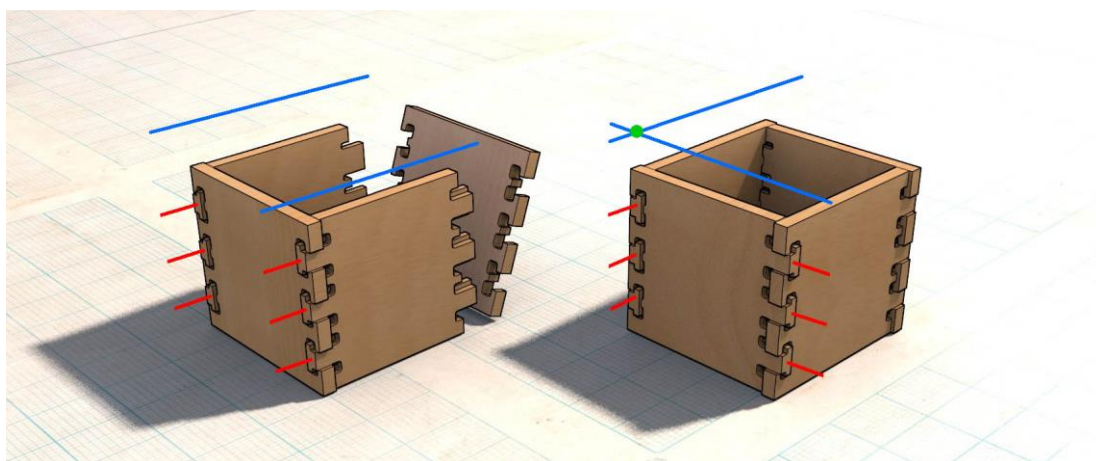
Obr. 89 – Tvarově zajímavější řešení CNC spoje u Abbott chair



Obr. 90 - Polokrytý ozub v podání CNC spoje

6.1.2. Tuhost konstrukce CNC nábytku

V kapitole „Pevnost a tuhost“ byly zmíněny stupně volnosti. Jedná se o podstatný princip kinematiky tuhého tělesa, se kterým je potřeba pracovat v případě nábytku s aplikovaným homogenním CNC spojem. Z tohoto pohledu se CNC spoje dají rozčlenit do tří kategorií. První tvoří jednoduchý CNC spoj s minimálně jedním stupněm volnosti. Na obr. 91 jsou ukázány dva způsoby skladby krabičky za pomoci kladivového ozubového spoje. Samotný spoj disponuje jedním volným směrem. Jedná se o osu, po níž se spoj montoval dohromady. V tomto směru není dílec nijak dále fixován. Aktivní je tedy jeden stupeň volnosti. Zbýlých 5 stupňů je v teoretické rovině eliminováno podepřením kladivového ozubu. Volný směr z pohledu montáže je znázorněn na obrázku modrou čarou.

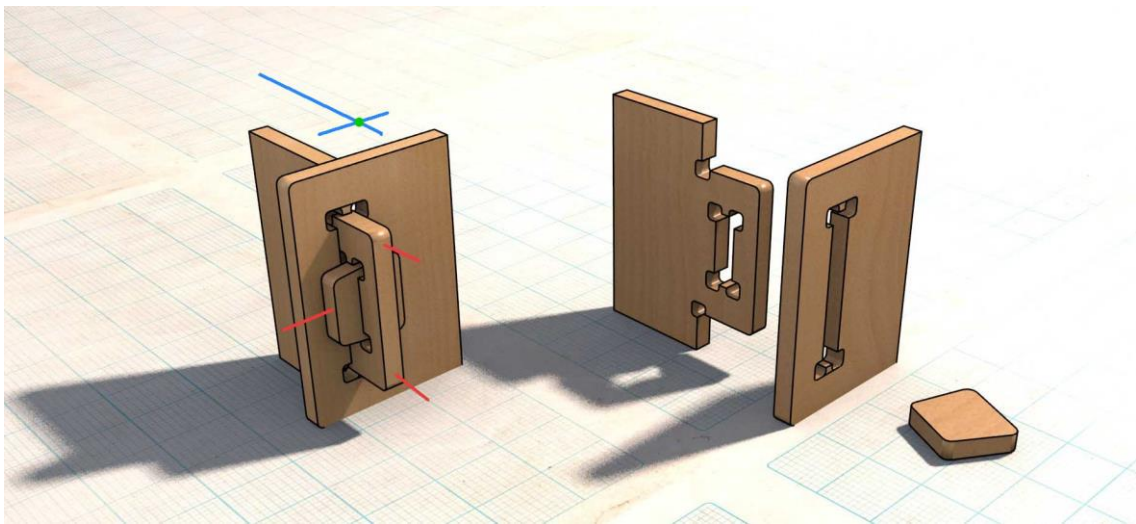


Obr. 91 - Směry volnosti u CNC spoje

V nábytku je však potřeba zabezpečit stálost spojení. Nežádoucí stupeň volnosti se tak může rušit koexistencí více spojů. Tento efekt je znázorněn na témže obrázku v druhém případě. Modré osy, po nichž se výrobek montoval, se navzájem kříží. Dochází tedy k uzamčení spoje. Vzhledem k procesu montáže se však nejedná o tuhé, nýbrž pružné podepření zapříčiněné tolerancemi spoje a tuhostí konstrukčního materiálu. Skladba těchto ozubových spojů tedy vytvořila cyklický řetězec návazností, díky nimž se zabezpečila stálost rozebíratelného spoje pro náhodné směry působících sil na konstrukci. K rozebrání je zapotřebí vhodná kombinace několika směrů působících sil. V jiném případě se totiž, v takovém uspořádání konstrukce, zvětší třecí síla a tedy i samosvorná schopnost spoje. Vyobrazený případ reprezentuje cyklickou návaznost. Ve výrobku se může objevit i konečná návaznost, která je charakteristická počtem zámků. Na straně 61

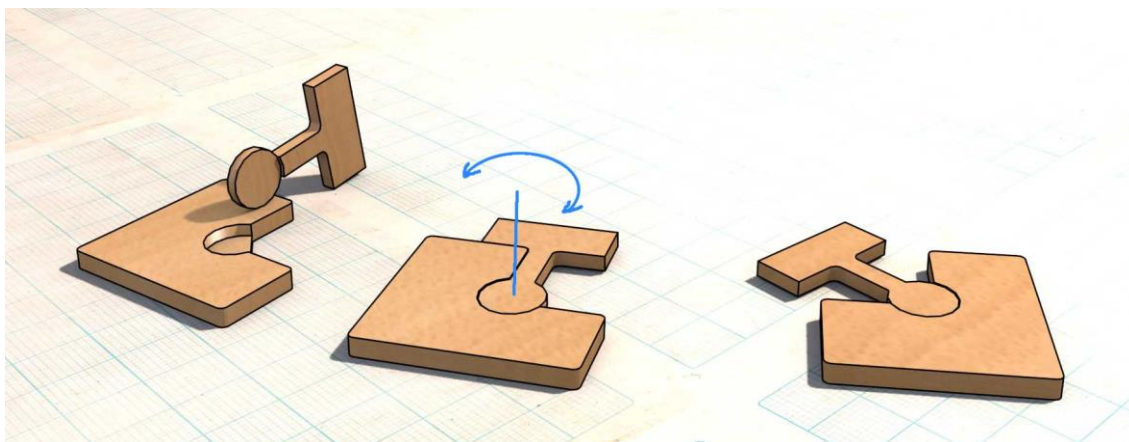
je uveden *Coffe table 3x2*, který je založen primárně na vzájemném uzamykání jednoduchého přeplátovaného spoje, a to opět cyklickou návazností.

Druhý způsob fixace spoje představuje aplikace zajišťovacího prvku. Tento princip je možné sledovat v tesařství nebo u starých dřevěných hlavolamů. V CNC nábytku je typickým zajišťovacím prvkem kolík nebo klínek. U tohoto prvku se neuvažuje s působením významných sil. Může se zde však objevit povolování vlivem dynamického namáhání celé konstrukce. Na obr. 92 je příklad takového spoje. Hlavní směr volnosti reprezentovaný delší modrou čarou je zamčen klínkem (křížení vytváří zámek). Zde nedochází k řetězení zámků vlivem skladby konstrukce. Spoj je na celkovém výrobku nezávislý.



Obr. 92 – Směry volnosti při uzamykání klínkem

Další způsob CNC spoje pracuje s rotačními stupni volnosti. Na obr. 93 je dynamický CNC spoj. Kromě translačního stupně zapříčiněného montáží je zde přítomna i rotace v navrženém rozmezí 90°.



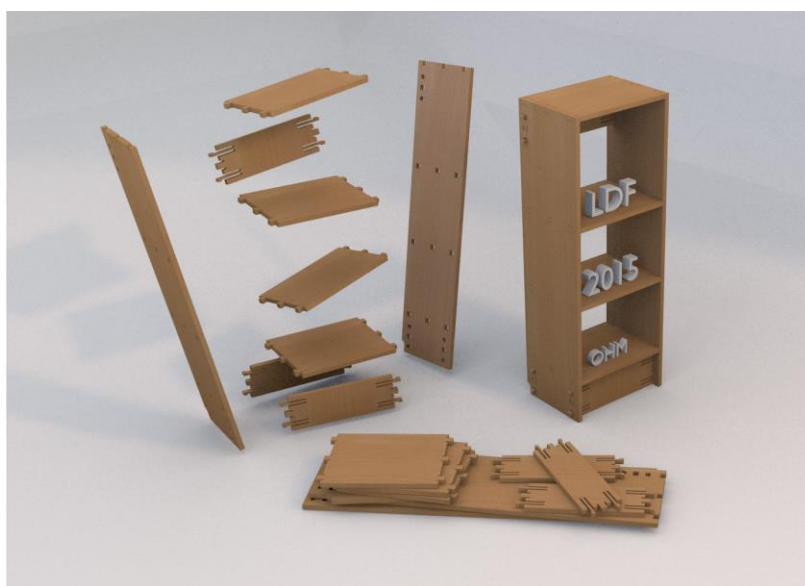
Obr. 93 - Směry volnosti u dynamického spoje

6.1.3. Příklad LCI pro výrobek na bázi dřeva

Je uvažován výrobek na bázi aglomerovaných materiálů. V návaznosti na dotazník v praktické části práce je zvolena malá knihovna. Následující analýza je zaměřená na srovnání homogenního a konvenčního spoje z hlediska ekologické materiálové náročnosti. Pro potřeby této ukázky poslouží existující výrobek od firmy IKEA, dýchovaná knihovna BILLY (Číslo artiklu: 702.845.28, obr. 94) a ekvivalentní návrh podle dokumentace z *50 wood joints* inspirovaný výrobkem *clip-shelf* (obr. 95).



Obr. 94 - Knihovna BILLY



Obr. 95 – Návrh skříňky Clip-shelf

Knihovna BILLY se skládá z břízou dýhované DTD 18 o ploše 1,02 m², zad z HDF o ploše 0,38 m² a 0,784 kg kování na bázi pozinkované oceli. *Clip-shelf* je složená pouze z 1.11 m² bukové PDP 15. Prodejci velkoplošných materiálů nabízí dýhovanou DTD minimálně dvakrát levněji jak truhlářskou překližku.

6.1.3.1. LCI analýza

Následující porovnání čerpá ze dvou materiálových databází, jelikož autor práce neměl přístup k ucelenějším, placeným datům. Primární databázi tvoří program *CES Edupack* (fialová barva). Neúplná nebo chybějící data se dohledala v databázi CPM LCA, označená modře (dostupné z *cpmdatabase.cpm.chalmers.se*). V tabulkách jsou uvedeny hlavní oblasti výroby knihoven, a to na základě použitých materiálů. Část hodnot v databázích nebyla nalezena nebo není pro daný materiál či proces relevantní. Pro produkci 1kg PDP je v příkladu zpracováno 1,4 kg rostlého dřeva. Pro produkci 1 kg oceli bylo zapotřebí 2,75 kg železné rudy.

Tab. 3 a 4 ukazuje vybraná environmentálně orientovaná data pro zkoumané výrobky.

Tab. 3 - LCI analýza pro knihovnu BILLY

	materiály	váha mat.	vlož. energie	CO2	NOx	SOx	vodní stopa	VOC	Eko 99
	jednotka	kg	MJ	kg	g	g	l	g	milipoint
BILLY	DTD	12,22	97,07	1,21	44,01	154,03	8557,47	9,78	132,52
	opracování	1,02	0,78	0,06	-	-	-	-	-
	PVAC (Cascol)	0,21	21,50	0,63	3,72	3,00	-	2,37	22,45
	HDF	0,97	23,45	1,74	2,91	12,11	726,75	-	-
	opracování	0,03	0,03	0,00	-	-	-	-	-
	AISI 310 steel	0,08	9,80	0,58	2,43	4,12	14,90	-	-
	tažení (drátu)	0,08	1,33	0,12	-	-	-	-	-
	opracování	0,08	0,34	0,03	-	-	-	-	-
	pozink galv.	0,08	0,22	0,01	-	0,00	-	-	-
	Dýha BR	0,48	5,02	0,42	1,30	3,26	331,20	-	-
opracování	0,48	0,58	0,05	-	-	-	-	-	
Součet	13,96	160,12	4,84	54,37	176,53	9630,32	12,15	154,97	

Tab. 4 - LCI analýza pro Clip-shelf

	materiály	váha mat.	vlož. energie	CO ₂	NO _x	SO _x	vodní stopa	VOC	Eko 99
	jednotka	kg	MJ	kg	g	g	l	g	milipoint
Clip-shelf	PDP	12,51	195,66	1,60	28,86	157,63	8757,00	12,37	117,14
	opracování	1,08	0,92	0,07	-	-	-	-	-
	Součet	12,51	196,58	1,67	28,86	157,63	8757,00	12,37	117,14

6.1.3.2. Výsledky příkladu

Z tabulek je na první pohled patrný rozdíl ve velikosti výrobního procesu. K výrobě *Clip-shelf* je potřeba zpracovat pouze jeden materiál oproti pěti hlavním materiálům v případě BILLY knihovny. Energeticky nejnáročnější je vyrobit knihovnu z překližky. Samotná překližka je totiž hodnotnější materiál a na výrobu náročnější než surová DTD. S tím souvisí i větší emise VOC na výrobek. Naopak u všech ostatních sledovaných znaků má *Clip-shelf* znatelnou výhodu. V případě emise CO₂ (jako hlavního skleníkového plynu) a vodní stopy se zde velice pozitivně projevila absence doprovodných výrobních procesů jako je zpracování kování nebo lepidel. Menší vliv se prokázal u plynů NO_x a SO_x.

Knihovna BILLY se vyrábí ve velkých sériích a nemá tedy v cenové politice valné konkurence. Druhý sledovaný produkt postavený na CNC spoji, ač má spoustu výrobních předností, patrně nedokáže BILLY u dané cílové skupiny ekonomicky ohrozit. Jeho předností je však environmentálně přívětivější profil, který je patrný i přes porovnání nestejných hlavních materiálů (DTD-D a PDP). Materiálová diference má bohužel na výsledné hodnoty velký vliv. Příklady však byly vybrány s ohledem na reálnou situaci, kdy se nedá předpokládat výroba složitého homogenního CNC spoje v třískových materiálech. A naopak DTD se jeví jako běžný a rozšířený materiál pro levnou výrobu nábytku.

V tomto ilustrativním porovnání se tedy potvrdila hypotéza o menší ekologické zátěži produkce výrobku postaveném na CNC spoji. Celá ukázka však nebrala v potaz užitnou hodnotu, která materiálovou zátěž vyvažuje. U kování je totiž k dispozici celá škála nezastupitelných statických i dynamických funkcí. Tyto se pak velkou měrou zasazují o vnímání hodnoty celkového výrobku. Lepidla poskytují rigidní spojení materiálů. Co do funkce jsou však potenciálně daleko snáze nahraditelná technologií CNC spoje.

Výstupem úvahy je tedy nutná stratifikace oblasti použití. CNC homogenní spoj nemůže konvenční spojení zcela nahradit, ale poskytuje vhodnou alternativu v situacích, kdy mají konvenční spoje „jen“ charakter statického spojení materiálů. Tento přístup se pak příznivě projeví na ekologickém profilu výrobku. Toho se dá využít při propagaci produktu a zacílit tak na příslušné skupiny zákazníků.

Konsekvenční předpoklad, který může umocnit ekologický profil CNC nábytku, míří na recyklovatelnost. Jednak je v případě *Clip-shelf* potencionální odpad z jednoho materiálu a není třeba provádět třídící procesy a také je, jak naznačila předchozí kapitola o odpadech, možné překlížku efektivně přetvořit v jiné aglomerované materiály snáze nežli u dřevotřísky.

6.2. Dotazník

6.2.1. Cíl praktické části

Prostřednictvím této diplomové práce byl formulován požadavek na průzkum výrobního prostředí nábytku. Základní otázky, na které odpovídá dotazník, jsou:

- Má CNC spoj v českém prostředí potenciál uplatnit se v praxi?
- Jak vnímají výrobci nábytku vlastnosti CNC spoje?
- Jsou výrobci ochotni a schopni spoj do výroby zavést?
- Byl by případný zájem o tuto technologii podporován poptávkou ze zahraničního/domácího prostředí?

Mezi přidané hodnoty projektu patří i obohacení konkurenčního prostředí o tyto cenné informace – výsledky zpracování dotazníku, jež mohou posloužit jako propagace technologie CNC spoje, budou respondentům zaslány.

6.2.2. Metodologie

Splnění cíle zajišťoval dotazník distribuovaný v elektronické formě. Pro relevantnost informací a časovou únosnost byla stanovena hranice 30ti vyplněných dotazníků. Tyto

odpovědi měly reprezentovat základní soubor čítající prostředí o cca jednom tisíci podniků (údaj z firem.cz), jež představují cílovou skupinu tohoto projektu. Na základě zkušeností a předpokladů byla stanovena hranice 100 náhodně oslovených výrobců, která se posléze operativně navýšila na 150. Pro relevantní odpovědi musela firma splňovat tato základní kritéria:

- Firma se sídlem v ČR.
- Firma zabývající se výrobou nábytku z materiálů na bázi dřeva.

6.2.2.1. Provedení práce

Na distribuci dotazníku sloužila webová aplikace zhotovená přímo pro tyto účely. Technické provedení zajišťovala firma *TENTOweb Design & Marketing*. Vlastní výběr firem provedl autor práce na základě seznamu *Asociace českých nábytkářů* (www.czechfurniture.com) a portálu *firmy.cz* (www.firmy.cz). Výběr firem ze základního souboru neprobíhal podle žádného předem stanoveného klíče a byl náhodný. Celkem bylo přes emailovou adresu osloveno 169 podniků, z nichž minimálně 2 nesplňovaly základní kritéria. (Tato skutečnost byla zjištěna z emailové odezvy). Dotazníkové otázky jsou k nahlédnutí v příloze 1.

Pro zpětnou kontrolu duplicity a pro rozeslání výsledků projektu firmám, které se na průzkumu podílely, byl zaveden systém originálních odkazů s *hash* klíčem. Ten pomohl determinovat firmy, které již dotazník vyplnily. A následně dotazník zablokoval, aby se předešlo vícenásobnému vyplnění. Sekundární ochranu tvoří kontrola IP adres. Tyto informace slouží pouze pro interní potřeby vyhodnocení výsledků a nebudou nikde zveřejňovány. Do databáze se dále ukládaly konkrétní odpovědi na jednotlivé otázky, což umožňuje pokročilejší vyhodnocení odpovědí. S celkovým vymazáním databáze se počítá po úspěšném obhájení výsledů nebo stornování projektu.

6.2.2.2. Zpracování výsledků

Ke zpracování bylo využito 30 úspěšně vyplněných dotazníků, tedy bez kvalitativního přihlídnutí k odpovědím. Dva respondenti z tohoto souboru však patrně přeskočili některé části dotazníku, což však v rámci zpracování odpovědí nevede k zásadnímu

zkreslení výsledků. Tyto dotazníky byly postoupeny spolu s ostatními k patřičné analýze. Ta probíhala v programu *MS Excel*, a to metodou deskriptivní analýzy prostřednictvím momentových charakteristik.

6.2.3. Výsledky dotazníku

Základní přehled výsledků dotazníku je uveden v příloze 2. V této příloze jsou vynechány otázky č. 3 a 4. Tyto otázky budou podrobněji zpracovány v následujících kapitolách.

6.2.3.1. Charakteristika respondentů:

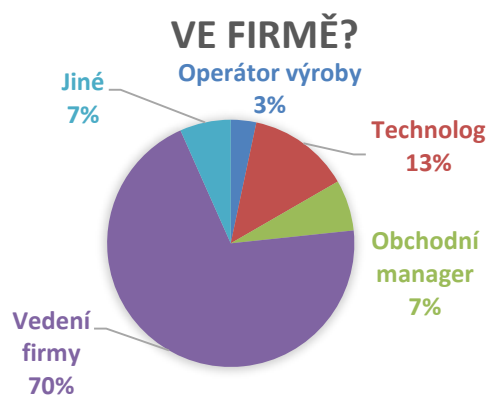
Z 30 validních respondentů je podle otázek č. 9 a 11 (obr. 96 a 97) patrné, že o účast na podobných projektech jeví zájem převážně malé podniky respektive živnostníci. Co do způsobu výroby se jedná převážně o kusovou výrobu (67 % respondentů), na sériovém modelu výroby stojí 23 % firem. Z celkového počtu oslovených subjektů se projektu zúčastnilo necelých 18 % firem.

9. JAK VELKÁ FIRMA



Obr. 96 - Otázka č. 9

11. JAKÁ JE VAŠE POZICE



Obr. 97 - Otázka č. 11

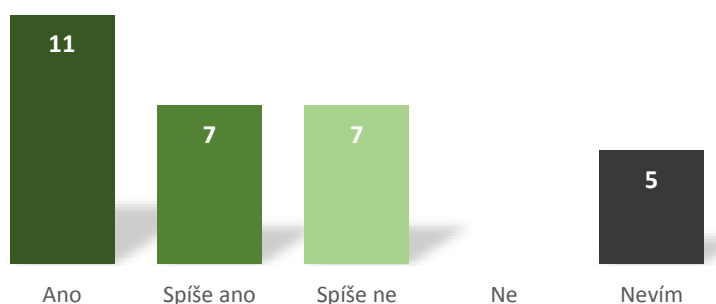
6.2.3.2. Vyhodnocení

Věcná část dotazníku začínala popisem spoje a zobrazením třech zástupců typických CNC spojů (viz příloha 1). Jedná se o zástupce nábytku s užitou filozofií CNC spoje

v kategorii – luxusní nábytek, studentský nábytek a nábytek se skrytým CNC spojem. Tito zástupci měli respondentům pomoci utvořit si základní obrázek o dotazované problematice.

První otázka na respondenty zjišťovala konkurenční schopnost CNC spoje. Cílem této otázky bylo opustit univerzitní prostředí postulátů a ověřit si pohled na tuto technologii přímo v praxi. Pro všestrannější validitu této otázky by však bylo potřeba provést průzkum i u zákazníků, jelikož ti do velké míry určují produktové portfolio firem. Tato otázka tedy nepřímo spoléhala i na průzkumy oslovených firem. Podle obr. 98 je možné soudit, že tímto typem spoje se má smysl zabývat. Jedná se sice o dosti komplexní otázku, avšak vyjadřuje pozitivní náladu k dané technologii.

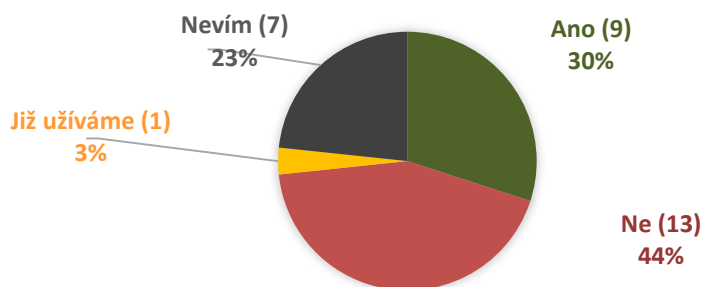
1. Je podle vás technologie CNC spoje v ČR konkurenceschopná?



Obr. 98 - Otázka č. 1

Ze spektra dotazovaných by však téměř polovina respondentů neuvažovala o případném zavádění této technologie do jejich výroby. (Obr. 99)

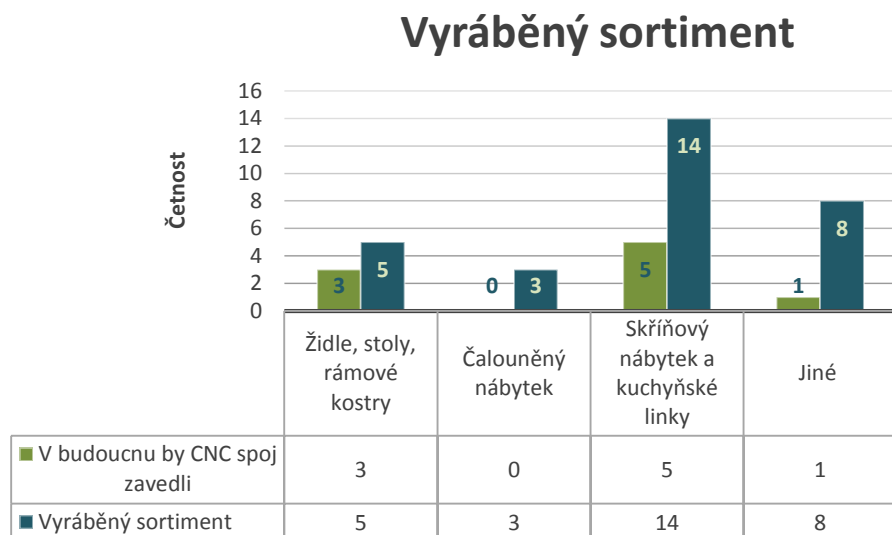
2. Dokázali byste si v budoucnu představit zavádění tohoto spoje do vaší výroby?



Obr. 99 - Otázka č. 2

Z dotazníku dále vyplývá, že pouze 4 firmy (13 %) vidí CNC spoj konkurenceschopný, uvažovaly by o jeho zavedení a zároveň mají víceosé CNC. Víceosým CNC však disponuje 16 oslovených (53 %), z nichž 7 vlastní minimálně 4-osé stroje.²

Respondenti, kteří připustili možnost zavedení CNC spoje, vyrábějí nábytek převážně z aglomerovaných materiálů (66,6 % z kladných odpovědí). V případě vyráběného sortimentu jsou výsledky přehledně znázorněny na obr. 100. Zde jsou porovnány obecné četnosti vyráběného nábytku spolu s výrobcí, kteří by CNC spoj eventuálně mohli do své výroby zavést. Jediný respondent v této kategorii, který uvedl odpověď „jiné“ se zabývá výrobou nábytku do dětského pokoje. Zbýlá většina pod sloupcem „jiné“ vyrábí postele a nábytek do ložnice.

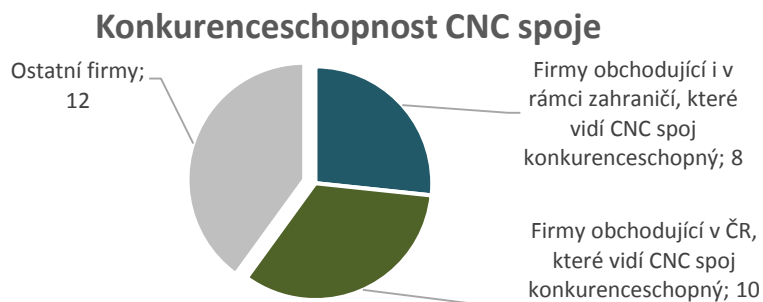


Obr. 100 - Vyráběný sortiment respondentů

Další srovnání sleduje, zdali obchodování se zahraničím ovlivňuje pohled na konkurenceschopnost CNC spoje (obr. 101). Otázka jen velice povrchně naráží na možné odlišnosti v rámci širšího prostředí než je Česká republika. Kdyby se prokázal vliv kooperace se zahraničím na vnímání nové technologie, bylo by podnětné dále zkoumat příčiny tohoto jevu a pomoci tak ke zlepšení výrobního prostředí v České republice. Za základní hypotézu se dá považovat názorová vyváženost napříč výrobními subjekty bez

² Nutno zmínit, že v průběhu oslovování náhodných firem se objevovaly časté reakce ve smyslu: „naše firma nevlastní CNC stroje“ a dotazník nevyplnily. Proto může údaj o vybavenosti CNC obráběcími centry výrazně zkreslovat reálný stav.

ohledu na zahraniční kontrakty. Tato hypotéza vychází z principů globalizace hospodářství, egalizace kulturního prostředí jednotlivých států a provázanosti ekonomik minimálně na úrovni EU.



Obr. 101 - Konkurence schopnost CNC spoje ve vztahu k domácímu/zahraněnímú trhu

6.2.3.2.1. Obecné vlastnosti CNC spoje

Hlavní částí projektu bylo zjistit, jak jsou jednotlivé vlastnosti spoje vnímány samotnými výrobcí. Pro hodnocení nebyly respondentům dány žádné kvantitativní parametry typické pro danou vlastnost. Hodnocení bylo tedy empirické a pocitové.

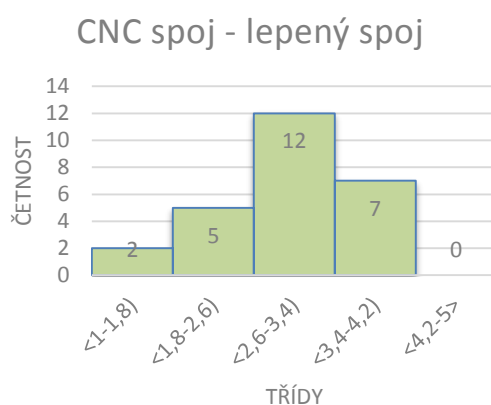
Následující tab. 5 uvádí přepis výsledů otázky č. 3. Pod tabulkou se nachází grafické znázornění výsledků v podobě četností známek. Hodnotila se vlastnost CNC spoje v porovnání s konvenčním lepeným spojem. Tedy známka „1“ znamená, že CNC spoj v dané kategorii dosahuje výrazně lepších výsledků. Znamka „3“ je potom neutrální.

Tab. 5 - Otázka č. 3

Otázka 3 -Jak vnímáte jednotlivé vlastnosti bezlepidlového CNC spoje v porovnání s konvenčními lepenými spoji.

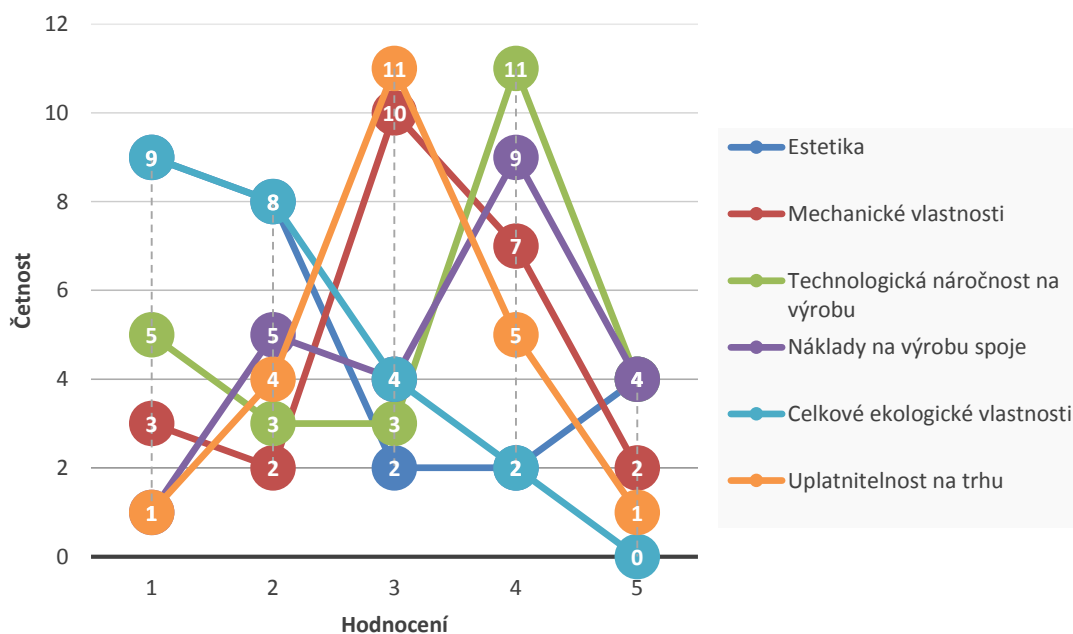
Znamka	1	2	3	4	5	Nevím
Estetika	9	8	2	2	4	5
Mechanické vlastnosti	3	2	10	7	2	6
Technologická náročnost na výrobu	5	3	3	11	4	4
Náklady na výrobu spoje	1	5	4	9	4	7
Celkové ekologické vlastnosti	9	8	4	2	0	7
Uplatnitelnost na trhu	1	4	11	5	1	8

Pro jednoduché znázornění výsledků byly vypočteny sumarizační známky, které však přiřkládají všem vlastnostem stejnou váhu. Toto hodnocení bylo vypracováno u 26 respondentů. U zbylých 4 nebyla sesbírána validní data. Zjednodušené srovnání CNC a lepeného spoje je patrné z histogramu (obr. 102). Průměrné hodnocení CNC spoje v porovnání s lepeným spojem dosahuje hodnoty $2.88 \pm 0,72$. Ve výběrovém souboru respondentů je tedy spoj hodnocen lehce nadprůměrně. Tento rozdíl je však zanedbatelný. Pro celkový soubor se dá říct, že jsou spoje celkem rovnocenné.



Obr. 102 - Histogram známek pro srovnání CNCspoj - lepený spoj

Následující graf (obr. 103) uvádí úplné hodnocení jednotlivých vlastností z tab. 5.



Obr. 103 - Úplné hodnocení vlastností CNC spoje - lepeného spoje

Podle daného hodnocení vidí výrobci přidanou hodnotu CNC spoje v rámci ekologického profilu a estetického ztvárnění. Sledovaný spoj však neobstál na poli výrobních nákladů, technologické náročnosti a spíše hůře jsou hodnoceny jeho mechanické vlastnosti. Uplatnitelnost na trhu je v zásadě vnímána stejně jako u lepeného spoje.

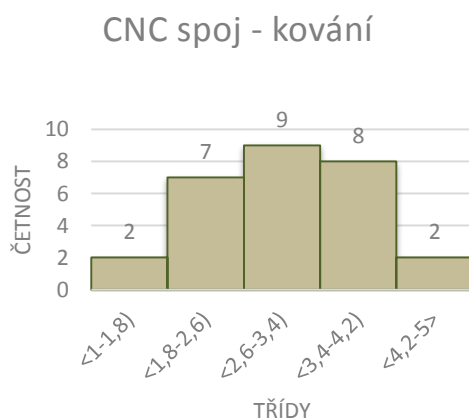
Pro otázku č. 4 jsou uvedeny odpovědi v tab. 6. Nyní jsou sledovány vlastnosti CNC spoje v porovnání se spojem zabezpečeným pomocí kování. Z této části dotazníku bylo použito 28 validních odpovědí.

Tab. 6 - Otázka č. 4

Otázka 4 - Jak vnímáte jednotlivé vlastnosti bezlepidlového CNC spoje v porovnání se spojováním pomocí kování.

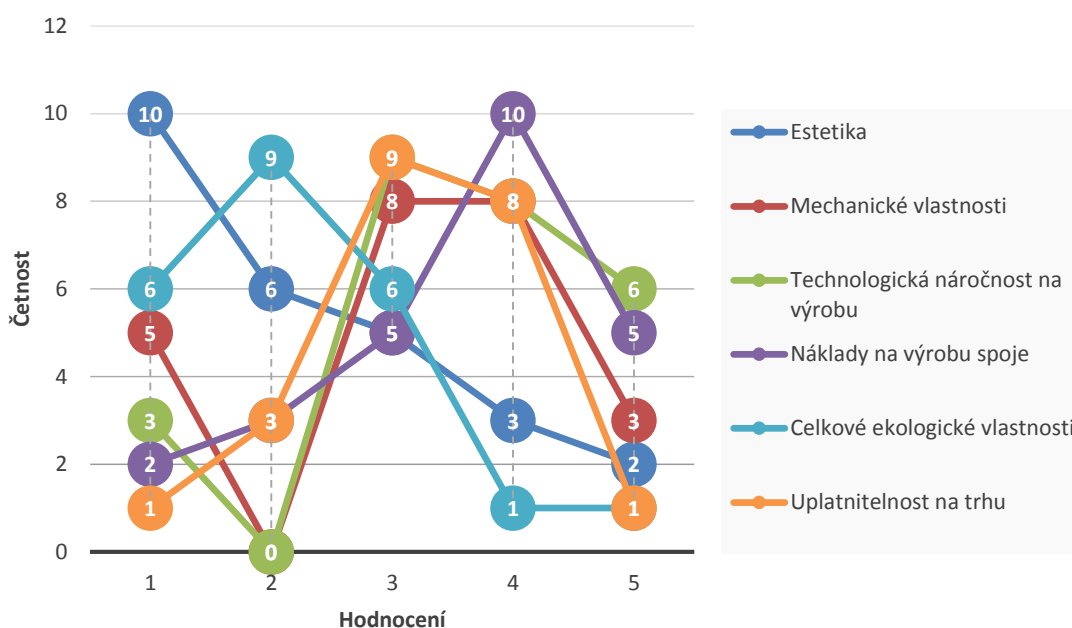
Známka	1	2	3	4	5	Nevím
Estetika	10	6	5	3	2	4
Mechanické vlastnosti	5	0	8	8	3	6
Technologická náročnost na výrobu	3	0	9	8	6	4
Náklady na výrobu spoje	2	3	5	10	5	5
Celkové ekologické vlastnosti	6	9	6	1	1	7
Uplatnitelnost na trhu	1	3	9	8	1	8

Sumární hodnocení CNC spoje s kováním je téměř symetrické a blíží se normálnímu rozložení. Střední hodnota známkování je $3,02 \pm 0,88$ (obr. 104). Skrz sumu vlastností se tedy jedná o stejně ceněné způsoby spojování.



Obr. 104 - Histogram známek pro srovnání CNC spoj - kování

Z bližšího porovnání vlastností na obr. 105 je však CNC spoj, podobně jako tomu bylo u otázky č. 3, kladně hodnocen u estetických vlastností a v ekologickém profilu. K jisté neshodě mezi respondenty dochází v případě mechanických vlastností, tak jako u technologické náročnosti na výrobu. Spoj je podle výrobců opět na výrobu nákladnější a na trhu o něco hůře uplatnitelný.



Obr. 105 - Úplné hodnocení vlastností CNC spoje - lepeného spoje

Otázky č. 3 a 4 spíše než vlastnosti spoje, jež se dají dohledat či empiricky naměřit, sledují subjektivní přístup výrobců k této technologii spojování. Šíření technologií totiž ne vždy podléhá „tvrdým“ datům, z nichž může vyvstat jednoznačné resumé. Navíc výtvarné zpracování a z něho plynoucí sympatie či antipatie k dané technologii se jen těžko prokládají trendem, který je umocněn těžko uchopitelnými vlivy vznikajícími z pojmů typu - peníze, kultura, podnikatelské rizika aj. Výstup z těchto dvou otázek není tak směrodatný, jak se na začátku práce předpokládalo. V případě jednotlivých vlastností by byla potřeba hlubší analýza předpokladů pro danou známku.

Na konci dotazníku se ke zkoumané problematice vyjádřilo několik oslovených.

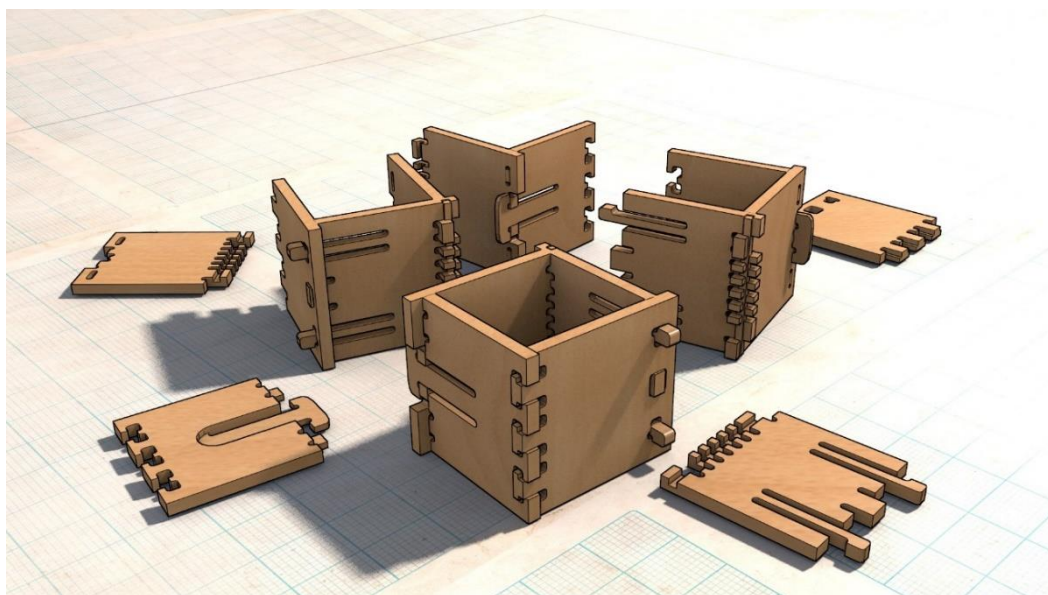
Respondent A: „Zajímavý nápad, který šikovný truhlář zvládne udělat na běžných účelových strojích. Vše záleží na velikosti poptávky. Samozřejmě pokud by tyto výrobky oslovily zákazníky, tak by se do toho možná oplatilo investovat.“

Respondent B: „CNC stroje jsou budoucnost, myslím si, že i přesto, že je pořízení takového stroje nákladné, bude do 10let nutnost vlastnit CNC zařízení podle toho, na co se výroba upne.“

Respondent C: „Uplatnění CNC spoje vnímám pro určitý druh nábytku /možná řečeno i styl/. Je to určitě velmi dobré řešení ze všech poptávaných hledisek, avšak uplatnění je v prvé řadě u designového nábytku a dále bych jej určitě viděla u nábytku dětského a školního. Přeji mnoho úspěchů.“

6.3. Vzorek

Na základě výsledků dotazníku (Obr. 100 – vyráběný sortiment respondentů), kde nejvíce respondentů uvedlo, že se zabývají skříňovým nábytkem, byl zhotoven vzorek spoje. Jedná se o 4 spoje optimalizované pro výrobu na 3 osém routru, jež se dají aplikovat v plošných aglomerovaných materiálech. Podkladem pro tuto ukázkou slouží *50 Digital wood joints* od Jochena Grose. Pro tuto ukázkou byly vybrány dva čistě rohové spoje – ozubový spoj s klínem *Fingertip Tenons with Key*, pružinový spoj *Catch tenon* a dva spoje s možnou aplikací do plochy (kolmo) – kladivový ozub *Hammer tenon* a pružinový spoj *Clip tenon*. Vizualizace spoje je vidět na obr. 106. Výkres, podle něhož byl zhotoven soubor kompatibilní s CAM, je přiložen v příloze 3.



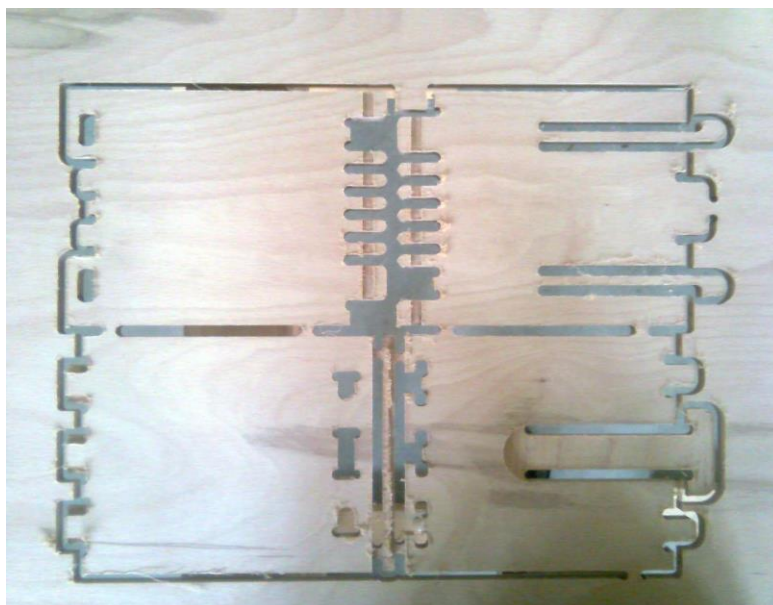
Obr. 106 - Vizualizace zamýšleného vzorku CNC spojů

Vzorek byl zhotoven ve školních dílnách Mendlovy univerzity v Brně. K sestrojení spojů bylo použito bukové PDP tloušťky 12 mm, na kterou byly spoje dimenzovány. Nejmenší poloměr v dílci je 4 mm. Příslušné tvary se zhotovovaly frézku průměru 6 mm. Celá výroba spoje od startu stroje po vyfrézování stavebnice zabrala zhruba 20 minut, čistá práce stroje lehce překročila 10min. Vzhledem k tomu že provozní náklady CNC obráběcího centra, situovaného v dílnách se pohybují okolo 1500kč při frézování, tak obrobění vzorku složeného ze 4 spojů stálo zhruba 250kč.

6.3.1. Poznatky a výsledek

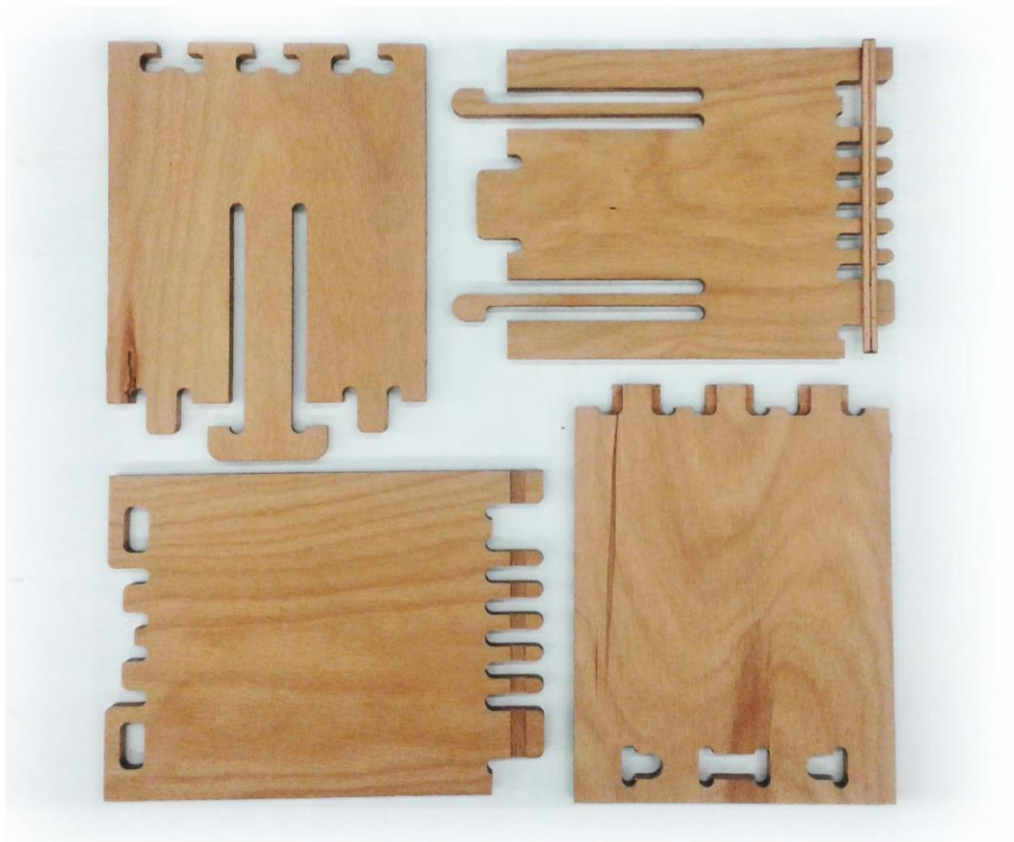
Při tvorbě této ukázky bylo zjištěno několik praktických poznatků, jež doplňují teoretickou informační skládačku.

Vyfrézování tvaru proběhlo napoprvé, obrobek byl stabilní. Kvalita řezné spáry však vykazovala nedostatky v podobě roztřepení hran, které musely být ručně zarovnané. Tento jev byl patrně způsoben špatnou kvalitou ostří drážkovací frézky. Jistou roli mohly hrát i vibrace v rámci pružení některých částí vzorku. Na obr. 107 je vidět stavebnice ihned po vyfrézování.



Obr. 107 - Vzorek po vyfrézování do PDP

Dalším důležitým problémem je fixace obráběného formátu. Obráběcí centrum³, ve kterém byl vzorek zhotoven, disponuje dvěma systémy upínání – přísavné kostky nebo uchycení přísátím přes MDF desku. Jelikož přísavná plocha nejmenší kostky měří 76 x 130 mm, zvolila se varianta přísátí přes desku. Pro tento případ muselo být využito pomocných můstků mezi dílci (patrné v příloze 3), které zabezpečovaly dostatečnou tuhost dílců při obrábění. Tyto můstky byly posléze ručně odstraněny. Po vyfrézování tvaru se taktéž zjistila menší nepřesnost v případě těsností spojů. Kladivový ozubový spoj musel být dodatečně zbrúšen, tato nepřesnost je pravděpodobně způsobena špatným přichycením ke stolu. Frézovaná drážka v podkladovém dílci byla totiž nestejně hluboká. Velkým přínosem pro autora vzorku byla situace kolem tolerancí na spáru. Na styčnou plochu dílců se počítalo s jednotnou rezervou 0,2 mm. Tato tolerance se však při montáži ukázala jako nedostatečná, zvláště pak u obou ozubových spojů. U pružinového spoje *Catch tenon* (spoj s jedním pružným jazýčkem) došlo už po pár hodinách k mírnému kroucení, způsobeném změnou vlhkosti. Na vině bylo zřejmě porušení pravidla symetrie, jelikož se část jazýčku odfrézovala. Pro lepší stálost se spoj napustil fermezí. Na obr. 108 jsou vidět již dokončené dílce.



Obr. 108 - Hotové dílce vzorku

³ HOMAG Venture 13M

Následný obr. 109 představuje montáž. Při ní není dáno pořadí kompletace spojů. Ty jsou natolik pružné, že umožňují skládat spoje v libovolném pořadí.



Obr. 109 - Vzorek při montáži

Na obr. 110 je ukázán smontovaný výsledný produkt. Zde jsou vidět všechny čtyři frézované spoje.



Obr. 110 - Ukázka všech čtyř CNC spojů ve vzorku

7. DISKUZE

7.1. Dotazník

Výsledky projektu jsou ze sociologického pohledu dostatečně různorodé na to, aby z nich byly vyvozeny konkrétní závěry. Jelikož však výběrový soubor čítá jen 30 úspěšných respondentů a nelze efektivně zohlednit potenciálně méně validní odpovědi, mohou být dané závěry velkou měrou zkresleny.

Při dalším užívání výsledků je potřeba zohlednit typ respondentů. Ideální model získaných výsledků předpokládal pokud možno co nejrovnoměrnější zastoupení velikosti firem, což se v tomto případě nepodařilo. Tato skutečnost naznačuje možnou rigiditu výrobního prostředí v České republice v rámci přijímání nových technologií. Je však pochopitelné, že univerzitní průzkumy nemusí vždy nabídnout prakticky použitelné výstupy, zvláště pak pro velké výrobní podniky.

Má CNC spoj v českém prostředí potenciál uplatnit se v praxi?

Výrobci nábytku hodnotí spoj převážně jako konkurenceschopný. Uplatnitelnost tohoto spoje je v zásadě hodnocena podobně jako u konvenčního spojování lepidly a kování. Podle výrobců se tedy nejedná o převratný typ spojování, avšak dalo by se říct, že doplnění nebo spíše větší rozšíření této technologie do současné škály spojů by bylo vítaným zpestřením.

Jak vnímají výrobci nábytku vlastnosti CNC spoje?

Souhrnně řečeno, CNC spoj, jak je vnímán výrobci, nepřevyšuje kvality již zavedených konvenčních spojů. Je zde uvažováno i zavádění této nové technologie. Při bližším porovnání jednotlivých vlastností je patrné, že estetické ztvárnění spoje je výrazně lépe hodnoceno u CNC spoje než u konkurence, a to, překvapivě, vesměs napříč všemi respondenty. Ekologický profil dopadl podle očekávání ve prospěch CNC spoje zatím co technologická náročnost a náklady na výrobu upřednostňují aplikaci konvenčních typů spojů. Podle tohoto hodnocení by se dal CNC spoj doporučit spíše jako nositel módních trendů a k ozvláštňení portfolia výrobních sad firem než k nosnému programu sériové výroby, byť v rámci rešerše k tomu modelu výroby tato technologie přímo svádí.

Jsou výrobci ochotni a schopni spoj do výroby zavést?

Dá se říct, že třetina oslovených výrobců by mohla uvažovat o zavádění spoje. Větší potenciál je u firem zpracovávajících aglomerované materiály, jež je používají na rámové i korpusové typy konstrukcí. Větší firmy, které tento spoj zavedený nemají, o tom ani neuvažují. Což potvrzuje i domněnku, že je zavádění této technologie spíše na menších a pružných firmách, které tím mohou získat zajímavou konkurenční výhodu. Nepříznivě působí skutečnost, že trh poskytuje velice široký a dostupný sortiment kování i lepidel, což do značné míry zastíní flexibilní výrobu CNC spoje. Pro konkurence schopnou výrobu je totiž v zásadě zapotřebí získat dostatečně pružné stroje, což může být u malých firem hlavní překážkou před zavedením tohoto spoje.

Byl by případný zájem o tuto technologii podporován poptávkou ze zahraničního/domácího prostředí?

Z odpovědí firem se nedá soudit, že by zahraniční nebo český trh byl této technologii více či méně nakloněný. V důsledku obecné propojenosti trhu se takovýto výsledek dal očekávat. Pro přesnější zodpovězení této otázky by však bylo vhodné realizovat dotazník pro koncové zákazníky.

S přihlédnutím k typu respondentů by se dal předpokládat větší hypotetický zájem o CNC spoj, jelikož je tato technologie dostatečně pružná a čím dál tím přístupnější. Z oslovených firem by 13 % bylo ochotno spoj do výroby zavést a zároveň má patřičný strojní potenciál na realizaci tohoto typu konstrukce. Relativně největší zájem o spoj by byl v případě výroby židlí, stolů a rámových koster. Uplatnění by se podle respondentů mohlo najít i v případě vyráběného sortimentu v kategorii „skříňový nábytek a kuchyňské linky“.

Z dotazníkového šetření vyplynulo, že ač je CNC technologie spojů vnímána výrobci na přibližně stejné úrovni jak konvenční spojování, není doposud významně zaváděna do výroby. Tato skutečnost může být způsobena neochotou měnit výrobní způsoby ve firmě nebo nejistým obchodním výsledkem, a to jak v ČR tak i mimo ní. V budoucnu by však z řad zákazníků mohla přijít větší poptávka po ekologičtějším technologiích, a to vlivem environmentálně orientovaných módních trendů, jež přicházejí ze západního světa a prostupují nejen oblastmi potravinářství, výroby energií či automobilovým průmyslem ale stále více tlačí na ekologické materiály a šetrné výrobní postupy.

7.2. Vzorek CNC spoje

Další částí navazující na záměr práce je výroba vzorku (obr. 111). K dispozici je mnoho variant CNC spoje, proto udal směr výsledek dotazníku. Produkcí těchto čtyř spojů se měly zmapovat vlivy a činnosti vedoucí k úspěšné produkci výrobku založeném na tomto spoji. Modelová situace by měla reprezentovat začínajícího truhláře s příslušným výrobním a softwarovým vybavením. Jak již bylo řečeno dříve, v informačním éteru je mnoho podpůrných programů a předprogramovaných postupů, jež výrobu maximálně zjednoduší. Autor však žádné softwarové utility k výrobě nepoužil. Snažil se tak přiblížit reálné situaci, kdy se předpokládá, že daný truhlář nemusí tyto alternativní cesty objevit. Experiment má tedy sloužit na popularizaci daného způsobu spojování. S odkazem na výsledky a poznatky při zhotovení spoje se dá konstatovat následující: CNC spoje jsou natolik prosté, že výrobu nábytku na nich postavenou je možné zrealizovat s minimem informací. Celý proces maximálně odbourává proměnlivé vlivy vyplývající z materiálu i nedokonalosti manuální výroby. Co víc, v případě menších chyb plynoucích ze složitosti návrhu, je možné tyto jednoduše opravit. Při montáži totiž odpadají rizika plynoucí z předmontáže (např. špatně aplikované kování) nebo z jiných nevratných postupů (lepení). Je však potřeba zmínit, že řečené je vyváženo vysokými vstupními i provozními náklady. Provozní náklady při výrobě tohoto vzorku byly ještě excitovány přímou výrobou bez testovacích provozů, které by pomohly optimalizovat rychlost posuvu i otáček tak, aby došlo k minimalizaci nákladů při zachování požadované kvality. Zajímavé by tedy bylo ekonomické srovnání výroby CNC nábytku s konvenčním ekvivalentem při větších sériích, u kterých by se jistě významně projevila i cena konstrukčního materiálu.



Obr. 111 - Hotový, smontovaný vzorek CNC spojů

8. ZÁVĚR

Tato práce se zaměřila na CNC spoj, použitelný v nábytku. Je mnoho směrů, ze kterých se dá na tuto problematiku pohlížet. Cílem bylo spoj kategorizovat a analyzovat, a to nejen jeho přímé vlastnosti, ale i vztah mezi konkurenčními způsoby spojování. Tomuto účelu sloužilo jednak dotazníkové šetření, ale i praktická ukázka čtyř CNC spojů.

Současná situace ve společnosti otvírá témata zaměřená na životní prostředí, jenž souzní s problematikou CNC spojování. Skrz ně se vytváří filozofické směry, snažící se zbrzdil predátorskou ekonomiku, která za současného kurzu nemůže mít dlouhého trvání, co hůře, zanechává za sebou častokrát spálenou zem. Díky volnému pohybu dostupnějších informací o světě kolem nás se ve společnosti formuje vrstva „zelených“ lidí. Tato složka je podstatná právě v místech, kde produkce a jiná antropogenní činnost nejvíce mění tvář biosféry. V Americe, podobně jako v Evropě rok od roku roste počet lidí, který se ve svém chování snaží brát ohled na okolní prostředí. Toho si všímají i výrobci a producenti, kteří se snaží vystihovat tato témata obsahem své činnosti. Mimo laciného využívání zelených značek se tak dostáváme, přes nové materiály a funkce, až k hlubokým změnám v organismu podniku v rámci environmentálně manažerských systémů. Před námi je tedy možnost revidovat cestu tří uplynulých průmyslových revolucí a snažit se o šetrnější produkční činnost.

Jedním z konkrétních vyústění této velké problematiky je CNC spoj aplikovaný v nábytku. I když se významně zjednoduší výrobní proces nábytku, je dosti pravděpodobné, že se nábytek cenově nevyrovná nejlevnějším alternativám na trhu. Pakliže by však došlo k 10% navýšení ceny bylo by stále daleko více jak polovina zákazníků ochotna tuto sumu vyměnit za lepší ekologické vlastnosti. Ty představují, např. v rámci srovnání materiálové skladby nábytku postaveném na CNC a na konvenčním spoji posun o jednotky až desítky procent směrem k menší zátěži na životní prostředí (viz uvedený příklad). K dalšímu pozitivnímu efektu dochází při odbourávání výrobních větví lepení a kování. Za nezanedbatelnou oblast se dá považovat i zjednodušená likvidace nábytku a nové technologie v oblasti recyklovatelnosti aglomerovaných materiálů. CNC spoj tedy představuje reálný ekologický posun.

Z provedeného průzkumu vyplývá, že zhruba třetina oslovených, převážně malých výrobců, je ochotna se tímto spojením ve své výrobě zabývat. Ekonomické a technické

vlastnosti obecného CNC spoje z aglomerovaných materiálů hodnotí jako zhruba srovnatelné běžným spojům. Pozitivně vnímají ekologický profil naopak problémové se zdá být technologické začlenění do výroby. Respondenti byli jednotní bez ohledu na to, jestli obchodovali v rámci ČR nebo přes hranice. Z odpovědí tedy vyplynulo, že je CNC spoj vhodný doplněk k existující škále konvenčních spojů.

Absence větší nabídky CNC nábytku je tedy vysvětlena nejistotou a většími vstupními i provozními náklady. S tím tedy přichází nová cesta produkce, která nemíří na sériovou výrobu, nýbrž na decentralizovanou produkci. Díky době s volnými informačními proudy se dostává do menších dílen *know-how*, a to nejen na výrobu CNC spoje respektive nábytku, ale i samotného CNC routru, nástrojů ba dokonce i celých dřevostaveb založených na CNC spoji a přizpůsobených na „garážovou“ produkci. Ta je v maximální míře podpořena příslušným softwarem a teoretickým modelem výroby. Veškerá tato podpora je na internetu volně k dispozici v podobě návodů nebo hotových výrobních dokumentací. Podstatná je zde tedy i možnost vyrábět „domácí“ nebo originální produkty s ohledem na konkrétního uživatele. Obtížnost této cesty byla pak v práci ověřena při praktické výrobě vzorku několika CNC spojů.

V úvodu byl zmíněn jistý vztahový trojúhelník sestávající ze zákazníka, CNC spoje a výrobce. Nová filozofie spojování tedy vyžaduje nového zákazníka a nový přístup výrobců. Jeden z reálných scénářů tedy uvažuje splynutí pozice zákazníka a výrobce.

Koncepce práce, tak jak byla pojata, ukazuje CNC spoj v kontextu doby a momentálního výrobního prostředí. Snažila se podtrhnout významné vlastnosti CNC spoje aplikovaného v nábytku, tak aby navazující projekty v této oblasti, kterých bude nepochybně přibývat, mohly prohlubovat a zkvalitňovat filozofii tohoto nového druhu spojování.

9. SUMMARY

This graduate work focused on CNC joint, applicable in furniture. There are a lot of specialization for consultation this issue. The aim was to categorize and analyze a joint not only in direct properties, but also the relationship between the competing methods of joinery.

Needful beginning is an information base of philosophical view of the furniture according the Japanese craft of joinery without gluing of using fasteners, nomad way of life and metagrobology principle of wooden puzzles. These trends have met with CNC technology progress and showed a new way of furniture production.

In addition to the huge production with the reduction production times, there is also the concept of decentralised manufacturing, which uses free available information, tutorials, and technical documentation for the manufacture of machinery, furniture and building self help. CNC joint inextricably linked to this trends. It was necessary to classify it by material, type of connection and esthetic properties. In this work there is given an illustrated overview of selected CNC joints and furnitures.

In this work there is also monitored the customer group. Primarily, the target groups are green customers, digital or company nomads and customers with sense for non-traditional design. The practical part focuses on the producers, too. There is examined attitude to issues of CNC joints. Last part of this work is focused on realisation of four CNC joints based on collected data. This should detect demands on the production of CNC furniture from economical and technical point of view. The concept of the work shows the CNC joint in the context of the epoch and the current production environment.

The work underlined the significant properties of CNC joint applied in furniture, so that follow up projects in this area, which will surely increase, could deepen and improve the quality of the philosophy of this new kind joinery.

10. PRAMENY A LITERATURA

BFM Ltd. Wood waste recycling in furniture manufacturing: a good practice guide. Banbury: WRAP, 2003, 36 s. ISBN 1-84405-065-3.

BÖHM, Martin, REISNER Jan, BOMBA Jan. Materiály na bázi dřeva [1]. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2012. 183 s. ISBN 978-80-213-2251-6.

DLOUHÝ, Rostislav. Číslicové řízení obráběcích strojů. Brno, 2010. 29474. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Blecha Ph.D.

GALLIS, Christos. Proceedings of the European COST E31 Conference: Management of Recovered Wood: Recycling, Bio-energy and other options. Thessaloniki (Řecko): University Studio Press, 2004. s. 204-209. ISBN 978-960-12-1275-3.

HENNESSEY, James, Victor PAPANEEK. Nomadic furniture: how to build and where to buy lightweight furniture that folds, collapses, stacks, knocks-down, inflates or can be thrown away and re-cycled: Being both a book of instruction and a catalog of access for easy moving. [1st ed.]. New York: Pantheon Books, 1973, 149 s. ISBN 03-947-0228-X.

HRÁZSKÝ, Jaroslav a Pavel KRÁL. Kompozitní materiály na bázi dřeva. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007, 253 s. ISBN 978-80-7375-034-3.

JOŠČÁK, Pavol. Pevnostné navrhovanie nábytku. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1999, 246 s. ISBN 80-228-0921-7.

KRÁL, Pavel a Jaroslav HRÁZSKÝ. Kompozitní materiály na bázi dřeva. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005, 206 s. ISBN 80-715-7878-9.

KRÁL, Pavel a Jan ŠRAJER. CNC obráběcí centra. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008, 79 s. ISBN 978-807-3751-630.

MIHAILOVIĆ, Stefan. Japonský tradiční interiér a jeho vliv v Evropě. Brno, 2009. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. arch. Martin Kovařík, Ph.D.

PARSONS, John a Frank STULEN. PARSONS CORP. *Motor controlled apparatus for positioning machine tool* [patent]. United States Patent, US2820187 A. Uděleno 5.5.1952. Zapsáno 14.1.1958. Dostupné z: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/2820187>

SEIKE, Kiyoshi. *The art of Japanese joinery*. 1st English ed. New York: J. Weatherhill, 1977, s. 11-24. ISBN 0834815168.

SUMIYOSHI, Torashichi a Gengo MATSUI. *Wood Joints in Classical Japanese Architecture*. Kajima, 1991, 124 s. ISBN 9110730281.

ZAČAL, Jaroslav. *Mechanické vlastnosti nelepených otevřených ozubových spojů vyrobených CNC technologií*. Brno, 2011. L-398/11. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Milan Šimek, Ph.D.

Internet

BDS GLOBAL. Business and Sustainable Development: Green customers [online]. © 2013 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z:

https://www.iisd.org/business/markets/green_marketing.aspx

CONE COMMUNICATION. 2013 Cone Communications Green Gap Trend Tracker. Boston, 2. 4. 2013. Dostupné z:

http://www.conecomm.com/stuff/contentmgr/files/0/a70891b83b6f1056074156e8b4646f42/files/2013_cone_communications_green_gap_trend_tracker_press_release_and_fact_sheet.pdf

ELI [pseud.], 2014. BecomeNomad: Different Types of Nomads [online]. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://becomenomad.com/different-nomadic-lifestyles/>

HAMERNÍK, Jan. Automatizace obrábění [online]. 2006 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/Automatizace.htm>

KODÝDEK, Miloš. Truhlářství postaru: Truhlářské spoje [online]. Prosinec 2013 - Leden 2014 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.truhlarstvi-postaru.cz/index.php/truhlarske-spoje>

MEIER, Mark. Digital Fabrication for Designers: CNC Cut Wood Joinery [online]. 24. 8. 2014 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z: <http://mkmra2.blogspot.cz/2014/08/cnc-cut-wood-joinery.html>

MIREMADI, Mehdi, Christopher MUSSO a Ulrich WEIHE. McKinsey & Company: How much will consumers pay to go green? [online]. Říjen 2012 [cit. 2015-04-02].

Dostupné z:

http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/how_much_will_consumers_pay_to_go_green

OLEXA, Russ. SME: The Father of the Second Industrial Revolution [online]. Srpen 2001 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z:

<http://www.sme.org/Tertiary.aspx?id=36002&terms=father%20of%20the%20second%20industrial%20revolution>

PBS VELKÁ BÍTEŠ. Obecný úvod do problematiky CNC programování: část první.

Velká Bíteš, 2010, 75 s. CZ.1.07/1.1.01/02.0084. Dostupné z:

http://www.sosbites.cz/images/stories/VUKOV_TEXT_-_1.ST.pdf

RÁZL, Roman. Navrhován dřevěných konstrukcí: Spoje dřevěných konstrukcí, 2014.

In: [online]. [cit. 2015-01-27]. Dostupné z:

http://www.stavskola.cz:8091/granty/prezentace/STK_spoje%20d%C5%99ev%C4%9Bn%C3%BDch%20konstruk%C3%AD.pdf

REGAN, Seam Michael. Make: CNC Panel joinery notebook [online]. 12. 4. 2012 [cit.

2015-03-29]. Dostupné z: <http://makezine.com/2012/04/13/cnc-panel-joinery-notebook/>

VODIČKOVÁ, Erika. ASB-portal: Spojování dřeva [online]. 13. 5. 2009 [cit. 2015-03-

28]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/drevostavby/spojovani-dreva>

WARFIELD, Bob. CNCCookbook: When is Manual Machining Better than CNC?

[online]. 28. 10. 2012 [cit. 2015-03-29]. Dostupné z:

<http://blog.cnccookbook.com/2012/11/28/when-is-manual-machining-better-than-cnc/>

WARFIELD, Bob. CNCCookbook: CNC Machine Overview and Computer Numerical Control History [online]. © 2010-2014 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z:

<http://www.cnccookbook.com/CCNCMachine.htm>

Historie CNC strojů. In: [online]. 2008 [cit. 2015-02-15]. CZ.1.07/1.1.08/03.0009.

Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/reposit.php?action=0&id=22925&instance=2>

Chování: Japonsko, 2014(?). In: KOCOURKOVÁ, Jarmila. Jiný kraj, jiný mrav: Jak se chovat v cizině [online]. Praha: Olympia, 2003 [cit. 2015-03-28]. ISBN 80-703-3774-5.

Dostupné z: <http://www.chovani.eu/japonsko/c132>

Stavební hmoty II: Dřevo. In: [online]. [cit. 2015-01-27]. Dostupné z:

http://homel.vsb.cz/~khe0007/Predmety/Stavebni_hmoty_II/Stavebni_hmoty_II_drevo.pdf

Zkoušení stavebních materiálů a výrobků: Dřevo [online]. 2010 [cit. 2015-03-28].

Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=drevo_zk

Jiné

CES Edupack 2013 [software]. [cit. 2015-02-01].

Seznam tabulek

Tab. 1 - vliv dřeviny na mechanické vlastnosti PDP	15
Tab. 2 - Mechanické vlastnosti vybraných materiálů	15
Tab. 3 - LCI analýza pro knihovnu BILLY	70
Tab. 4 - LCI analýza pro Clip-shelf	71
Tab. 5 - Otázka č. 3	77
Tab. 6 - Otázka č. 4	79

Seznam obrázků

Obr. 1 - Závislost modulu pružnosti na mezi úměrnosti	16
Obr. 2 - Produkce aglomerovaných materiálů v ČR 2010	17
Obr. 3 - Základní dřevěné spoje. Zleva pero-drážka, přeplátovaný spoj, čep a dlab	18
Obr. 4 - Ozuby a polokrytý rybinový spoj	19
Obr. 5 - Svlakový spoj s ideálním průběhem letokruhů	20
Obr. 6 - Čep a rozpor, čep a dlab, čep a rozpor s kolíkem	20
Obr. 7 - Průběžný čep a dlab s klínkem	21
Obr. 8 - Typický hmoždík	21
Obr. 9 - Komplex Horyu-ji: Kondo a Gojunoto	23
Obr. 10 - Tradiční japonské pily	25
Obr. 11 - Japonské dláta a hoblíky	25
Obr. 12 - Japonská střešní konstrukce	26
Obr. 13 - Detail spojení krovu	26
Obr. 14 - Koshikake aritsugi a kosikake kamatsugi	26
Obr. 15 - Japonská postel raku	27
Obr. 16 - Složený stav	27
Obr. 17 - Trojdílná japonská varianta spoje čep a dlab	27
Obr. 18 - Japonská varianta spoje čep a dlab	27
Obr. 19 - Nomádský nábytek "arara Nomade"	28
Obr. 20 - Nomádská židle Coshell chair od designéra Tendo Mokko	30
Obr. 21 - Nomádská židle od Jorge Penadése	31
Obr. 22 - Složená nomádská židle	31
Obr. 23 - Dřevěný hlavolam I	32
Obr. 24 - Hlavolam "Feindish knot puzzle"	32
Obr. 25 - Dřevěný hlavolam II	32
Obr. 26 - Hlavolam chidori I	32
Obr. 27 - Hlavolam „Čínský kříž“	32
Obr. 28 - Hlavolam tsugite	32
Obr. 29 - Spoj "kawai tsugite"	33
Obr. 30 - Složený spoj "kawai tsugite" v různých směrech	33
Obr. 31 - Krabička na mince	33
Obr. 32 - Hlavolam z překližky	33
Obr. 33 - Skládačka dinosaura	33
Obr. 34 - Varianty DNC propojení jednotek	34
Obr. 35 - Typy drážkovacích frézek	36
Obr. 36 - Možnosti frézování rohů na CNC	37
Obr. 37 - Vakuové upínání obrobku na MDF	38
Obr. 38 - Uchycení do šablony	38
Obr. 39 - Patent prvního NC stroje	39

Obr. 40 – Mapa počítačové podpory při výrobě	41
Obr. 41 - Montáž routru blackFoot v4.3	42
Obr. 43 - Nábytek navrhnutý ve SketchChair	43
Obr. 42 - Práce v programu SketchChair	43
Obr. 44 - Detail konstrukce domu z projektu Wikihouse	44
Obr. 45 - Relativní počet Američanů, zvažujících environmentální dopad kupovaných výrobků	46
Obr. 46 - Ochota zákazníků platit za "zelené" produkty	47
Obr. 47 - Materiály užívané v CNC nábytku. Zleva MDF, PDP, OSB, PAP	48
Obr. 48 - Taburet z EcoSheet	49
Obr. 49 - Spoj skříně z cementovláknité desky	49
Obr. 50 – Hierarchie odpadové politiky	50
Obr. 51 - Schéma recyklace PDP	50
Obr. 52 - Schéma výrobního procesu z pohledu LCI	51
Obr. 53 – Varianta hmoždíku	54
Obr. 54 – Překládaný ozubový spoj	54
Obr. 55 - Polokrytý ozub	54
Obr. 56 - Ozubový spoj	54
Obr. 57 - Kládiový spoj	54
Obr. 58 - Ozubový spoj se zámkem	55
Obr. 59 - Rozebraný ozubový spoj se zámkem	55
Obr. 60 - Čep a dlab se zámkem	55
Obr. 61 - Pružinový spoj - vnitřní strana	55
Obr. 62 - Pružinový spoj	55
Obr. 63 - Pružinový spoj pro napojení do plochy	55
Obr. 64 – Spoj s „husím krkem“	56
Obr. 65 - Rybinový čep	56
Obr. 66 - Eliptický spoj	56
Obr. 67 - Spoj na principu "puzzle"	56
Obr. 68 - Křížové napojování rámových konstrukcí	57
Obr. 69 - Pružná perforace PDP	58
Obr. 70 - Pružná perforace u sedáku židle	58
Obr. 71 - Polohovatelný spoj I	58
Obr. 72 - Polohovatelný spoj II	58
Obr. 73 - Dynamický spoj I	58
Obr. 74 - Dynamický spoj II	58
Obr. 75 - PANO chair	59
Obr. 76 – Clicdinner chair	60
Obr. 77 – Clicrocker glass	60
Obr. 78 - Robo stool	61
Obr. 79 – Coffe table 2x3	61
Obr. 80 - Skeleton chair	62
Obr. 81 - Chidori furniture	63
Obr. 82 - Taburet System-S	63
Obr. 83 - Výroba PEG chair	64
Obr. 84 - PEG chair	64
Obr. 85 - Edie stool před montáží	65
Obr. 86 - Pohled na skryté uchycení noh u taburetu	65
Obr. 87 - Kavárna Artek	66
Obr. 88 - Set z kavárny Artek	66
Obr. 89 – Tvarově zajímavější řešení CNC spoje u Abbott chair	66

Obr. 90 - Polokrytý ozub v podání CNC spoje	66
Obr. 91 - Směry volnosti u CNC spoje	67
Obr. 92 – Směry volnosti při uzamykání klínkem	68
Obr. 93 - Směry volnosti u dynamického spoje	69
Obr. 94 - Knihovna BILLY	69
Obr. 95 – Návrh skříňky Clip-shelf	69
Obr. 97 - Otázka č. 9	74
Obr. 96 - Otázka č. 11	74
Obr. 98 - Otázka č. 1	75
Obr. 99 - Otázka č. 2	75
Obr. 100 - Vyráběný sortiment respondentů	76
Obr. 101 - Konkurence schopnost CNC spoje ve vztahu k domácímu/zahraničnímu trhu	77
Obr. 102 - Histogram známek pro srovnání CNCspoj - lepený spoj	78
Obr. 103 - Úplné hodnocení vlastností CNC spoje - lepeného spoje	78
Obr. 104 - Histogram známek pro srovnání CNC spoj - kování	79
Obr. 105 - Úplné hodnocení vlastností CNC spoje - lepeného spoje	80
Obr. 106 - Vizualizace zamýšleného vzorku CNC spojů	81
Obr. 107 - Vzorek po vyfrézování do PDP	82
Obr. 108 - Hotové dílce vzorku	83
Obr. 109 - Vzorek při montáži	84
Obr. 110 - Ukázka všech čtyř CNC spojů ve vzorku	84
Obr. 111 - Hotový, smontovaný vzorek CNC spojů	87

Zdroje tabulek

Tab. 1 (Král, 2005)

Tab. 2 (CES edupack, 2013)

Zdroje obrázků:

Obr. 1 CESedupack 2013

Obr. 2 http://fld.czu.cz/~bohmf/materialy_na_bazi_dreva.pdf

Obr. 3 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/a7/a3/f4/a7a3f4b036a24579c48c20b528ffa4b0.jpg>

Obr. 4 <http://i0.wp.com/woodgears.ca/dovetail/box.jpg>

Obr. 5 <http://www.truhlarstvi-postaru.cz/images/svlak.gif>

Obr. 6 http://p-fst1.pixstatic.com/5255668a697ab06bb8000a81._w.300_h.280_s.fit_.jpg

Obr. 7 http://1.bp.blogspot.com/_7X-

[Ski5RULE/SbfFiyKcQI/AAAAAAAAAEM/gDmOqol39yg/s1600/p3044979_airjae10.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_7X-Ski5RULE/SbfFiyKcQI/AAAAAAAAAEM/gDmOqol39yg/s1600/p3044979_airjae10.jpg)

Obr. 8 <https://s-media-cache->

[ak0.pinimg.com/originals/dd/b8/d0/ddb8d07d44cad09c85f5d6a4870c7aa9.jpg](https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/dd/b8/d0/ddb8d07d44cad09c85f5d6a4870c7aa9.jpg)

Obr. 9 <http://expatsguide.jp/wp-content/uploads/2011/05/horyuji.jpg>

Obr. 10 <https://petespeiser.files.wordpress.com/2012/12/wp-id-photo-dec-12-2012-405-am.jpg>

Obr. 11 http://www.japaneseartfurniture.com/images/japanese_tools.jpg

Obr. 12 <https://www.airbnb.cz/rooms/796279#>

Obr. 13 <https://www.airbnb.cz/rooms/796279#>

Obr. 14 http://www.aisf.or.jp/~jaanus/deta/data_image/image_a/arikake2.jpg

Obr. 15 <https://s-media-cache->

[ak0.pinimg.com/736x/e9/90/af/e990af9742d832b389f45d4cb6a185aa.jpg](https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/e9/90/af/e990af9742d832b389f45d4cb6a185aa.jpg)

Obr. 16 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/e9/90/af/e990af9742d832b389f45d4cb6a185aa.jpg>

Obr. 17 http://www.finewoodworking.com/assets/uploads/posts/34425/Resize_of_IMG_5126.JPG

Obr. 18 <http://butaca.kr/wp-content/uploads/2015/02/%EC%97%B0%EA%B7%80%EB%A7%9E%EC%B6%A4%EB%8C%80%ED%98%952.160.jpg>

Obr. 19 <http://s3files.core77.com/blog/images/2013/12/02013-furniture2-004.jpg>

Obr. 20 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/2b/ac/ea/2baceaa5ca74fe0be1201b90b08f8bc4.jpg>

Obr. 21 <http://i1111.photobucket.com/albums/n121/bashlitch/djournal/dj11/dj11003/NC-12.jpg>

Obr. 22 http://www.lamiscelanea.mx/wp-content/uploads/2013/11/Nomadic-Furniture-by-Jorge-Penades_dezeen_ss_10.jpg

Obr. 23 http://zdelaivsamse.ucoz.ru/_pu/0/23703570.jpg

Obr. 24 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/ab/c4/67/abc467b411e675c947f17d1e9f27d0bf.jpg>

Obr. 25 http://img.td-imgs.com/images/31/37/23137_139348_FMC-23137.jpg

Obr. 26 http://tegames.ru/published/publicdata/GEOLOGNTEGAMES/attachments/SC/products_pictures/chest_tegames.ru_100410_5_enl.jpg

Obr. 27 http://woodgears.ca/box_joint/burr_parts.jpg

Obr. 28 <http://www.velomobilforum.de/forum/index.php?attachments/holzverbindungiii-jpg.24592/>

Obr. 29 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/4f/4a/ca/4f4aca6896bfff19b6194f1cc30c57405.jpg>

Obr. 30 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/4f/4a/ca/4f4aca6896bfff19b6194f1cc30c57405.jpg>

Obr. 31 <http://www.aceo.lt/media/image/gaminiai-is-faneros/dezute%20is%20faneros%20suvenyras%20dovana.jpg>

Obr. 32 <http://media-cache-ak0.pinimg.com/736x/54/9a/0a/549a0abd23285e12453a58024d9010ed.jpg>

Obr. 33 <http://media-cache-ak0.pinimg.com/736x/ce/13/39/ce1339eae941112a09bb7f0de6a51845.jpg>

Obr. 34 <http://www.manufacturingcontrolsolutions.com/wp-content/uploads/2014/03/dnc-5000-architecture.jpg>

Obr. 35 http://www.plasticmag.com/article_images/Figs.JPG

Obr. 36 http://www.itclips.net/wp-content/plugins/rss-poster/cache/57ee9_inside-corner-problem-illustrated-with-point-divots.png

Obr. 37 <http://i.imgur.com/iSlQkq8l.jpg>

Obr. 38 <https://www.flickr.com/photos/114203744@N07/15288575301>

Obr. 39 (Parsons, 1958)

Obr. 40 (Historie CNC strojů, 2008)

Obr. 41 https://www.buildyourcnc.com/images/blackFoot%204-3%20without%20table%20instructions51_700_dm.jpg

Obr. 42 <http://diatom.cc/wp-content/uploads/2010/11/Screenshot.png>

Obr. 43 <http://www.sketchchair.cc/images/EdgeMini.jpg>

Obr. 44 <https://fabhub-uploads.s3.amazonaws.com/27/7f52ba11531765d4da7e90eeb30cb9/wiki5.jpg>

Obr. 45 (Cone Communications, 2013)

Obr. 46 http://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/dotcom/Insights/Manufacturing/How%20much%20will%20consumers%20pay%20to%20go%20green/Image_GreenProducts_Ex.ashx?mw=510

Obr. 47 - <http://shop.widgets.gophotoweb.com/storage/shops/3897/products/116004/images/3-52124d7d4f78ca0349d07b41d8208f85.jpg>

http://s3images.coroflot.com/user_files/individual_files/419926_9RH3ZSd1rICJCjTb6FHHy7WS.jpg

<https://m1.behance.net/rendition/modules/86286925/disp/29c4fa135b06813a695f611f6e2b5567.jpg>
<https://roomble.com/upload/preview/442391fd911019fad2b5a49fd03e1269c7bd8c40.jpg>
Obr. 48 <http://www.deidigital.com/wp-content/uploads/2013/10/opendesk.jpg>
Obr. 49 http://academy.cba.mit.edu/2013/students/meier.ferdinand/images/wardrobe_02.jpg
Obr. 50 (BFM Ltd, 2003)
Obr. 51 <http://nett21.gec.jp/ECotowns/data/img/a04-3.jpg>
Obr. 53 (Meier, 2014)
Obr. 54 (Meier, 2014)
Obr. 55 (Meier, 2014)
Obr. 56 (Meier, 2014)
Obr. 57 (Meier, 2014)
Obr. 58 (Meier, 2014)
Obr. 59 (Meier, 2014)
Obr. 60 (Meier, 2014)
Obr. 61 (Meier, 2014)
Obr. 62 (Meier, 2014)
Obr. 63 (Meier, 2014)
Obr. 64 (Meier, 2014)
Obr. 65 (Meier, 2014)
Obr. 66 (Meier, 2014)
Obr. 67 (Meier, 2014)
Obr. 68 (Meier, 2014)
Obr. 69 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/28/81/ff/2881ff71006d73b33683ef5ccacbf2a2.jpg>
Obr. 70 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/c1/65/26/c165261104db6e4227b01e19433d485d.jpg>
Obr. 71 http://4.bp.blogspot.com/_pCHF7cVvJ-/I/S31bRd5PUBI/AAAAAAAAADk/JSQCqc8VA34/s1600/DSC_0200.JPG
Obr. 72 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/ad/20/36/ad20361132193ec102c99e4b105356fa.jpg>
Obr. 73 <http://cdn.shopify.com/s/files/1/0169/7662/t/1/assets/carousel-item-6.jpg?4337341932871709115>
Obr. 74 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/bd/c9/cb/bdc9cb845962b5142f63a6c6c1901eb1.jpg>
Obr. 75 https://desiremeetsdesign.files.wordpress.com/2011/04/i-love-the-pano-chair_page_3.jpg
Obr. 76 http://pelidesign.com/websitewp-content/uploads/2010/10/red-chair-hi_res-M-903x600.jpg
Obr. 77 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/4f/2a/ea/4f2aea6708676fad6c617a25638c1f87d.jpg>
Obr. 78 <http://www.specifiersource.com.au/home-design/uploads/articles/AIFFrobot.jpg>
Obr. 79 <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/6b/c9/09/6bc909182c42ac31e33b4de3ad930c5f.jpg>
Obr. 80 <http://media.novinky.cz/900/209007-original1-ex15v.jpg>
Obr. 81 http://www.domusweb.it/content/dam/domusweb/en/news/2011/10/28/chidori-furniture/big_365596_2356_1-Chidori%20Furniture3.jpg
Obr. 82 <https://c532063.ssl.cf3.rackcdn.com/image/group-94/936931/big/prima-stool-bar-stool-cushions-and-canvas-bag-1024x1024-.jpg>
Obr. 83 <http://blog.casase.it/wp-content/uploads/2014/08/paul-loebach-peg-chair-without-glue-designboom-02.jpg>
Obr. 84 <http://www.furnny.com/assets/upload/userfiles/images/2.jpg>
Obr. 85 http://www.metalocus.es/content/en/system/files/file-images/ml_opendesk_02_1024.png

Obr. 86

https://dx9tugmqgt0l9.cloudfront.net/gfx/designs/edie_stool/78222598c804a817087cf2a401fd58d604701bd1-steiner_and_steiner_edie_stool.5.jpg

Obr. 87

http://www.pencil.com/files/table/U_195_489386707162_aacdbfcb659552bb61890fde57bb980d.jpg

Obr. 88 <http://revistacasaejardim.globo.com/Revista/Casaejardim/foto/0,,69825202,00.jpg>

Obr. 89 <https://encrypted->

tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRxknvhrZRvlgw_nvzAk0bH8Hyi5jFEPLld-aXhZvy7qIRvKWPC

Obr. 90 <http://tommerup-ts.dk/wp-content/uploads/2014/02/Snedker-arbejde.jpg>

Obr. 94 http://www.ikea.com/cz/cs/images/products/billy-knihovna__0252265_PE391057_S4.JPG

Pozn.: Obrázky a tabulky, u nichž nebyl uveden zdroj, jsou autorova tvorba.
Vizualizace byly vytvořeny programem *Blender 2.74*.

Internetové odkazy obrázků jsou aktivní k 5. 4. 2015.

PŘÍLOHY:

Seznam příloh

Příloha 1 - Dotazník

Příloha 2 - Výsledky

Příloha 3 - CNC spoj

(vložená příloha)

Mendelova
univerzita
v Brně



Dotazník k diplomové práci

CNC spoje

Tento dotazník je součástí diplomové práce „Analýza CNC spojů využívaných v nábytkářském průmyslu“ na Mendelově univerzitě v Brně, lesnické a dřevařské fakulty pod vedením Ing. Milana Šimka, Ph.D.

Dotazník je anonymní.

Doba trvání cca 3 min.

Vytvořil student - Bc. Martin Gajdoš

Kontaktní email - xgajdos@node.mendelu.cz

Cíle projektu: *Cílem je zmapovat využívání CNC technologie v rámci spojování nábytku u českých firem a vytvořit tak podklad pro další vývoj, případně implementaci CNC spoje do průmyslového světa tvorby nábytku. Výsledky projektu předpokládají nejenom použitelnost pro výzkumné účely, ale budou tvořit data využitelná i v konkurenčním prostředí střeoevropského trhu. Dotazník je anonymní a slouží výhradně pro školní účely.*

Co je CNC spoj: *Jedná se o sofistikovanější spoj využívající všechny výhody a možnosti CNC technologie. Funguje na principu logických skládaček, jenž často umožňují montáž i u koncového zákazníka.*

Proč CNC spoj: *Tento typ spoje představuje výrazné úspory v procesu výroby. Ve své ryzí podobě odbourává technologické větve lepení a aplikace kování. Mezi jeho nesporné výhody patří i lepší ekologický profil, možnost zajímavějšího „designové“ ztvárnění nábytku a v neposlední řadě praktičtější balení a skladování.*

Ukázky CNC spoje v nábytku:



1) Je podle vás technologie CNC spoje v ČR konkurence schopná?:

- Ano
- Spíše ano
- Spíše ne
- Ne
- Nevím

2) Dokázali byste si v budoucnu představit zavádění tohoto spoje do vaší výroby?

- Ano
- Ne
- Tento spoj již používáme
- Nevím

3) Jak vnímáte jednotlivé vlastnosti bezlepidlového CNC spoje v porovnání s konvenčními lepenými spoji.

	<i>Lepší stejné horší</i>					<i>nevím</i>
Estetika	1	2	3	4	5	-
Mechanické vlastnosti	1	2	3	4	5	-
Technologická náročnost na výrobu	1	2	3	4	5	-
Náklady na výrobu spoje	1	2	3	4	5	-
Celkové ekologické vlastnosti	1	2	3	4	5	-
Uplatnitelnost na trhu	1	2	3	4	5	-

4) Jak vnímáte jednotlivé vlastnosti bezlepidlového CNC spoje v porovnání se spojováním pomocí kování.

	<i>Lepší stejné horší</i>					<i>nevím</i>
Estetika	1	2	3	4	5	-
Mechanické vlastnosti	1	2	3	4	5	-
Technologická náročnost na výrobu	1	2	3	4	5	-
Náklady na výrobu spoje	1	2	3	4	5	-
Celkové ekologické vlastnosti	1	2	3	4	5	-
Uplatnitelnost na trhu	1	2	3	4	5	-

- 5) **Vlastníte víceosé CNC stroje?:**
- Ano – max. 3 osy
 - Ano - 4 a více os
 - Ne
- 6) **Jaký je Váš hlavní zpracovávaný materiál:**
- Rostlé dřevo
 - Aglomerované materiály
 - Jiné: _____
- 7) **Jaký sortiment převážně produkuje:**
- Židle, stoly, rámové kostry
 - Čalouněný nábytek
 - Skříňový nábytek a kuchyňské linky
 - Jiné: _____
- 8) **Na který trh se primárně zaměřujete:**
- Domácí
 - Zahraniční
 - Nedá se určit
- 9) **Jak velká firma jste:**
- Malá (< 50 zaměstnanců)
 - Střední (50 - 300 zaměstnanců)
 - Velká (> 300 zaměstnanců)
- 10) **Druh Vaší výroby:**
- Kusová
 - Sériová
 - Hromadná
- 11) **Jaká je vaše pozice ve firmě:**
- Operátor výroby
 - Technolog
 - Obchodní manager
 - Vedení firmy
 - Jiné: _____

12) Místo pro váš komentář:

*Autor práce by Vám chtěl poděkovat za Váš čas a ochotu podílet se na rozvoji nábytkářského světa.
Po důkladném zpracování výsledků projektu Vám tyto budou zaslány prostřednictvím emailové
adresy.*

Příloha 2 – Výsledky

1. Je podle vás technologie CNC spoje v ČR konkurenceschopná?	Ano	11	36,7%
	Spíše ano	7	23,3%
	Spíše ne	7	23,3%
	Ne	0	0,0%
	Nevím	5	16,7%
2. Dokázali byste si v budoucnu představit zavádění tohoto spoje do vaší výroby?	Ano	9	30,0%
	Ne	13	43,3%
	Tento spoj již používáme	1	3,3%
	Nevím	7	23,3%
5. Vlastníte víceosé CNC stroje	Ano max. 3	9	30,0%
	Ano 4 a více	7	23,3%
	Ne	14	46,7%
6. Jaký je Váš hlavní zpracovávaný materiál	Rostlé dřevo	11	36,7%
	Aglomerovaný materiál	15	50,0%
	Jiné	4	13,3%
7. Jaký sortiment převážně produkuje?	Židle, stoly, rámové kostry	5	16,7%
	Čalouněný nábytek	3	10,0%
	Skříňový nábytek a kuchyňské linky	14	46,7%
	Jiné	8	26,7%
8. Na který trh se primárně zaměřujete?	Domácí	19	63,3%
	Zahraniční	5	16,7%
	Nedá se určit	6	20,0%
9. Jak velká firma jste?	do 50	25	83,3%
	50-300	4	13,3%
	nad 300	1	3,3%
10. Druh vaší výroby?	Kusová	20	66,7%
	Sériová	7	23,3%
	Hromadná	3	10,0%
11. Jaká je vaše pozice ve firmě?	Operátor výroby	1	3,3%
	Technolog	4	13,3%
	Obchodní manager	2	6,7%
	Vedení firmy	21	70,0%
	Jiné	2	6,7%