

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

**Zkoušení pevnosti nábytkového spoje spojeného
Hoffmannovou rybinou**

Diplomová práce

Autor: Bc. Anežka Sedlická

Vedoucí práce: Ing. Jan Bomba, Ph.D.

2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Anežka Sedlická

Dřevařské inženýrství

Název práce

Zkoušení pevnosti nábytkového spoje spojeného Hoffmanovou rybinou

Název anglicky

Testing of strength of dovetail joint for furniture

Cíle práce

Cílem práce je porovnání pevnosti rybinového spoje používaného v nábytkářském průmyslu a to ze dvou rozdílných materiálů, ze dřeva a plastu. Spoj bude hodnocen ze dvou pohledů – s i bez použití lepidel.

Metodika

1. Vytvoření literární rešerše na téma rybinového spoje
2. Zajištění materiálu pro výrobu zkušebních těles a jejich výroba
3. Sestavení zkušebních těles a klimatizování pro následnou zkoušku
4. Zkoušení pevnosti spoje spojeného Hoffmannovou rybinou
5. Vyhodnocení výsledků a porovnání s údaji v literatuře

Doporučený rozsah práce

text – 60 s. ; přílohy – 20 s.

Klíčová slova

Hoffmannova spojka, Hoffmannova rybina, rybinový spoj, pevnost nábytkového spoje

Doporučené zdroje informací

EISNER, K., HAVLÍČEK, V., OSTEN, M.: Dřevo a plasty, SNTL 1983

NUTSCH, W.. Konstrukce nábytku: nábytek a zabudované skříně. 2., přeprac. vyd. Přeložil Václav BARTOŠ.
Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-4244-1.

NUTSCH, W. *Příručka pro truhláře*. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-60-3.

RADIL, K. – MICHŇA, Z. – NUTSCH, W. – VACHALOVSKÁ, L. – MICHŇOVÁ, I. *Příručka pro truhláře*.
Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel, 2014. ISBN 978-3-8085-4012-1.

REICHE, T. – JOSTEN, E. – WITTCHEN, B. *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada, 2010. ISBN
978-80-247-2961-9.

REICHE, T. – JOSTEN, E. – WITTCHEN, B. *Truhlářské konstrukce : spoje, povrchové úpravy dřeva,
konstrukce*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2960-2.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Bomba, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Konzultant

Ing. Pavel Boška

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2018

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 20. 04. 2018

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Zkoušení pevnosti nábytkového spoje spojeného Hoffmanovou rybinou vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jana Bomby, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V..... dne.....

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Bombovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Pavlu Boškovi za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a také čas věnovaný konzultacím. Za pomoc s přípravou zkušebních těles děkuji Ing. Tomáši Holečkovi. Poděkování patří také rodině, zejména mé matce PhDr. Kateřině Sedlické, která je mi vzorem a velkou oporou, za její cenné rady při psaní mé diplomové práce.

Abstrakt

Práce se zaměřuje na zkoušení pevnosti rybinového spoje při použití v nábytkářském průmyslu a porovnání pevnosti tohoto spoje z dvou rozdílných materiálů, ze dřeva a z plastu. Spoj bude hodnocen ze dvou pohledů – s použitím a bez použití lepidel.

Práce se zabývá posouzením vlivu vybraných faktorů na elastickou tuhost rohového nábytkového spoje. Jedná se o Hoffmannovu spojku, spoj imituje spojení do krabicového rámu. Sledovanými faktory při měření byly typ namáhání, typ spojky, přítomnost lepidla a úhel letokruhů.

Zkušební tělesa z buku byla podrobena tlakovému a tahovému namáhání v úhlové rovině. Z vyhodnocení vybraných faktorů byl zjištěn statisticky významný vliv na elastickou tuhost pomocí jednofaktorové analýzy u faktoru působení lepidla, u typu namáhání a typu spojky. Podle dvoufaktorové analýzy byly významné kombinace faktorů lepení a namáhání a typ spojky a namáhání. Zajímavým zjištěním byla statistická nevýznamnost vzájemného působení faktorů typu spojky a přítomnosti lepidla. Úhel letokruhů neměl samostatně na elastickou tuhost statisticky významný vliv.

Klíčová slova

Hoffmannova spojka, Hoffmannova rybina, rybinový spoj, pevnost nábytkového spoje

Furniture dovetail joint strength testing

Abstract

The strength of a dovetail joint as used in the furniture industry was tested and joints made from two different materials, wood and plastic, were compared. Joints made with and without the use of glues were assessed.

The study examined the effect of different factors on the elastic stiffness of a furniture corner joint. The type of joint used was a Hoffmann dovetail key which imitates a box frame. The different factors checked by measurements were the type of compression, type of joint, presence of glue and angle of annual rings.

Beech testing objects were subjected to compression and tension in an angular plane. The different factors were examined to see if there was any statistically significant effect on elastic stiffness through a single-factor analysis of the impact of glue, type of stress and type of joint. A two-factor analysis revealed that factor combinations of glue and stress as well as type of joint and stress had a significant effect. Interestingly, it was ascertained that the interaction of the type of joint and presence of glue was statistically insignificant. The standalone effect of the annual ring angle did not have a statistically significant impact on elastic stiffness.

Keywords

Hoffmann dovetail key, dovetail key, Hoffmann-Schwalbe key, strength of the furniture joint

Obsah

1	Úvod	14
2	Cíl práce	15
3	Literární rešerše	16
3.1	Historie společnosti Hoffmann GmbH	16
3.2	Hoffmannova spojka	16
3.2.1	Velikosti spojek.....	18
	W-0	18
	W-1	19
	W-2	20
	W-3	21
	W-4	22
3.2.2	Materiál spojky.....	22
3.2.3	Frézka.....	23
3.3	Rybinový spoj v historii	24
3.3.1	Tesařské spoje	25
3.3.1.1	Sraz s rybinovou vložkou	26
3.3.1.2	Rybinový čep	26
3.3.1.3	Čepový plát s rybinovým čepem.....	27
3.3.1.4	Rohový rybinový čep.....	28
3.3.1.5	Rovný plát s vloženou rybinovou vložkou	28
3.3.1.6	Příčné přeplátování rybinové	29
3.3.2	Truhlářské spoje	30
3.4	Konstrukční spoje jako alternativa Hoffmannovy spojky	31
3.4.1	Účel a podstata konstrukčních spojů	31
3.4.2	Klasifikace konstrukčních spojů	31
3.4.3	Rohové a středové spoje rámu.....	32
3.4.3.1	Spojení pomocí čepů a rozporů	32
3.4.3.2	Čep a dlab	33
3.4.3.3	Kolíkové rohové spoje.....	33
3.4.3.4	Domino kolík	34
3.4.3.5	Spojování pomocí lamel	35
3.4.3.6	Přeplátovaný spoj.....	35
3.4.3.7	Rohové spoje na pokos s vloženým perem	35
3.4.3.8	Miniozuby.....	36
3.4.4	Konstrukční spoje rohové a středové pro plošné dílce z masivu	37
3.4.4.1	Svlaky	37
3.4.4.2	Spojování ozuby	38
3.4.4.2.1	Otevřené ozuby	39
3.4.4.2.2	Polokryté ozuby	39
3.4.4.2.3	Celokryté ozuby	39
3.4.4.2.4	Strojně vyráběné ozuby.....	40
3.4.4.3	Spoje na sdružené čepy	40
3.4.4.4	Pera	40
3.4.4.4.1	Vlastní pero a drážka.....	41
3.4.4.4.2	Spojení s drážkovanou profilovou spárou	41
3.4.4.4.3	Vložené pero	41
3.4.4.5	Kolíky	41
3.4.4.6	Folding systém.....	42
3.5	Spojování plasty	43
3.5.1	Plastová pera	43
3.5.2	Plastové kolíky	43
3.5.3	Roztavené plasty	43

3.6	Pevnostní vlastnosti spojů	44
3.6.1	Testování konstrukčních spojů	45
3.6.2	Podmínky pro vytvoření trvanlivého spoje	45
4	Metodika	47
4.1	Materiál	47
4.2	Počet měřených těles	47
4.3	Příprava zkušebních těles	48
4.3.1	Vytvoření těles	48
4.3.2	Příprava dřevěných spojek	50
4.3.3	Lepení těles	51
4.3.4	Klimatizace těles	52
4.3.5	Označení těles	53
4.4	Zkouška	54
4.5	Vyhodnocení zkoušky	55
4.6	Použité výpočty	55
4.7	Statistické zpracování dat	57
4.7.1	Aritmetický průměr	58
4.7.2	Směrodatná odchylka	58
4.7.3	Rozptyl	58
4.7.4	Variační koeficient	58
4.7.5	Analýza rozptylu	59
4.7.6	P-hodnota	59
4.7.7	Korelační koeficient	59
5	Výsledky	61
5.1	Vyhodnocení výsledků	61
5.2	Závislost průběhu letokruhů na elastické tuhosti spojů	65
5.3	Analýzy rozptylu	66
5.3.1	Jednofaktorové analýzy	66
5.3.1.1	Závislost typu namáhání na elastické tuhosti spojů	67
5.3.1.2	Závislost typu spojky na elastické tuhosti spojů	67
5.3.1.3	Závislost použití lepidla na elastické tuhosti spojů	68
5.3.2	Dvoufaktorové analýzy	69
5.3.2.1	Lepení * namáhání	69
5.3.2.2	Lepení * spojka	70
5.3.2.3	Spojka * namáhání	70
5.4	Shrnutí významných faktorů – typu spojky, použití lepidla a typu namáhání	71
5.5	Grafy průběhů zkoušek	72
6	Diskuse	75
7	Závěr	81
8	Použitá literatura	82
9	Přílohy	87

Seznam obrázků

Obr. 1: Možné využití Hoffmannových spojek pro nábytkové dílce	17
Obr. 2: Velikosti Hoffmannových spojek	18
Obr. 3: Délky spojky pro velikost W1	19
Obr. 4: Spojení rámečku.....	19
Obr. 5: Délky spojky pro velikost W2	20
Obr. 6: Spojení nábytkových dílců.....	20
Obr. 7: Délky spojky pro velikost W3	21
Obr. 8: Spojení zábradlí	21
Obr. 9: Délky spojky pro velikost W4	22
Obr. 10: Spojení sloupkové konstrukce	22
Obr. 11: Frézka pro Hoffmannovu spojku, starší typ MU – C.....	24
Obr. 12: Egyptské zubování postelí z období kolem 800 př. n. l.	25
Obr. 13: Různá geometrie hmoždíku	25
Obr. 14: Sraz s rybinovou vložkou.....	26
Obr. 15: Rybinový čep	27
Obr. 16: Čepový plát s rybinovým čepem.....	27
Obr. 17: Rohový rybinový čep	28
Obr. 18: Rovný plát s vloženou rybinovou vložkou	29
Obr. 19: Příčné přelátování rybinové	29
Obr. 20: Motýlový spoj	30
Obr. 21: Rybinové ozuby u podřadnějších konstrukcí	31
Obr. 22: Jednoduchý čep a rozpor.....	32
Obr. 23: Kolíkové spoje	34
Obr. 24: Lamela a její použití.....	35
Obr. 25: Rohový pokosový spoj na vložené pero	36
Obr. 26: Miniozuby	37
Obr. 27: Svlakové spojení	38
Obr. 28: Pohled na rybinové otevřené ozuby	39
Obr. 29: Sdružené čepy	40
Obr. 30: Možnost umístění kolíků (a, b – na tupo, c – na pokos, d – úhlový kolík)	42
Obr. 31: Folding systém	42
Obr. 32: Plastové pero	43
Obr. 33: Pracovní diagram	45
Obr. 34: Schéma rozdělení zkušebních těles do skupin	48
Obr. 35: Vytvoření otvoru pro upínací čelisti	49
Obr. 36: Vytvoření drážky pro spojky pomocí frézky	50
Obr. 37: Dřevěná spojka při podrobení testu na tah.....	51
Obr. 38: Ukázka vkládání spojky do rámu.....	52
Obr. 39: Umístění spojky ve zkušebním tělese	52
Obr. 40: Schéma pro označení těles	53
Obr. 41: Příklad označení tělesa.....	53
Obr. 42: Namáhání spojů v úhlové rovině momentem M.....	54
Obr. 43: Schéma zatížení tlakem a tahem	55
Obr. 44: Tlaková zkouška u tělesa se spojkou dřevěnou a plastovou	74
Obr. 45: Tahová zkouška u tělesa se spojkou dřevěnou a plastovou	74
Obr. 46: Porušení spoje s dřevěnou a plastovou spojkou.....	75
Obr. 47: Testování tlakového a tahového namáhání podle	76
Obr. 48: Rozměry a umístění spojek v rámu.....	77
Obr. 49: Pokosové spoje spojené rybinou po provedení zkoušek.....	78

Seznam tabulek

Tabulka 1: Technické parametry klimatizační komory HPP 750	53
Tabulka 2: Výsledky hustoty a elastické tuhosti spojů	62
Tabulka 3: Průměrné hodnoty ohybových momentů a změny úhlu.....	62
Tabulka 4: Duncanův test.....	65
Tabulka 5: Souhrnné výsledky analýzy rozptylu	66
Tabulka 6: Souhrnné výsledky výzkumu	78
Tabulka 7: Souhrnné výsledky výzkumu	79
Tabulka 8: Výsledky elastické tuhosti pro dřevěné spojky napříč vláken	80

Seznam grafů

Graf 1: Vztah elastické tuhosti a tuhosti při maximálním zatížení	63
Graf 2: Vztah hustoty a elastické tuhosti	64
Graf 3: Závislost úhlu letokruhů na elastickou tuhost.....	65
Graf 4: Vliv typu namáhání na elastickou tuhost	67
Graf 5: Vliv typu spojky na elastickou tuhost	68
Graf 6: Vliv faktoru lepení na elastickou tuhost	68
Graf 7: Vliv faktoru lepení a typu namáhání na elastickou tuhost.....	69
Graf 8: Vliv typu spojky a faktoru lepení na elastickou tuhost.....	70
Graf 9: Vliv typu spojky a typu namáhání na elastickou tuhost	71
Graf 10: Vliv vybraných faktorů na elastickou tuhost	72
Graf 11: Průběh zkoušky tělesa na tlak s plastovou spojkou lepenou	73
Graf 12: Průběh zkoušky tělesa na tah s plastovou spojkou nelepenou.....	73
Graf 13: Porovnání hodnot ohybového momentu pro tlakové a tahové namáhání pro různé typy adheziv	76
Graf 14: Grafický výstup z UTS 50 pro dřevěnou spojku nelepenou a lepenou	80

Seznam použitých zkratek

aj.	a jiné
apod.	a podobně
B	jmenovitá šířka dveří = jmenovitá šířka zárubně
BK	buk
°C	stupně Celsia – jednotky teploty
cm	centimetr – jednotka délky
ČSN	Česká státní norma
ČSN EN	Česká státní norma harmonizovaná s evropskými normami
kg	kilogram – jednotka hmotnosti
m	metr – základní jednotka délky
mm	milimetr – jednotka délky
N	Newton – jednotka síly
Nm	Newtonmetr – jednotka pro moment síly
n. l.	našeho letopočtu
PUR	polyuretan
PVAC	polyvinylacetát
W	Watt – jednotka výkonu
\bar{x}	aritmetický průměr prvků v souboru
C	tuhost
C_{elast}	elastická tuhost
F_{max}	síla na mezi pevnosti
H0	nulová hypotéza
l_0	délka ramena síly
m	hmotnost tělesa
M	ohybový moment
m_0	hmotnost absolutně suchého dřeva
M_{max}	maximální ohybový moment dosažený při maximální zatěžovací síle
m_w	hmotnost při vlhkosti w
n	počet prvků v souboru
R	korelační koeficient
R^2	koeficient determinace
S	směrodatná odchylka
S2	rozptyl
V	objem tělesa
V	variační koeficient
V_w	objem při vlhkosti w
w	vlhkost
γ	původní úhel mezi rameny tělesa
ΔF	rozdíl síly při 10 a 40 % maximálního zatížení
ΔM	rozdíl momentu při 10 a 40 % maximálního zatížení
$\Delta \gamma$	změna úhlu
ρ_{12}	hmotnost dřeva při 12% vlhkosti
ρ_w	hmotnost při vlhkosti w

1 Úvod

Nábytek tvoří neodmyslitelnou kapitolu v oblasti dřevařské výroby. Setkáváme se s ním v každodenním světě a je tedy důležitou součástí našeho života. Velmi důležitou složkou tohoto sortimentu je konstrukční řešení a s tím související spojovací prvky. Ty mohou být rozebíratelné nebo nerozebíratelné. Volba konkrétního spoje následně ovlivňuje charakter výrobku, jeho určení a také celé jeho řešení.

V dnešní době stále častěji pokládánou je otázka ekologie. Čím více „eko“ výrobek je, tím se pro uživatele stává atraktivnější. Výrobci se u svých produktů předhánějí ve výběru materiálu a ekologii jasně dominuje dřevo. Jedná se o obnovitelnou surovinu, která má také nespornou výhodu při následné likvidaci výrobku.

V předkládané práci jsou objasněna fakta o spoji pomocí Hoffmannovy spojky a je shrnut vývoj rybinových spojů tesařských a truhlářských. Dále jsou v práci uvedeny spoje obdobné funkce (spoje rohové a středové) a jejich charakteristika.

2 Cíl práce

Cílem práce je porovnání pevnosti Hoffmannovy spojky vyrobené ze dvou rozdílných materiálů – ze dřeva a z plastu. U jimi vytvořených spojů jsou dále hodnocena dvě kritéria – s použitím a bez použití lepidel. Jako spojovací prostředek byla použita spojka velikosti W-3 a aplikovaným lepidlem bylo disperzní PVAc s voděodolností D3, jelikož se jedná o lepidlo nejčastěji používané ke spojení nábytkových dílců.

3 Literární rešerše

3.1 Historie společnosti Hoffmann GmbH

Historie společnosti Hoffmann Company sahá do roku 1990. Společnost byla založena v německém Bruchsalu Walterem Hoffmannem a jeho dvěma syny – Thomasem a Martinem. Jejich hlavní činnost se koncentrovala na výrobu pro zákazníky, jimiž byli především truhláři. V roce 1992 přišel milník, který upevnil směřování firmy – vynález tzv. Hoffmannovy spojky (hoffmann-usa.com).

Společnost se primárně zaměřuje na vývoj a výrobu strojů pro rybinový spoj. Jejich portfolio tvoří převážně frézky pro rybinový spoj, a to jak ruční (stolní), které jsou určeny pro menší dimenze výrobků, tak i samostatně stojící frézky a CNC.

Historie v bodech a datech:

- 1990 Založení společnosti
- 1992 Vynález Hoffmannovy spojky („Hoffmann Dovetail Key“)
- 1993 Zaměření se na mezinárodní trhy
- 1994 Získání ceny Dr. Eberleho za vynikající technické úspěchy
- 1995 Bavorská státní cena za „dvojitou kotoučovou pilu MS35“
- 1996 Vybudování stávajícího vedení firmy v průmyslové oblasti Bruchsal
- 1997 Založení Hoffmann Machine Co. Ltd. v Anglii
- 2001 Rozšíření skladového a kancelářského prostoru
- 2002 Vynález rohového spojení pro okna („Hoffmann-window corner“)
- 2005 Rozšíření administrativní budovy v Bruchsalu
- 2007 Rozšíření skladových a administrativních prostor
- 2013 Vybudování skladu pro materiál a hotové výrobky (hoffmann-schwalbe.com)

3.2 Hoffmannova spojka

Inspirace vzešla z požadavku vytvořit spojovací materiál, který dokáže spojit dva dílce dohromady s vysokou přesností a bezpečným spojením. Spoj měl být jednoduchý, nekomplikovaný, výroba měla být v co možná nejkratším a spojky měly plnit více funkcí a možností využití. Základním principem je rybina s jejím charakteristickým tvarem. Klínové drážky s třemi dosedacími plochami zabezpečují vedení a zároveň oporu pro přesné a bezpečné spojení. (www.eshop-rychlo.sk)

Rybinový tvar je osvědčeným a nadčasovým designem – klasickou formou používanou ve strojírenství a zpracování dřeva po stovky let. Přesný tvar dvojité rybiny¹ zaručuje potřebnou přilnavost a dobré vedení spojky. Vložení spojky jsou dílce staženy dohromady a vytvářejí těsný, dokonale vyrovnaný a trvale pevný spoj bez použití upínacích svorek, spon nebo jiných upevňovacích prostředků. Obrovskou výhodou je absence použití rámového lisu. Hoffmannovy spojky poskytují rychlý, přesný a spolehlivý způsob spojení dřeva a materiálů na bázi dřeva, ať už ve velkém výrobním měřítku nebo v oblasti DIY.² Každá spojka má jeden zaoblený konec, který pomáhá při jejím vkládání do vyfrézované drážky a nejsou tudíž vyžadovány žádné speciální stroje či nástroje (hoffmann-usa.com).

Jednou z hlavních předností jejího použití je skutečnost, že při montáži již nedochází ke změně tvaru výsledného spojení, což je výhodou nejen pro montáž specializovanou firmou, ale především pro možnosti využití drobným uživatelem. Pro konečné spojení jednotlivých prvků je potřeba jen kladivo.



Obr. 1: Možné využití Hoffmannových spojek pro nábytkové dílce (rohové, středové a délkové) (hoffmann-schwalbe.com)

Běžně je v nabídce firmy Hoffmann k dispozici více než 35 spojek různých velikostí a více než 20 spojek se zátkou. Obě verze jsou vyrobeny z vysoce kvalitní polymerní směsi. Standardní barva je středně hnědá, která je vhodná ve většině použití, nicméně mohou být zhotoveny v mnoha zakázkových barvách (Hoffmann Dovetail, 2018).

¹ V anglickém jazyce se spoj označuje výrazem „key“, tedy klíč nebo klín.

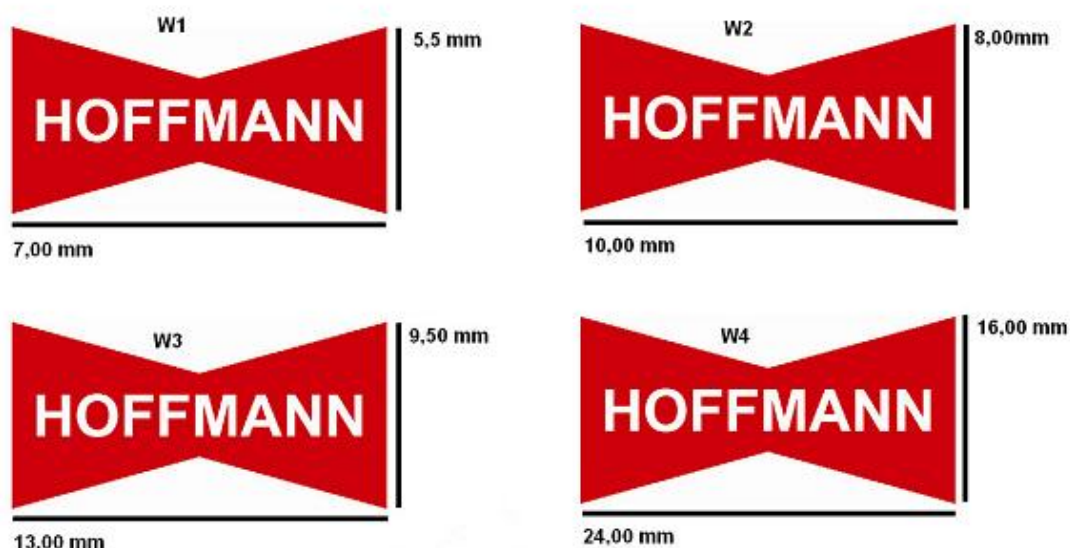
² DIY z anglického „do it yourself“ spočívá v umu vytvořit si nějaký výrobek svépomocí.

Dřevěné spojky jsou vyrobeny z tvrdých dřevin (třešeň, dub, ořech, mahagon a javor) a jsou prodávány v dlouhé laťce, kterou si zákazník nařeže na potřebnou velikost (délku) (Hoffmann Dovetail, 2018). Je nutné podotknout, že tyto spojky slouží pouze jako okrasný prvek – orientace vláken v této spojnici neumožňuje vhodné pevnostní parametry.

Systém spojování Hoffmann je používán při truhlářské výrobě dřevěných výrobků – v nábytkářství, ve výrobě oken a dveří, rovněž při výrobě obrazových rámu a mnoha dalších komodit.

Pro různorodé použití je nabízeno 5 velikostí spojek (W-0, W-1, W-2, W-3 a W-4) včetně příslušných rybinových fréz a spojky jsou v každé velikosti k dispozici v několika délkách.

3.2.1 Velikosti spojek



Obr. 2: Velikosti Hoffmannových spojek (Epimex, 2018)

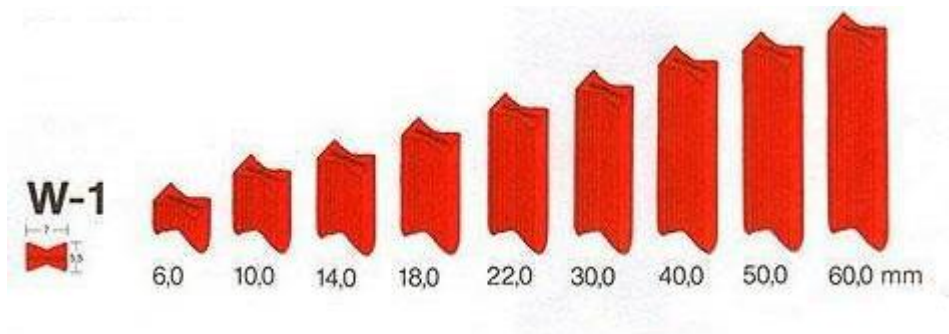
W-0

Mezi spojky se zařazuje i malá spojka velikosti W-0 s rozměry 4,3 mm x 3,2 mm. Typické aplikace pro tuto spojku zahrnují velmi malé ozdobné římsy, zasklívací lišty interiérových i exteriérových dveří, malé obrazové rámy a krabičky a šperkovničky.

Spojky W-0 jsou vhodné pro velmi malé nebo tenké materiály, které nemají dostatečnou tloušťku k použití klíče W-1 (W-0 dovetail keys, 2018).

W-1

9 rozdílných délek od 6,0 do 60,0 mm



Obr. 3: Délky spojky pro velikost W1 (hoffmann-usa.com)

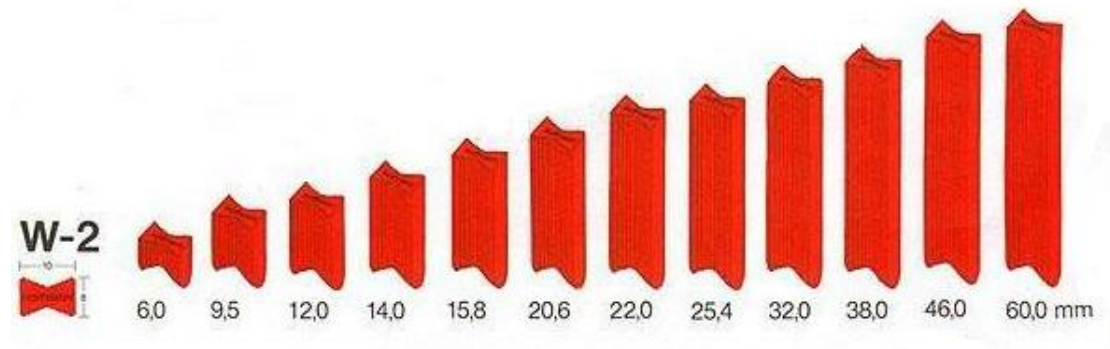


Obr. 4: Spojení rámečku (hoffmann-usa.com)

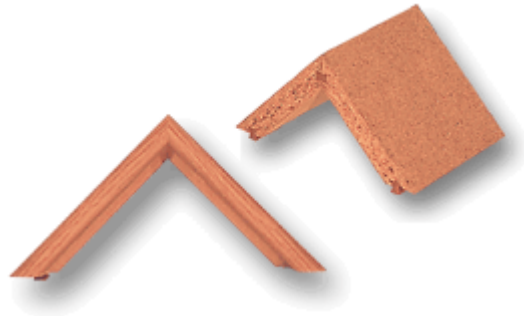
- Různé typy rámů s malými profily
- Zasklívací lišty
- Distanční rámečky
- Korunní a římsová lišta
- Okenní středové příčky
- Zásuvky
- Krabičky na šperky

W-2

12 rozdílných délek od 6,0 do 60,0 mm



Obr. 5: Délky spojky pro velikost W2 (hoffmann-usa.com)



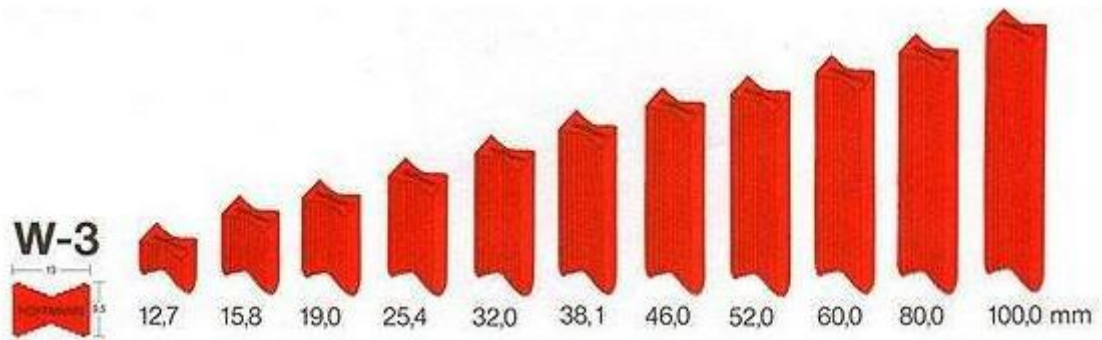
Obr. 6: Spojení nábytkových dílců (hoffmann-usa.com)

- Nábytková dvířka
- Stropní římsy
- Dveřní a okenní rámy
- Okenice
- Tesařské a stavebně truhlářské masivní prvky
- Prodejní regály
- Nábytek připravený k sestavení (RTA³)

³ RTA furniture znamená v překladu „Ready-to-assemble furniture“, tedy nábytek připravený k sestavení.

W-3

11 rozdílných délek od 12,7 do 100,0 mm



Obr. 7: Délky spojky pro velikost W3 (hoffmann-usa.com)

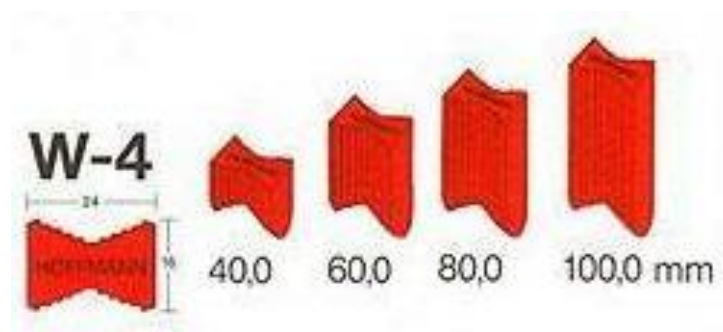


Obr. 8: Spojení zábradlí (hoffmann-usa.com)

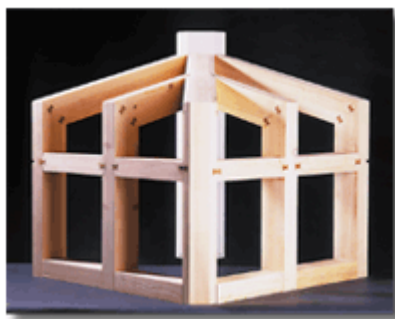
- Tesařské a stavebně truhlářské masivní prvky
- Postelové rošty, nosné nábytkové rámy
- Zábradlí
- Konstrukce oken a dveří
- Venkovní nábytek, terasy, kryty bazénů
- Velké zrcadlové a obrazové rámy
- Nábytek připravený k sestavení (RTA)

W-4

4 rozdílné délky od 40,0 do 100,0 mm



Obr. 9: Délky spojky pro velikost W4 (hoffmann-usa.com)



Obr. 10: Spojení sloupkové konstrukce (hoffmann-usa.com)

- Sloupková konstrukce
- Letní zahrady
- Terasy
- Skleníky
- Velké dimenze architektonických konstrukcí (hoffmann-usa.com)

3.2.2 Materiál spojky

Hoffmannovu spojku lze charakterizovat jako kombinaci mezi spojem rybinovým (rybinovými ozuby) a vloženým perem. Z každého tohoto spoje má kladné vlastnosti. Z ozubu má výhodu samosvornosti a tím možnost absence stahovacích prostředků a lisů při montáži. Z vloženého pera lze za pozitivum považovat možnost použití jiného materiálu, než je materiál spojovaných dílců, respektive výhodu změny orientace vláken při použití spojky dřevěné.

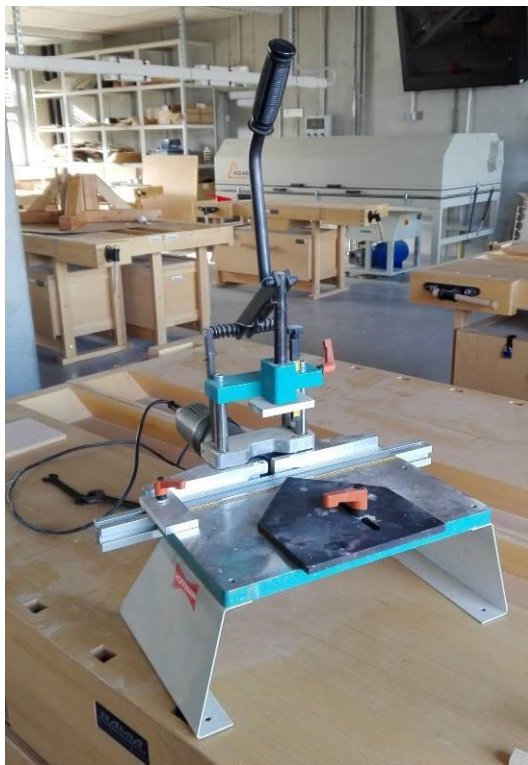
Originální Hoffmannova spojka je vyráběna z plastu, konkrétně se jedná o Acrylonitrile Butadiene Styrene. Tento polymer označovaný jako ABS je známý svou extrémní mechanickou odolností a houževnatostí. Výhodou ABS je také chemická odolnost vůči kyselinám, louchům, olejům a tukům. Tyto výhodné vlastnosti jsou spojeny s naprostou zdravotní nezávadností, pro niž lze jako důkaz uvést stavebnici LEGO, která je z tohoto polymeru vyrobena (www.plexiplast.cz).

3.2.3 Frézka

Tato kapitola se věnuje frézce, kterou byly vyrobeny drážky pro spojku v předkládané práci. Malá odlehčená verze frézky pro domácí použití, která je určena pro frézy velikosti W-1, W-2 a W-3. Posun frézy do řezu je u tohoto typu frézky ruční, samotnou frézu otáčí 530 W motor s 29 tisíci otáčkami za minutu (hoffmann-usa.com). Při každém posunu frézy je vytvořena jedna drážka o hloubce, jaká byla nastavena na vertikálním pravítku před samotným řezem. Při ručním posunu páky dojde k pohybu nástroje do řezu, je vytvořena příslušná drážka a při odlehčení páky je nástroj (včetně celé motorové jednotky) posunut z řezu pryč.

Technická data:

- Příkon: 120 V – 4,4 A
- Motor / otáčky: 530 W / 29,000 ot/min
- Posun do řezu: manuální
- Maximální výška řezu: 57 mm
- Maximální výška materiálu: 89 mm
- Vhodné pro frézy velikostí W-0, W-1, W-2, W-3
- Rozměry Š/H/V (mm): 502 / 540 / 770
- Váha: 17,25 kg (hoffmann-usa.com)



Obr. 11: Frézka pro Hoffmannovu spojku, starší typ MU – C

3.3 Rybinový spoj v historii

Konstrukční řešení při spojování dřeva prochází neustálým rozvojem. Hoffmannova spojka je jako komodita známá přes dvacet let, nicméně jejich předchůdců bylo nespočet a využití tohoto tvaru spoje lze vysledovat až do starověku.

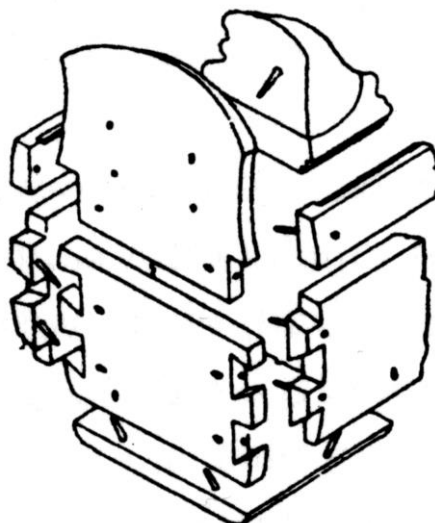
Zpracování dřeva a výroba spojů souvisí velmi silně s vývojem ručního náradí – seker a pil. V době kamenné⁴ se vývoj posunul od pěstního klínu ke kamenné sekeře a z období mladší doby kamenné⁵ jsou již doloženy primitivní čepy a rozpory (tzv. zahrdení). S příchodem doby bronzové⁶ docházelo k typovému rozvoji nástrojů, neboť výhodou kovu byla lepší ostřitelnost a snadnější spojení násady a nástroje. Doba železná⁷ dále upevnila dříve nabyté zkušenosti a dala vzniknout mnoha typům seker a jiných nástrojů, které byly nezbytnou podmínkou pro vývoj a užití nových způsobů spojů (Gerner, 2003).

⁴ Období okolo roku 8000 př. n. l.

⁵ Období okolo roku 3500 př. n. l.

⁶ Období okolo roku 2300 př. n. l.

⁷ Období okolo roku 1500 př. n. l.

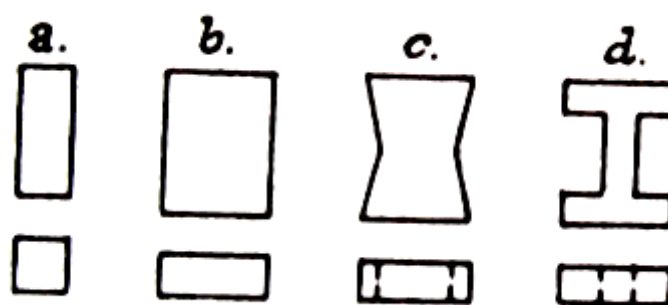


Obr. 12: Egyptské zubování postelí z období kolem 800 př. n. l. (Gerner, 2003)

3.3.1 Tesařské spoje

Rybinový spoj se často uplatňoval také v tesařské praxi. Jedná se o silný a samosvorný spoj. Také Hoffmannova spojka je dnes používána pro větší dimenze sloupkových konstrukcí. Následující kapitoly objasňují vývoj rybinového spoje.

Hmožník je hranolovitá, válcovitá, klínovitá nebo jinak vytvořená spojovací součástka, která má zamezit vzájemný posuv kamenů, trámů nebo jiných těles.⁸ Bývá z kamene, kovu či dřeva a zapouští se určitou hloubku do každého z přilehlých těles (Stránský – Korbař, 1962).



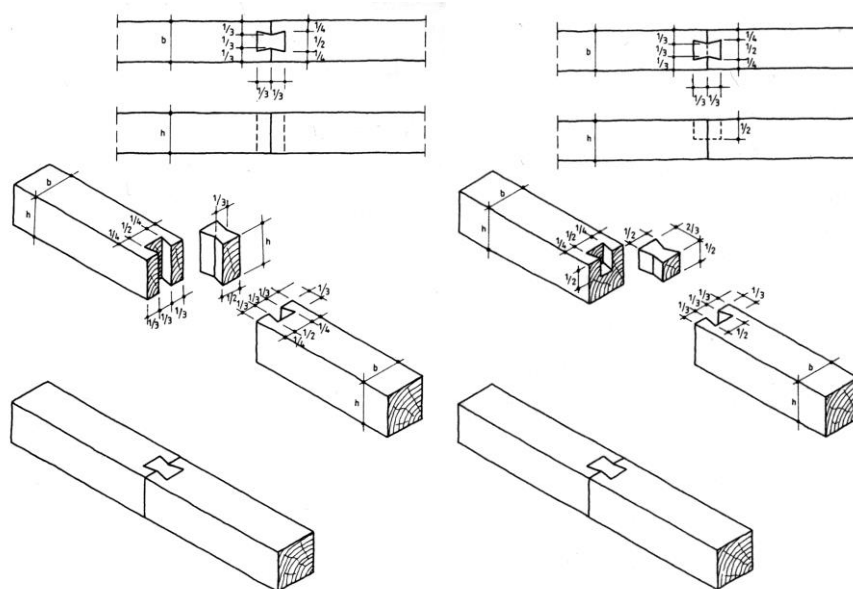
Obr. 13: Různá geometrie hmoždíku (Teyssler – Kotyška, 1930)

⁸ Hmoždík je nazývaný také mašle, nebo vlašťovčí ocas. V truhlářině se jedná o spoj sloužící ke spojování větších ploch, jako jsou například desky stolů, víka truhel a různých lavic, deskových dveří a podobně. Hmoždík slouží jako spoj pomocný (www.truhlarstvi-postaru.cz).

3.3.1.1 Sraz s rybinovou vložkou

Tento typ spoje se řadí mezi tesařské spoje na sraz. Tyto spoje jsou buď podélné ležící nebo stojící. Sraz s rybinovou vložkou⁹ (nebo také tupý sraz s vloženou rybinou) je sice náročný na výrobu, ale dokáže přenášet větší zatížení než obyčejné tupé či šikmé srazy. Rybina prochází celou výškou dřeva, její délka je asi $2/3$ této výšky. Pomocí rybiny lze zachytit namáhání smykové a tahové. Spojení je natolik pevné a stabilní, že jej lze ve většině aplikací použít bez dalších spojovacích prvků (Gerner, 2003).

Modifikací tohoto spoje vzniká sraz s nízkou rybinovou spojkou, která je vytvořena jen do poloviny (respektive $2/3$) výšky dřeva, neprochází tedy naskrz otvorem ve spojovaných prvcích. Nevýhodou je přenášení menších sil, výhodou je ale nemožnost vyklouznutí spojky (Gerner, 2003).



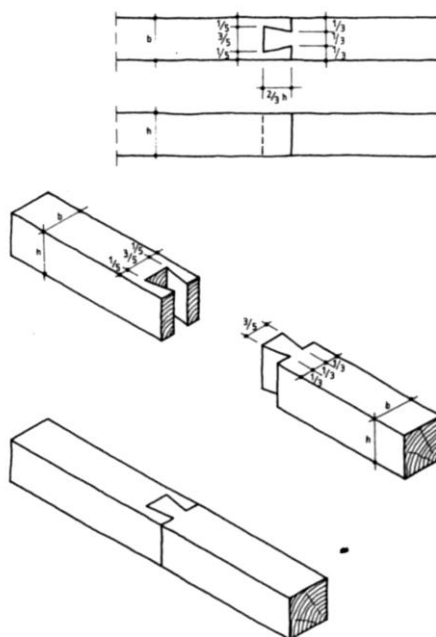
Obr. 14: Sraz s rybinovou vložkou (Gerner, 2003)

3.3.1.2 Rybinový čep

Jedná se o zlepšení čepového spoje¹⁰ formou rybiny, která dokáže podchytit i tahové síly. Tento typ spoje je náročnější na výrobu a musí být proveden přesně, aby nedocházelo k prokluzu obou částí (Gerner, 2003).

⁹ Název tohoto spojovacího prvku vychází z jeho tvaru, kterým je tvar vlaštovčích či rybích ocasů. V německém prostředí se používá název Schwalbenschwanz, což znamená vlaštovčí ocásky, v českém prostředí je použito přirovnání k ocasům rybím (Gerner, 2003).

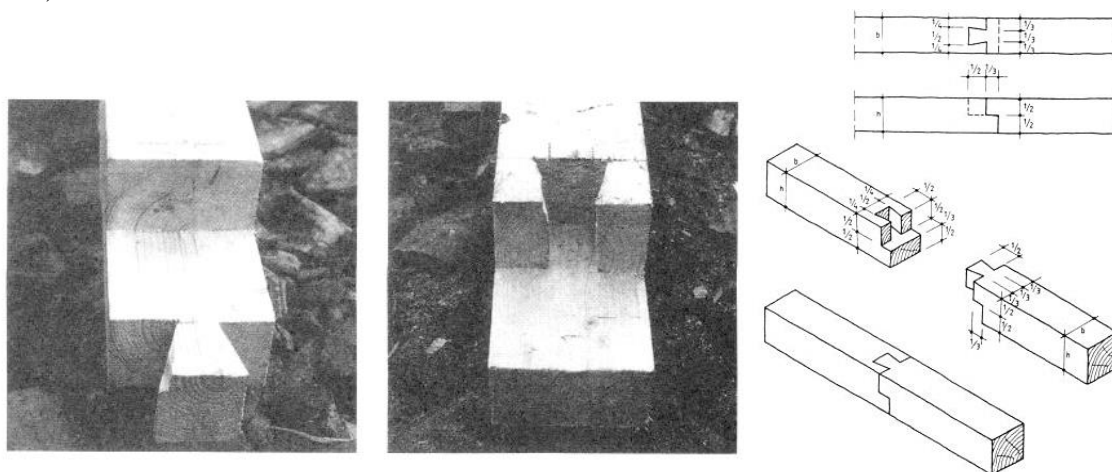
¹⁰ Čepové spoje jsou spolu s pláty nejstaršími a nejrozšířenějšími spoji. Neznáme přesné datování, ale jistě víme, že jsou tyto spoje doložené kolem roku 3000 př. n. l. Do kategorie těchto spojů patří mimo jiné i spoje rybinové (Gerner, 2003).



Obr. 15: Rybinový čep (Gerner, 2003)

3.3.1.3 Čepový plát s rybinovým čepem¹¹

Geometrie spoje v podobě rybiny na horní straně dřeva umožňuje podchytit menší tahové síly, pro zdvih horní vrstvy dřeva je spoj potřeba opatřit ještě skobou (Gerner, 2003).



Obr. 16: Čepový plát s rybinovým čepem (Gerner, 2003)

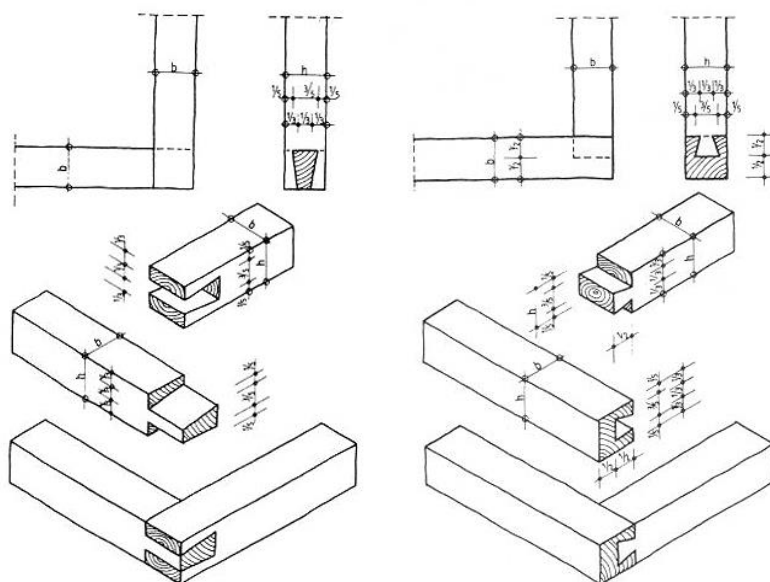
¹¹ Další názvy jsou: plát s předsazením ve tvaru rybinového čepu, rybina s plátem, plátový sraz ve tvaru rybiny, plátový sraz na rybinu (Gerner, 2003).

3.3.1.4 Rohový rybinový čep

Pro rohové čepy průběžné a zpola začepované platí, že jsou svou geometrií vystavené povětrnostním vlivům čelem a do exteriéru nejsou proto příliš vhodné. Pro vnitřní rámy a rohy se spoj ale naopak hodí (Gerner, 2003).

Průběžné čepy mají konstrukční délku rovnu šířce dřeva, síla čepu na jeho vnější straně dosahuje její třetiny, na straně vnitřní pětiny této šířky. Spoj dokáže přenášet tahové i tlakové síly a zároveň vylučuje možnost vzájemného otočení spojených dílců. Ve směru čepu lze ale spoj rozpojit, proto je třeba jej zajistit skobou (Gerner, 2003).

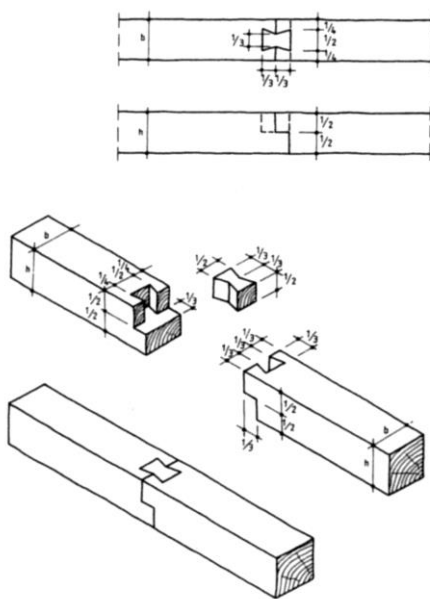
Čepy zpola začepované mají konstrukční délky rovny polovině šířky dílce. Zbylé rozměry zůstávají, tedy vnější strana čepu o velikosti třetiny šířky a vnitřní o velikosti pětiny výšky – spoj má tedy větší svěrný úhel. Tahové síly má schopnost zachytit menší, než čep průběžný a rovněž je potřeba jej zajistit skobou (Gerner, 2003).



Obr. 17: Rohový rybinový čep (Gerner, 2003)

3.3.1.5 Rovný plát s vloženou rybinovou vložkou

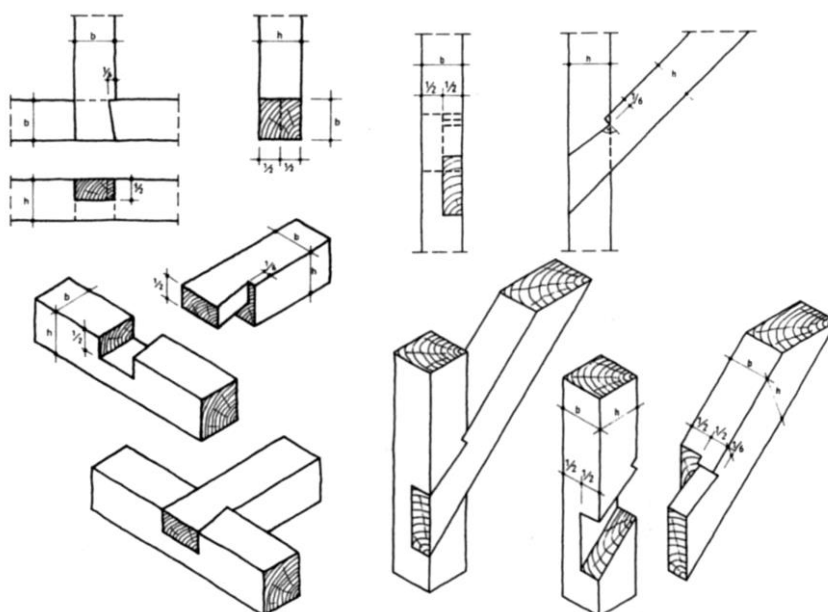
Jde o velmi stabilní spoj, který sice není chráněn proti zdvihu, ale proti bočnímu posuvu ano a dokáže tak podchytit menší boční síly a stejně tak síly tahové (Gerner, 2003). U všech spojů s tímto typem vložky je důležité sledovat, jak jsou orientovaná vlákna – spojka je při namáhání v tahu či tlaku vždy namáhána podél vláken.



Obr. 18: Rovný plát s vloženou rybinovou vložkou (Gerner, 2003)

3.3.1.6 Příčné přeplátování rybinové

Jedná se o příčný spoj, který je výrazným zlepšením těchto spojů. Díky rybině dokáže podchytit také tahové síly, které mohou při namáhání vzniknout, a tím rovněž zajišťují stabilní polohu. Spoj byl hojně využíván v hambalkové střešní konstrukci a až do 16. století při připlátování paždíků¹² ve stěnových konstrukcích (Gerner, 2003).



Obr. 19: Příčné přeplátování rybinové (Gerner, 2003)

¹² Paždík je vodorovný spojovací trámec v dřevěné konstrukci, který odděluje okenní či dveřní otvory nebo vyztužuje hrázděnou stěnu (Frolec, Vařeka, 1983).

Tento typ spoje existuje ve verzi s jedno nebo oboustrannou rybinou. Oboustranná rybina má sice větší pevnost při tahovém namáhání, ale je pracnější na výrobu, a proto se používala méně. Oba dva typy spoje existují ve verzi průběžné i kryté; kryté rybiny měly vždy lepší odolnost vůči povětrnosti, jelikož méně trvanlivé čelo bylo chráněno podélnými vlákny (Gerner, 2003).

3.3.2 Truhlářské spoje

Alfou a omegou pevnosti nábytku je kvalitní spojení konstrukce. Spojení může být mechanické nebo adhezní, často se jedná o spojení obou typů dohromady, vždy závisí na typu spojovaného materiálu a účelu konstrukce (Losos, 2013).

Historicky lze jen těžko říct, který ze spojů je považován za nejstarší, pravdou zůstává, že se navzájem ovlivňovaly spoje truhlářské a tesařské. Pokud bychom tedy vycházeli ze spojů tesařských, nejstarším spojem by bylo přeplátování či různé druhy čepů. Později se začal vyvíjet svlakový spoj a různé druhy ozubů. Zároveň se spoji šel také vývoj adheziv (lepidel). Mezi nejstarší patří živočišné klihy, rostlinné klovatiny a pryskyřice. Lepení pomocí kaseinu je známo již od starověku (Losos, 2013).

Důležitým parametrem je směr vláken. U spojení podélných směrů měl přednost spoj pomocí pera, vlastního či vloženého. V případě napojení dřeva podélného a příčného dostával přednost svlak, který nebyl klížen, aby umožnil pohyb spojovaných dílců. Mezi příčné (vertikální) spoje řadíme tzv. motýlové spoje, někdy zvané mašle. Deskové materiály se tímto způsobem spojovaly tak, že do protilehlých dílců byl vytvořen rybinový zářez a do vzniklého otvoru byl vložen přesně lícující spoj, který svým tvarem připomínal motýla (Losos, 2013).



Obr. 20: Motýlový spoj (Losos, 2013)

Technologicky nejnáročnější spoje byly rohové, které byly zejména u sedacího a ložního nábytku velice namáhány. Spoje proto byly voleny kolíčkové a čepové, méně namáhané nárožní spoje byly opatřeny ozuby rovnými nebo rybinovými (Losos, 2013).



Obr. 21: Rybinové ozuby u podřadnějších konstrukcí (Losos, 2013)

3.4 Konstrukční spoje jako alternativa Hoffmannovy spojky

Následující kapitoly reprezentují nejprve základní rozdělení nábytkových spojů, dále jsou uvedeny spoje, které jsou svou povahou podobné použití Hoffmannovy spojky; jedná se především o rohové a středové spoje rámců, ale také o rohové spojení deskových materiálů. V obou případech má Hoffmannova spojka své místo. Výběr spoje souvisí i s konečným vzhledem celého výrobku, může se od něj odvíjet, nebo jej naopak dotvářet.

3.4.1 Účel a podstata konstrukčních spojů

Konstrukční spoje jsou nepostradatelnou součástí truhlářské výroby. Pro každý výrobek je nutno vhodně zvolit a vyrobit daný konstrukční spoj. Pevnost a tuhost spoje závisí na kvalitě jeho provedení a opracování. Pro rohová spojení samozřejmě existují jiná, častěji používaná spojení, která budou zmíněna v následujících kapitolách.

3.4.2 Klasifikace konstrukčních spojů

a) Dle použitých spojovacích prostředků:

1. spoje nelepené – rozebíratelné spoje vytvořené mechanickými prvky (hřebíky, sponky, šrouby, vruty aj.);
2. spoje lepené – nerozebíratelné spoje vytvořené buď lepením nebo pomocí vložených prvků (kolíky, pera, lamely aj.). Patří sem také Hoffmannova spojka.

b) Dle způsobu spojování:

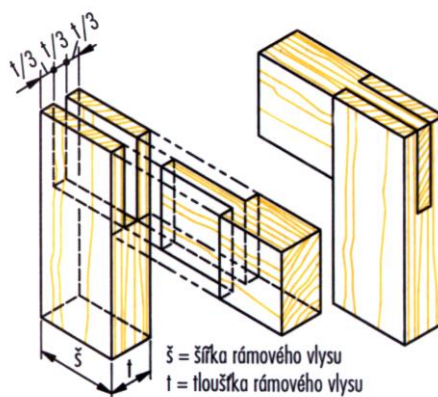
1. spoje plošné – spoje sloužící k rozšíření nebo prodloužení materiálu (lepení spárovky aj.);
2. spoje rámové – středové a rohové spoje vlysů (patří sem okenní a dveřní křídla, rámy aj.);
3. rohové a středové spoje plošných dílců – spojení dílců z konstrukčních desek (korpusy skříní, zásuvky aj.). (Křupalová, 2000)

3.4.3 Rohové a středové spoje rámu

V následujících kapitolách se budeme věnovat pouze spojmům nerozebíratelným a především těm, které jsou alternativou Hoffmannovy spojky nebo svým tvarem mají blízko k rybinovému spoji.

3.4.3.1 Spojení pomocí čepů a rozporů

Tento spoj se řadí mezi nejpoužívanější rohová spojení. Spoje mohou být jednoduché nebo dvojité, nejčastěji se používají u okenních rámu, křídel oken apod. Čepy zhotovujeme zpravidla na vodorovných vlysech a rozpory na vlysech svislých. Tloušťka jednoho čepu se rovná třetině vlysu, u dvojitého čepu tento rozměr dosahuje pětiny tloušťky. (Nutsch, 2003)



Obr. 22: Jednoduchý čep a rozpor (Nutsch, 2003)

U rámu pohledově exponovaných, jakými jsou například rámová dvířka skříněk, se používá rozpor a čep s jednostranným pokosem. Rozpor na viditelné přední ploše rámu je skosen pod 45° úhlem. (Nutsch, 2003)

Tento typ spoje vyžaduje stáhnutí rámu v rozích. Kvalita spoje závisí zvláště na přesnosti osazení čepu. Jsou více náchylné proti svěšování než čepy a dlaby, v minulosti se proto pojišťovaly hřebíčkem, hvězdičkou nebo dřevěným klínkem.

3.4.3.2 Čep a dlab

Spojení na čep a dlab je prováděno především u rámu se širokými vlysy, nejznámějším příkladem je spojení rámových dveří. Pro co největší stabilitu a pevnost spoje je vhodné zvolit čep co nejdelší a dlab co nejhlubší, často tedy průběžný, aby byla zajištěna co největší lepená plocha. Dlab se nechává asi o 1 mm delší/hlubší pro přebývající lepidlo. Esteticky je ale vhodné volit dlab neprůběžný, který není z žádného směru na výrobku viditelný. U průběžného čepu může docházet k sesychání čelního dřeva a vzniku nevzhledných spár, často je proto spoj zajištěn pomocí klínů. Pro zvětšení lepené plochy a zvýšení pevnosti spoje může být dlab opatřen perem (Křupalová, 2000).

3.4.3.3 Kolíkové rohové spoje

Spojení pomocí kolíků se ve výrobě používá téměř nejčastěji ze všech spojů. Jedná se o spojení jednoduché, málo složitě na výrobu a velmi úsporné na spotřebu materiálu oproti ostatním rohovým spojům. Velkou výhodou je možnost vytvoření kratšího vlysu než u spoje na čep a dlab, respektive čep a rozpor, kde je spoj vytvořen z části délky vlysu.¹³ Oproti kolíku ale dosahují čepové spoje vyšší pevnosti (Křupalová, 2000).

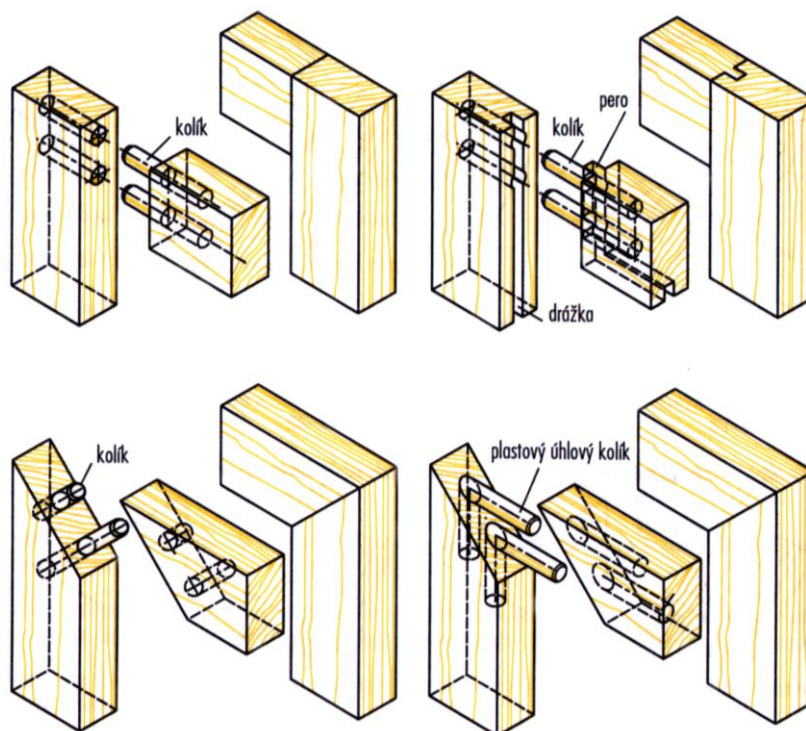
Velikost kolíku se určuje podle velikosti spojovaného dílce. Průměr kolíku by měl být 1/3 až 2/5 tloušťky materiálu, délka potom pětinasobek průměru. Napojení dílců se uskutečňuje alespoň dvěma kolíky, aby byly dílce zajištěny proti krutu.

Na trhu jsou k dostání kolíky ze dřevin buku a dubu, dále pak kvalitativně horší kolíky borové. Povrch kolíků může být hladký nebo rýhovaný.¹⁴

Otvory pro kolíky mohou být vytvořeny ručně pomocí elektrických vrtaček, respektive strojně prostřednictvím vrtacího zařízení nebo kolíkovacích vrtaček a na kolíkovacích automatech. Kolíkem lze jednotlivé dílce spojovat na tupo nebo na pokos. U pokosového spojení lze používat přímé nebo úhlové kolíky (Hulinský, Bittmann, 2009).

¹³ Tento fakt je vítán především ve výrobě rámových dveří, kde byl násobný čep a dlab postupně nahrazen spojem kolíkovým, především u vchodových rámových dveří.

¹⁴ Rýhované kolíky mohou mít rýhy podélné nebo spirálovité.



Obr. 23: Kolíkové spoje (Nutsch, 2003)

Nejpoužívanější jsou kolíky o průměrech 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 a 20 mm. Vzhledem k bobtnavým vlastnostem dřeva přilehne kolík těsně k boku otvoru a spoj je pevnější. Drážky umístěné na kolíku navíc umožňují rovnoměrnější rozdělení lepidla na ploše spojovacího prvku. K dostání jsou i plastové kolíky (viz kapitola 3.5.2).

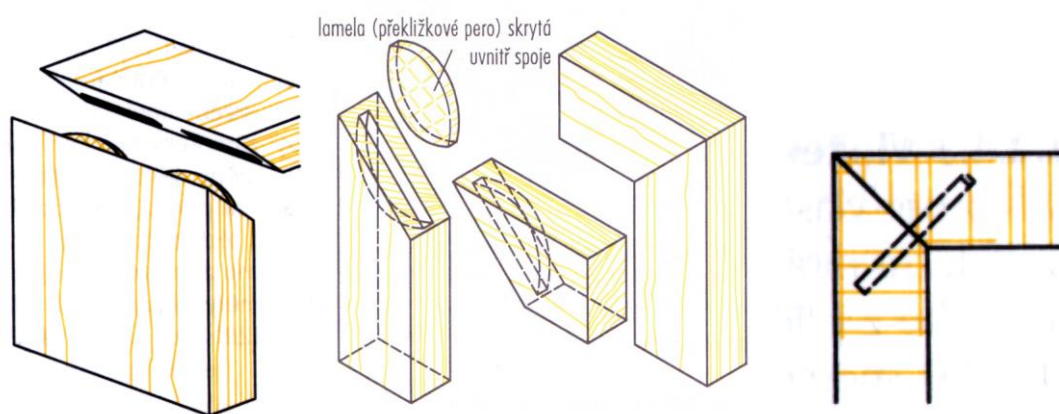
Kolíkový spoj může být hlavním spojením, pokud se lepí, nebo jako doprovodný vodící spoj společně s excentry, šroubovými spoji apod., pokud je nelepený. Průřez kolíku je kruhový, je tedy nutné ho zabezpečit proti otáčení buď kombinací více kolíků, nebo například vložením čela dílce do drážky, polodrážky, nebo úpravou dosedacích ploch na pero/drážku.

3.4.3.4 Domino kolík

Spoj vhodný pro rohové i středové spoje se zaoblenými stranami s obchodním názvem „domino“ kolík má oválný průřez a rýhovaný povrch. Svým tvarem reflektuje spoj kolíkový a zároveň lehce připomíná lamelu. Velkou výhodou představuje použití jednoho domino kolíku na místo dvou obyčejných kolíků s kulatým průřezem pro zajištění proti vzájemnému krutu obou dílců (Hlaváček, 2017).

3.4.3.5 Spojování pomocí lamel

Lamelové spoje se v současné době používají ve stále větší míře místo kolíkových vzhledem k výhodě v menší náročnosti na přesnost výroby.¹⁵ Kolíkové spoje ale vykazují vyšší pevnost. Lamely jsou proto používány na méně namáhané konstrukce. Otvory pro lamely se zhotovují pomocí lamelovací frézky, kterou se vyfrézují miskové drážky. Lamely mají oválný tvar, jsou vyrobeny z překližky nebo dřevovláknité desky a mají na obou stranách vylisované diagonálně probíhající rýhy a zkosený okraj. Po nanesení lepidla a vložení tvarového pera do drážky pero nabobtná a vytváří tak velmi pevné spojení. Lamely se používají pro plošné i rohové spoje masivního dřeva a dřevěných materiálů (Křupalová, 2000).



Obr. 24: Lamela a její použití (Nutsch, 2003)

3.4.3.6 Překlátovaný spoj

Jedná se o pravoúhlý spoj, jeho pevnost je nízká, použití je pro podradnější a dočasné konstrukce. Jeho výroba je snadná, délka překlátování by měla činit nejméně čtyřnásobek tloušťky dřeva, u silnějšího namáhání dílců ještě více. Tento spoj se buď slepuje, nebo spojuje šrouby (Hulinský, Bittmann, 2009). Překlátovaný spoj může být v provedení rohovém i středovém.

3.4.3.7 Rohové spoje na pokos s vloženým perem

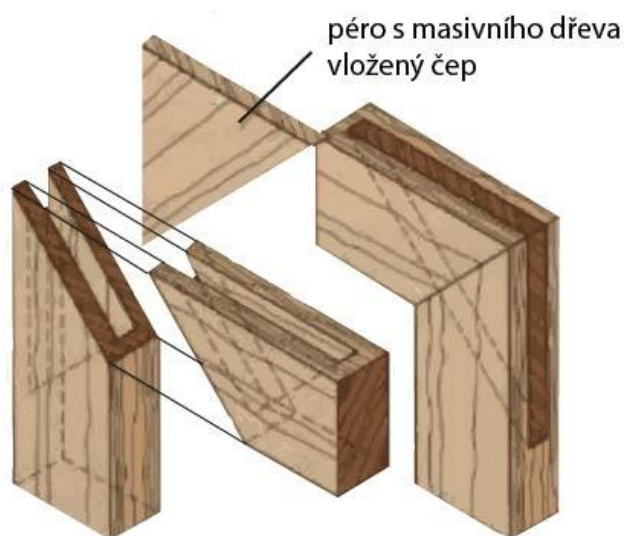
Jedná se o poměrně časté pokosové spojení rámců, které je snadné na výrobu. Pro výrobu per se používá masiv nebo překližka. U masivních per se spoj někdy označuje jako falešný čep (Nutsch, 2003). Rohový spoj na pero je vhodný na vnější rohy výrobků

¹⁵ Při spojení kolíky je otvor pro spojovací materiál vyvrtán na přesný průměr a otvory ve spojovaných dílcích musí být přesně naproti sobě, aby dílce lícovaly. Otvory pro lamely jsou vyfrézovány větší, než je lamela a tím lze přesnost spoje korigovat (Křupalová, 2000).

z masivního dřeva a laťovek, není vhodný pro díly zhotovované z dřevotřískových desek. Spoj se lepí. Uplatňuje se při výrobě regálů, zásuvek, dveřních zárubní aj. Z principu tohoto spoje vychází spojení dílců pomocí lamely.

Tloušťka pera u rohových spojů by neměla být větší než $1/4$ až $1/3$ tloušťky dna a drážka by neměla dosahovat větší hloubky než $4/10$ tloušťky boku. Pero především u vnějších rohů musí přesně zapadat do drážky. (Hulinský, Bittmann, 2009)

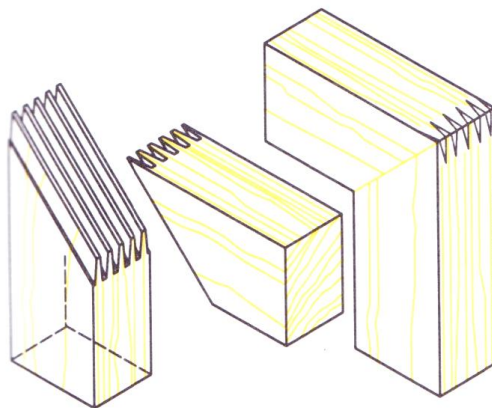
Pro tento typ rohového spoje se prosazují také některé speciální druhy per, jakými jsou tvarová pera, plastová pera (viz kapitola 3.5.1) a úhlová pera, vyráběná v různých velikostech.



Obr. 25: Rohový pokosový spoj na vložené pero (Hulinský, Bittmann, 2009)

3.4.3.8 Miniozuby

Spojení rámu na pokos může probíhat také pomocí miniozubů. Na jejich výrobu slouží speciální nožové frézy s různou velikostí těchto ozubů. Výhodou spoje je téměř dvojnásobná lepená plocha než u dvojitého čepu. Spoj je velice pevný, tato pevnost ale závisí na přesnosti a tlaku lisování rámu (Nutsch, 2003).



Obr. 26: Miniozuby (Nutsch, 2003)

3.4.4 Konstrukční spoje rohové a středové pro plošné dílce z masivu

Termínem rohové, respektive středové spoje se označuje spojení plošných dílců pro výrobu nábytkových korpusů – boků a den – pod 90° úhlem. Spoje mohou být nerozebíratelné, zajišťující pevné, ale nedemontovatelné spojení jednotlivých prvků, a rozebíratelné, určené k montáži a demontáži prvků. Rozebíratelné spoje nabízejí snadnější přepravu výrobků a významně snižují finanční náročnost na skladování a dopravu.

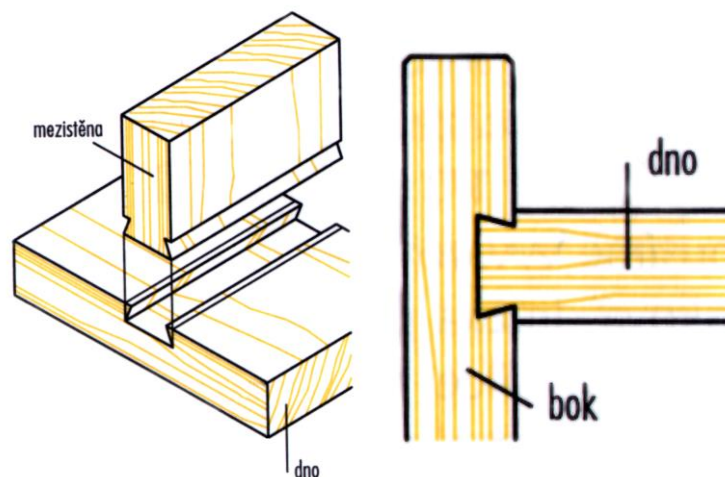
3.4.4.1 Svklady

Svlokové spojení svým tvarem připomíná ozuby, a tedy i Hoffmannovy spojky. Jedná se o spojení zajišťující rovinnost deskového materiálu (spárovky) a zabraňuje jejímu zborcení, je to spoj stabilní a tvarující (Kouřil – Buben, 1950). Na spárovku se svlaky osazují nejméně 50 mm od čela a drážka se vyřezává jen do přibližně $1/3$ hloubky průběžného dílu, aby tento díl nebyl svlakovou drážkou příliš zeslaben (Hulinský, Bittmann, 2009). Podle poměru šířky a výšky svlaku je dělíme na vysoké¹⁶ (stožaté) a nízké¹⁷ (ležaté) (Křupalová, 2000). Vyráběny jsou jednak ručně,¹⁸ ale pro zjednodušení práce je lze vyrobit pomocí horní frézky (Josten – Reiche – Wittchen, 2011).

¹⁶ Stožaté svlaky jsou vysoké a úzké a používají se především na vodorovné dílce, časté je použití u spárovky pro zajištění její rovinnosti (Křupalová, 2000).

¹⁷ Ležaté svlaky jsou nízké a široké, použití je časté pro svislé dílce, kde by svlak vysoký překážel ve vnitřním prostoru výrobku (např. ve skříni).

¹⁸ Pro zhotovení drážky (rybiny) se používá pila svlakovka nebo čepovka za pomoci naplocho upnuté vodicí lišty, popřípadě se frézuje svlakovou frézou. Svlak se vyfrézuje na fríze nebo se vyhobluje svlakovníkem pod úhlem 75° až 80° (Hulinský, Bittmann, 2009).



Obr. 27: Svlakové spojení (Nutsch, 2003)

3.4.4.2 Spojování ozuby

Ozuby jsou starý řemeslný spoj používaný u konstrukcí z masivního dřeva (Josten – Reiche – Wittchen, 2011). Pro masiv je spoj využit z důvodu neomezeného sesychání a bobtnání, kdy je spoj zároveň zajištěn proti borcení. Velký význam hraje zkosení rybin, ideální sklon je 75 až 80°, při velkém zkosení se mohou vlákna ustríhnout (Josten – Reiche – Wittchen, 2011). Spoj se dnes využívá především pro spojení masivu, spárovky, popřípadě biodesky pomocí vícenásobných klínovitých, respektive rovných čepů (rybiny, resp. sdružené čepy), pro dřevotřískové desky není spoj vhodný (Nutsch, 2003). Díky ozubení dosáhne spojení velké pevnosti a může se klížit bez upínacího nářadí (Josten – Reiche – Wittchen, 2011). Ozuby mohou být otevřené, polokryté a celokryté (Nutsch, 2003).

Je nutné zdůraznit pracnost tohoto spoje. Ručně vyráběné ozuby jsou řemeslně velmi náročné a při výrobě tedy i velmi drahé. Jejich výroba bývá součástí mistrovské zkoušky na učilištích. Strojově vyráběné ozuby jsou z podstaty věci levnější a zároveň zaručují řemeslný vzhled (Nutsch, 2003).



Obr. 28: Pohled na rybinové otevřené ozuby (Hulinský, Bittmann, 2009)

3.4.4.2.1 Otevřené ozuby

Otevřené ozuby jsou vzhledově velmi zajímavé a slouží i jako dekorativní detail u spojených prvků. Všechny ozuby zůstávají viditelné z obou stran. Díky klínovitému tvaru rybiny je zajištěna samosvornost spoje a mohou se tedy lepit s absencí lisování či stahování. Ozuby lze vytvořit i na pokos, v tom případě je speciálně upravena boční plocha krajního ozubu (Nutsch, 2003).

Ozuby na hranách desek mají sešikmení 75–80°. Délka ozubu odpovídá tloušťce desky, šířka ozubů v jeho polovině je rovna přibližně polovině tloušťky desky.

3.4.4.2.2 Polokryté ozuby

Polokryté ozuby jsou použity v případě, kdy není žádoucí, aby byl spoj z jedné strany viditelný, například u spojení boků zásuvky s čelem. Tloušťka překrytí by měla být asi 1/4 až 1/3 tloušťky desky, přičemž je zakryto čelní dřevo (ty ozuby, které by byly viditelné čelně) (Křupalová, 2000).

3.4.4.2.3 Celokryté ozuby

U celokrytých ozubů jsou rybiny ze všech stran skryté, lícování je u spoje na pokos. Vzhledem k tomu, že spoj není vůbec viditelný, je často nahrazen jakýmkoliv jiným méně pracným spojem, nejčastěji kolíkovým (Křupalová, 2000).

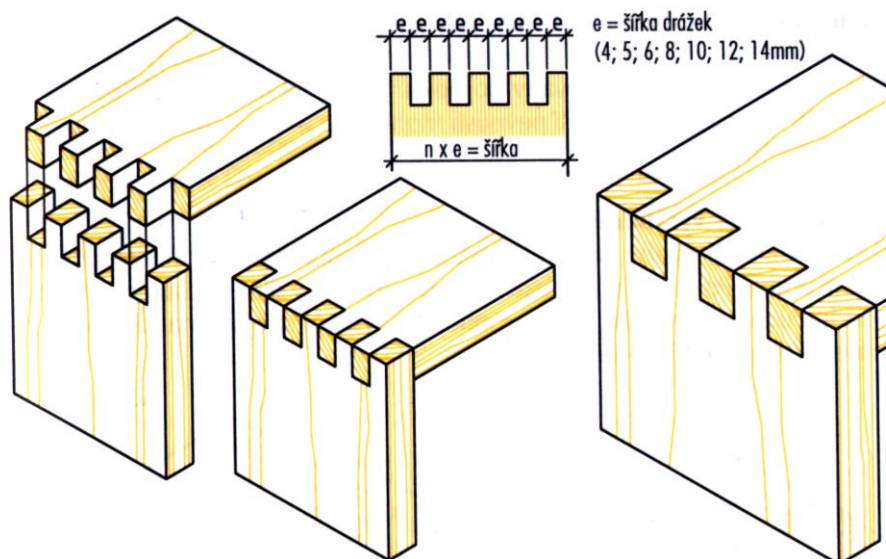
3.4.4.2.4 Strojně vyráběné ozuby

Ručně vyráběné ozuby jsou velice pracné a náročné na přesnost, proto je řešením strojní výroba ozubů na ozubovačce. Jejich proporce určujeme tvarem frézy. Oba dva kusy jsou vyfrézovány jednou operací na ozubovací fréze, podle upnutí dílců je možné vytvořit ozuby otevřené nebo polokryté. Díky tvaru frézy mají ozuby zaoblené dno. Některé frézy dokážou vytvořit ozdobné ozuby (Nutsch, 2003).

3.4.4.3 Spoje na sdružené čepy

Sdružené čepy jsou druhem ozubů, nicméně čepy nejsou rybinového tvaru, ale jsou rovné (řezy jsou rovnoběžné). Díky tomuto faktu není tento spoj samosvorný (na rozdíl od rybinových ozubů) a po slepení spoje je potřebné ještě využít rámový lis nebo ztužidla. Sdružené čepy lze vytvořit pomocí speciálních fréz, čepy a mezery (otvory pro čepy v druhé desce) jsou stejně velké (Křupalová, 2000).

Sdružené čepy lze použít i pro napojení středových příček do tvaru T. Dlaby jsou v tomto případě vytvořeny ručně, pro zajištění pevnosti mohou být zaklínovány z vnějšku (Nutsch, 2003).



Obr. 29: Sdružené čepy (Nutsch, 2003)

3.4.4.4 Pera

Spoj, jehož cílem je zvětšení lepené spáry. Rozlišujeme vlastní pero, vložené pero a vydrážkovanou spáru (Nutsch, 2003).

3.4.4.4.1 Vlastní pero a drážka

Spoj je snadný na výrobu, zhotovuje se strojově – vlastní pero by mělo mít délku 1/4, maximálně 1/3 tloušťky dna. Spojení je vhodné pro masivní dílce, pro zpevnění je dále sbito nebo slepeno, používá se pro police, zásuvky či zárubně (Nutsch, 2003).

3.4.4.4.2 Spojení s drážkovanou profilovou spárou

Z hlediska velikosti lepené spáry je lepším řešením použití drážkované profilové spáry. Ta je zhotovena pomocí speciální frézy, její tvar tedy závisí na tvaru tohoto nástroje. Spoj je opět vhodný pro masivní nábytek či jiné podobné komodity (Nutsch, 2003).

3.4.4.4.3 Vložené pero

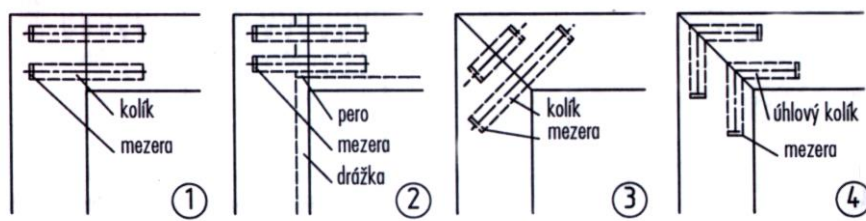
Vložené pero se používá namísto per vlastních. Důvodem je jednak snadnější výroba, jednak použití rozdílného materiálu. Oba dva důvody jsou výhodou. Snadnější výroba spočívá v možnosti vytvoření drážky na obou dílcích, použití rozdílného materiálu je výhodné z hlediska pevnosti daného pera. Pero zhotovené z překližky, tvrdé dřevovláknité desky nebo i z plastu má zpravidla vyšší pevnost než pero vlastní (Nutsch, 2003). V praxi se ale pera používají méně než například kolíky kvůli vyšší pracnosti při výrobě a také nevhodnosti pro aglomerované materiály, především pro dřevotřískové desky (Křupalová, 2000).

Při zhotovení drážky na pokos je snaha vytvořit ji co nejlíže vnitřní hraně, aby pero mohlo mít co největší tloušťku. Pro pera úhlová (plastová či překližková) je drážka na obou dílcích vytvořena v polovině pokosové plochy (Nutsch, 2003).

3.4.4.5 Kolíky

O kolících platí rovněž vše výše vyřčené o spojování deskových materiálů (viz kapitola 3.4.3.3). Jsou nejčastějším spojovacím materiálem v hromadné výrobě nábytku jak u spojení vlysů, tak u spojení deskového materiálu.

Kolíky se mohou používat jak ke spojování částí z masivního dřeva, tak i překližovaných a dřevotřískových a dřevovláknitých (MDF) desek, na spoje tupé či pokosové.

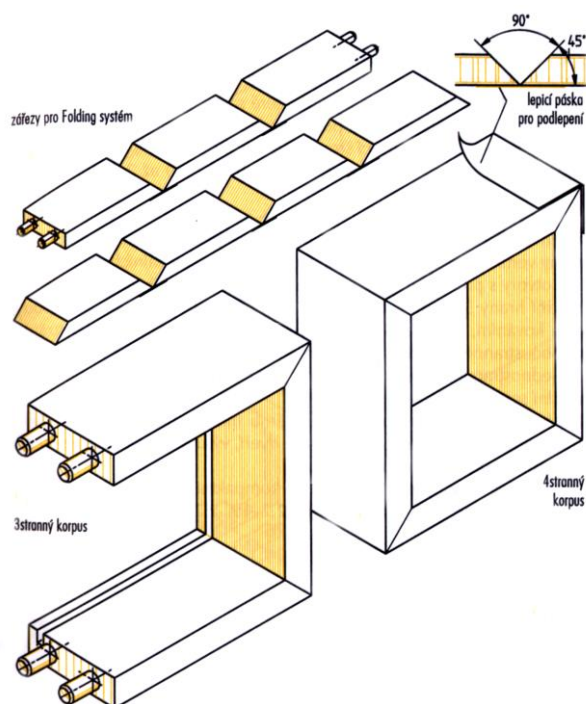


Obr. 30: Možnost umístění kolíků (a, b – na tupo, c – na pokos, d – úhlový kolík) (Nutsch, 2003)

3.4.4.6 Folding systém

Systém spojování pro korpusy a zásuvky, v hotových dílcích jsou vyřezány, respektive vyfrézovány zářezy s celkovým úhlem 90° , vždy 45° od svislé osy tohoto řezu. Tyto zářezy jsou vyhotoveny v přesných vzdálenostech a očekává se tří nebo čtyřstranné spojení, které se následně lepí. Drážky jsou zhotoveny tak hluboko, aby nebyla poškozena vnější část tohoto dílce – dýha nebo fólie.¹⁹ Výhodou tohoto spoje je nepřerušovaná textura povrchu, a tedy i vzhled celkového provedení (Nutsch, 2003).

Při sestavování dílce je na jednu třetinu spoje aplikováno tavné lepidlo pro okamžitou tuhost, na zbytek spoje PVAc lepidlo, které pak zaručuje konečnou tuhost.



Obr. 31: Folding systém (Nutsch, 2003)

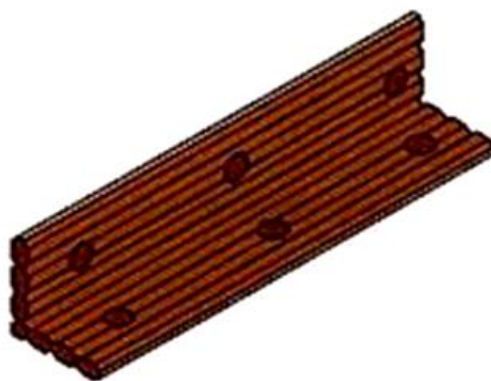
¹⁹ Vnější vrstva, především dýha, je podlepena, aby nedošlo k jejímu porušení.

3.5 Spojování plasty

Plasty se používají ke konstrukčním účelům u spojování dílců z masivu nebo z materiálů na bázi dřeva v podobě spojovacích prostředků (plastové kolíky a pera, resp. spojky) nebo se mohou do spojů nanášet v tekuté formě a následně vytvrdnou (Křupalová, 2000).

3.5.1 Plastová pera

Stejným principem jako pera dřevěná, respektive z překližky, fungují i pera plastová. Často lze vidět pera plastová úhlová, která se používají pro spojení dílců na pokos, existují ale také pera přímá. Tloušťka těchto per je většinou 2 mm, jejich povrch je opatřen drážkami a otvory pro lepidlo, aby spoj lépe držel. Hodí se pro spojení masivního dřeva, překližovaných materiálů i dřevotřískových desek (Vinter, s.d.).



Obr. 32: Plastové pero (Vinter, s.d.)

3.5.2 Plastové kolíky

Tento typ kolíků je většinou úhlový a používá se především na pokosové spoje rámu. Do spojovaných dílců je aplikován bez použití lepidel (Křupalová, 2000).

O plastových kolících platí stejná pravidla jako u kolíků dřevěných (viz kapitola 3.4.3.3). Kolíky musejí být o něco větší než otvor, do kterého se zatloukají (hmoždinkový efekt).

3.5.3 Roztavené plasty

Roztavené plasty se pomocí vysokého tlaku vstříkují tryskami do předem vyfrézovaných otvorů (dutin) ve spojovaném místě. Při tuhnutí se plast smršťuje, a tak stahuje dílce k sobě a není nutné používat stahovací prostředky.

Nejlepším plastem pro tento typ spoje je polyamid, který po ztuhnutí vytvoří velmi pevný spoj, mnohem pevnější, než spoj kolíkový. Nevýhodou spojení je vysoká teplota plastu (až 300 °C) a speciální vybavení výroby, což tento spoj předurčuje pouze k velkosériové či hromadné výrobě (Křupalová, 2000).

3.6 Pevnostní vlastnosti spojů

Historický vývoj nábytku vždy směřoval k jeho co nejpevnější a nejtrvanlivější konstrukci. V průběhu jeho výroby byly získávány poznatky o zásadách trvanlivého a pevného nábytku. Standardní způsoby konstrukce přecházely z generace na generaci a nové konstrukční postupy se v zásadě nelišily od těch starých. Velké množství nábytkových konstrukcí vznikalo dlouhodobým vývojem. Na rozdíl od jiných oborů se výpočtové metody začaly v nábytkářství zavádět později a neustále se zdokonalují (Joščák, 1999).

Kritéria pro pevnostní navrhování nábytku lze rozdělit na:

- zabezpečení bezpečnosti a spolehlivosti,
- hospodárné využití materiálu,
- spojení estetiky, funkčnosti s pevností nábytku.

Výhody pevnostního navrhování jsou především:

- možnost analyzovat doposud neznámý typ konstrukce,
- možnost pevnostní analýzy návrhu konstrukce,
- možnost vytvářet experimenty.

Hlavními nevýhodami pevnostního navrhování jsou:

- nákladnost získání podkladů (materiálové konstanty, hodnoty zatížení aj.)
- výsledek pouze s určitou pravděpodobností,
- vytvoření spolehlivosti návrhu. (Joščák, 1999)

Při pevnostním navrhování nábytku jsou konstrukce namáhány vnějším zatížením, to znamená, že je sledován vztah mezi zatížením a spojovacími prvky. Používané zkušební metody vycházejí z mechaniky, pružnosti a pevnosti, spolehlivosti

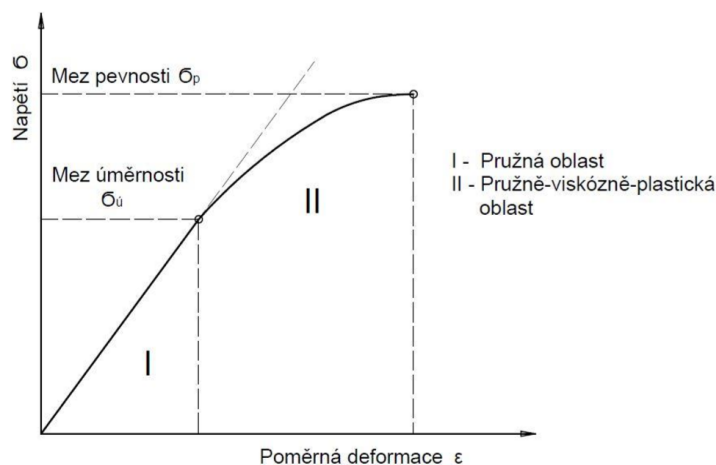
a plastičnosti. Pevnostní testy se provádějí na hotových výrobcích, na spojích, nebo na jednotlivých dílcích nábytku.

Nábytkové konstrukce jsou převážně zhotoveny z masivního dřeva, dále z aglomerovaných a překližovaných materiálů. Jsou spojovány různými způsoby, jejichž popisy jsou uvedeny výše.

3.6.1 Testování konstrukčních spojů

Nejkritičtějšími místy nábytku jsou jeho konstrukční spoje, neboť obvykle v nich dochází k závadám. Nábytkové spoje jsou vystaveny namáhání třemi typy sil a třemi typy momentů sil (Joščák – Gaff – Langová, 2011).

Pevnostní vlastnosti konstrukčního spoje lze nejlépe pozorovat na deformačním diagramu (obr. 33). Jde o vztah mezi silou (momentem) a posunutím (pootočením) (Joščák, 1999). Nejnebezpečnějším namáháním konstrukčního spoje je jeho zatížení ohybovým momentem v úhlové rovině (Joščák – Gaff – Langová, 2011).



Obr. 33: Pracovní diagram (Šulc, 2017)

3.6.2 Podmínky pro vytvoření trvanlivého spoje

Dřevina

Únosnost spoje je přímo úměrná pevnosti použitého dřeva ve spoji. V nábytkových konstrukcích je nejvýznamnější pevnost dřeva v ohybu a pevnost dřeva v krutu. Pružnost a pevnost v ohybu je výrazně ovlivněna odklonem směru vláken od podélné osy způsobené nepravidelným růstem či točitostí (Křupalová, 2008).

V této práci byly testovány spoje, které byly vyrobeny ze dřeva buku.

- Botanický název: Buk lesní
- Latinský název: *Fagus sylvatica* L.
- Anglický název: beech
- Zkratka: BK
- Dřevina: listnatá roztroušeně pórovitá s dobře viditelnými dřevnými paprsky na všech řezech
- Tvrdost dřeva při vlhkosti 12 %: 61 MPa
- Tahová pevnost podél vláken: 132 MPa
- Tlaková pevnost podél vláken: 56,7 MPa (Křupalová, 2008; Zeidler, 2012).

Vlhkostní změny

Předpokladem kvalitní konstrukce je rovnováha užité a výrobní vlhkosti. V průběhu topné sezony dochází ke snížení relativní vlhkosti vzduchu a tím k vysychání dřevěných konstrukcí. V ostatních obdobích roku vlhkost postupně roste na průměrnou hodnotu cca 65 % (10–12 % vlhkosti dřeva). Teplota se pohybuje v rozmezí 18 až 24 °C. Tyto změny vlhkosti dřeva bývají příčinou poklesu tuhosti spojů (Křupalová, 2008).

Druh lepidla

Kvalitní lepidlo musí splňovat mnohé požadavky. Zejména jsou kladeny nároky na reologické vlastnosti lepidla, vysokou pevnost a zpracovatelské vlastnosti. Z hlediska pevnostního je požadavek na pevnost lepené spáry, jež má vykazovat vyšší hodnoty, než jsou u pevnosti dřeva. Z důvodu změn vlhkosti ve dřevě dochází k vnitřnímu napětí také v lepené spáře, proto je třeba použít lepidlo s dobrou plasticitou. Rovněž zde nesmí být překročena určitá hranice, za kterou by docházelo k přílišnému namáhání spoje hlavně u permanentního zatížení. (Hlaváček, 2017)

4 Metodika

- literární rešerše na téma rybinového spoje
- zajištění materiálu pro výrobu zkušebních těles a příprava vzorků
- zkoušení pevnosti spoje spojeného Hoffmannovou rybinou
- vyhodnocení výsledků a porovnání s údaji v literatuře

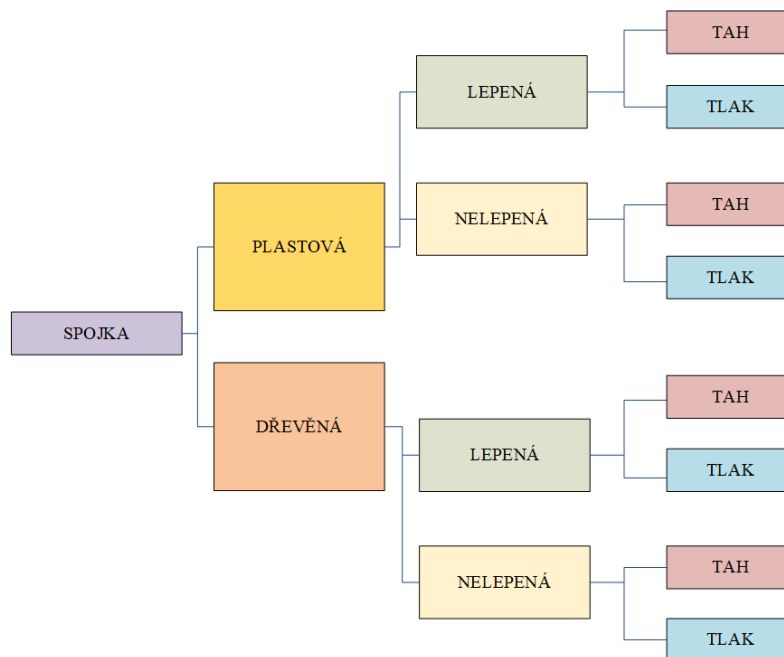
4.1 Materiál

Na výrobu zkušebních těles (rohových spojů) bylo použito bukové řezivo (*Fagus sylvatica* L.). Bukové dřevo je velmi častým materiálem pro výrobu masivního nábytku, proto byla pro výrobu zvolena právě tato surovina. Rozměry zkušebních těles byly převzaty z odborných prací s podobným zaměřením a tvoří je dimenze 150 mm délky, 50 mm šířky a 20 mm tloušťky jednotlivých elementů vzorku – každý rozměr byl přizpůsoben charakteru spoje, který simuloval krabicový rám.

Jako rohový spoj byla zvolena Hoffmannova spojka. V diplomové práci bude porovnávána pevnost spojky plastové a dřevěné. Plastové spojky byly použity originální Hoffmannovy spojky dostupné běžně v prodejnách pro truhláře. Dřevěné spojky byly vytvořeny stejně jako zkušební tělesa z bukového řeziva pomocí pásové pily.

4.2 Počet měřených těles

V rámci diplomové práce bylo změřeno celkem 120 vzorků. Vzorky byly před měřením rozděleny do 8 souborů, přičemž každý soubor obsahoval 15 vzorků. Následující schéma zobrazuje způsob rozdělení a následného měření jednotlivých těles.



Obr. 34: Schéma rozdělení zkušebních těles do skupin

4.3 Příprava zkušebních těles

4.3.1 Vytvoření těles

Bukové řezivo (fošny) bylo nejprve nakráčeno na hrubé rozměry ve sdužených přířezech, dále podélně rozřezáno s nadmírou na opracování. Poté byly sdužené přířezy orovnány na srovnávací frézce a následně otloušťkovány na přesný průřez 50 x 20 mm. Nakonec byly rozřezány na přesné délky (150 mm) a konce seříznuty pod úhlem 45°. Základní krácení proběhlo pomocí formátovací pily v truhlárně Fakulty lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity.

Do vytvořených těles byl na stojanové vrtačce vytvořen otvor o průměru 11,5 mm pro upnutí čelistí. Průměr upínacího kolíku přípravku byl 11 mm, proto byl otvor vytvořen s nadmírou, aby bylo zaručeno komfortní upínání těles (srv. Barcík – Kvietková – Bomba – Siklienka, 2013).



Obr. 35: Vytvoření otvoru pro upínací čelisti

V místě spoje, na zešíkmené ploše tělesa, byla vytvořena rybinová drážka o rozměru 9,5 mm x 7,3 mm se sklonem 19 ° pomocí Hoffmannovy frézky, jako nástroj byla použita stopková rybinová fréza pro velikost spojek W-3. Frézka byla nastavena dle rozměrů zkušebního tělesa, hloubka drážky pro frézování byla nastavena podle délky spojky na 38,1 mm. Drážka pro spojku byla vytvořena v delší hraně rohového spojení, jelikož cílem práce bylo porovnání zatížení spojky pro použití pro stoly či police. V této části se předkládaná práce rozchází s obdobnými pracemi na téma Hoffmannovy spojky, které se věnují plošnému spojení zkušebních těles (viz kapitola 6 Diskuse).

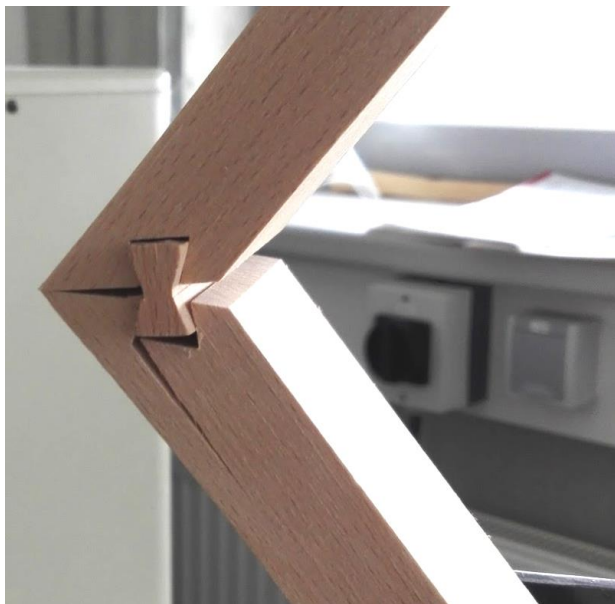


Obr. 36: Vytvoření drážky pro spojky pomocí frézky

4.3.2 Příprava dřevěných spojek

Plastové spojky jsou běžnou komoditou dodávanou do truhlářské výroby. Dřevěné spojky existují v podobě zátek, které ony plastové zakrývají. Důvodem je pouze estetické hledisko, jelikož tyto zátky mají z pevnostního hlediska špatné vlastnosti.²⁰ Proto bylo nutné připravit spojky dřevěné se správnou orientací vláken (viz obr. 37). Spojky byly vytvořeny pomocí pásové pily v truhlářské dílně na Fakultě lesnické a dřevařské. Každá spojka byla vyrobena samostatně, následně byly ručně pomocí brusného papíru upraveny do konečného rozměru 9,5 x 13 mm, stejně jako spojky plastové.

²⁰ Z důvodu jednoduchosti jsou vyráběny v dlouhé liště, následně jsou kráceny na požadovanou délku zátky.



Obr. 37: Dřevěná spojka při podrobení testu na tah

4.3.3 Lepení těles

Připravená tělesa byla kompletována pomocí zmíněného schématu, tedy polovina jich byla lepených, druhá polovina nelepených. Lepení probíhalo s těsným předstihem s vložením spojky. Na dvojici odpovídajících těles (s opačným směrem drážky) bylo v místě spojení aplikováno PVAc lepidlo s voděodolností D3,²¹ které je používáno v nábytkářství. Lepidlem byla pokryta celá plocha spoje s výjimkou samotné drážky, která zůstala bez aplikace lepidla (tento typ nánosu lepidla je u Hoffmannovy spojky v praxi využíván²²). Lepidlo bylo nanášeno v dostatečném množství podle doporučení v technickém listu a zároveň s ohledem na zajištění co nejmenšího množství lepidla vytlačeného vně konstrukčního otvoru. Styčné plochy byly následně přiloženy k sobě a do vzniklé oboustranné drážky byla pomocí kladiva vsunuta Hoffmannova spojka velikosti W-3 s rozměry 9,5 x 13 mm a délkou 38 mm. Výhodou spoje je absence ztužidel či lisu při tvrdnutí lepidla, spoj je samosvorný. Lepidlo následně tvrdlo 30 min pro manipulační pevnost, 24 hodin pro konečnou pevnost spoje. Následně byla tělesa umístěna do klimatizační komory.

²¹ Údaje o použitém lepidle jsou součástí příloh (Příloha č. 6)

²² Firma Hoffmann na svých stránkách uveřejňuje montážní videa, dle kterých byl převzat systém lepení. Dále srv. www.framesandstretchers.com.



*Obr. 38: Ukázka vkládání spojky do rámu
(<https://hoffmann-usa.com/trade-shows/>)*



Obr. 39: Umístění spojky ve zkušebním tělese

4.3.4 Klimatizace těles

Následně byla připravená tělesa umístěna do klimatizační komory, ve které byly podmínky nastaveny na teplotu 20 °C (± 2 °C) a 55 % (± 5 %) vlhkosti, což odpovídá konečné vlhkosti 10 % ve dřevě. Tato vlhkost odpovídá vlhkosti dřeva pro vnitřní užití ve vytápěných budovách (ČSN EN 942). Po naklimatizování byla tělesa o vlhkosti 10 % připravena ke zkoušce.

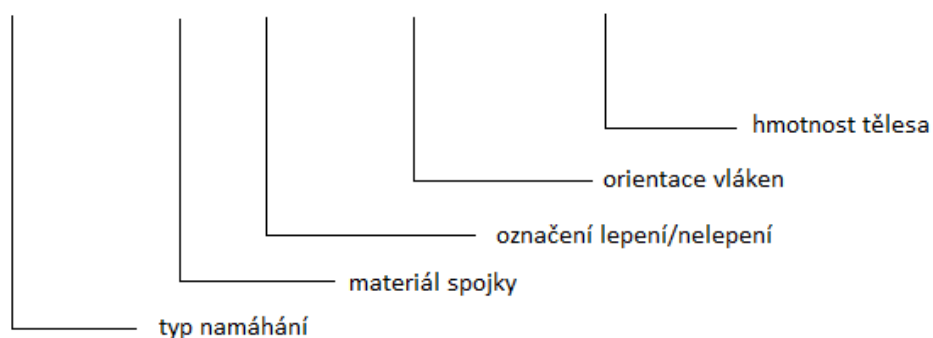
Tabulka 1: Technické parametry klimatizační komory HPP 750
(<https://www.verkon.cz/komory-klimatizacni-memmert/>)

Typ	Objem [l]	Počet polic standard/max.	Vnitřní rozměry (v x š x h) [mm]	Vnější rozměry (v x š x h) [mm]	Příkon [kW]
HPP750	749	2 / 14	1200 x 1040 x 600	1726 x 1224 x 874	1,4

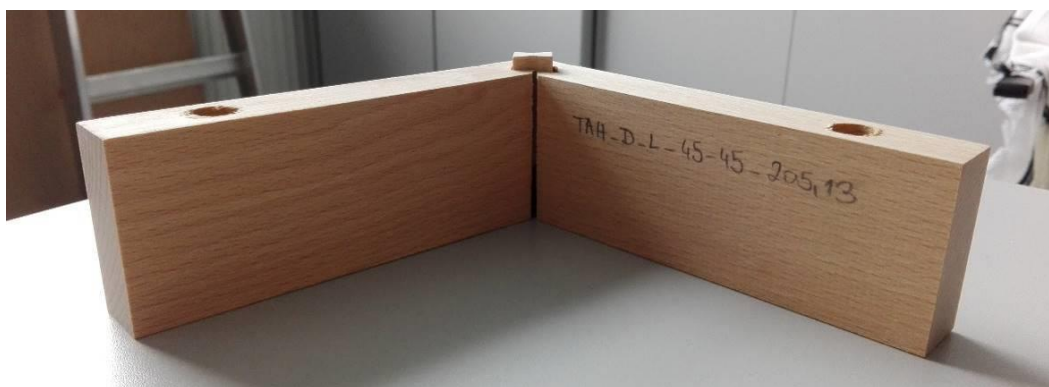
4.3.5 Označení těles

Každé těleso bylo označeno kódem, který zahrnoval 5 parametrů. Označení na pozici 1 reprezentovalo typ namáhání, označení 2 typ spojky, označení 3 lepení (resp. nelepení), číslo 4 typ odklonu, a označení 5 hmotnost spoje. Pro odklon vláken byla použita označení 45, 90 a M, pro každé těleso vždy dvě označení ze dvou konců tělesa. Kombinací směrů tedy vzniklo 6 možných variant M – M, M – 45, M – 90, 90 – 90, 45 – 45 a 45 – 90.

TAH_D_L_45-45_205,13



Obr. 40: Schéma pro označení těles



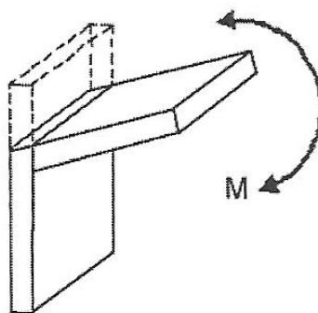
Obr. 41: Příklad označení tělesa

4.4 Zkouška

Pevnostní zkouška probíhala na trhacím stroji UTS 50. Jde o univerzální zkušební stroj UTS Testsysteme s rozsahem do 50 kN řízený počítačem. Elektromechanický zkušební stroj je určen k měření a zkoušení mechanických vlastností dřeva a materiálů na bázi dřeva.

Pro zaznamenávání hodnot slouží software TIRA. Umožňuje nastavovat rychlost a sílu zatěžování, včetně rychlosti posuvu hlavice (mm/min). Stroj eviduje posun hlavice a sílu k tomu využitou. Program zaznamenává probíhající zkoušku jednak graficky, jednak číselně do tabulky. Výstupem jsou poté data v podobě čísel a také vyexportované obrázky grafů průběhu zkoušky.

Zkušební tělesa byla podrobena testu na tlak a tah dle příslušné šablony ve stroji. Pro upnutí těles byly použity speciální čelisti s ocelovým kolíkem o průměru 11 mm, který procházel vyvrtanou dírou ve zkušebních tělesech. Upínací přípravek pro svůj výzkum již používali Podlena a Borůvka (2016). Působící síly při zatěžování způsobovaly ohybový moment, jehož hodnota byla použita při výpočtu elastické tuhosti a tuhosti při maximálním zatížení. Testované rohové nábytkové spoje byly namáhány v úhlové rovině.

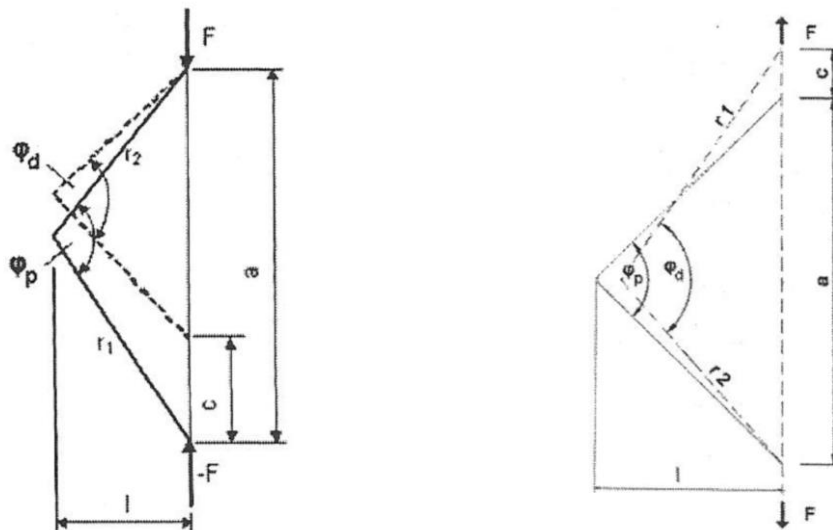


*Obr. 42: Namáhání spojů v úhlové rovině momentem M
(Joščák – Gaff – Langová, 2011).*

Rychlost posuvu trhacího stroje byla v závislosti na typu namáhání stanovena na 9 mm/min pro tlak a 6 mm/min pro tah, samotná doba pro zkoušku se pohybovala mezi 1 a 2 minutami. Zkouška byla ukončena při poklesu pevnosti o 15 %. Během zkoušky byla zaznamenána rostoucí síla v závislosti na deformaci těles.

Test probíhal až do porušení vzorku, kdy byl automaticky přerušen. Nedošlo-li k ukončení, zkouška byla zastavena manuálně při prudkém poklesu síly. Vyhodnocení

v programu TIRA bylo zaznamenáno ve formě pracovního diagramu průběhu testu s údaji o síle a deformaci. Zároveň s maximální zatěžovací silou byla zaznamenávána síla a deformace na 10 a 40 % meze pevnosti spoje. Tyto údaje posloužily k dalším výpočtům. Schéma zatěžování tlakovým a tahovým namáháním je zobrazeno na obrázku 41. Výsledná hustota byla počítána pro celé testované těleso, včetně spojky a lepidla.



Obr. 43: Schéma zatížení tlakem a tahem
 ($r_{1,2}$ – délka ramene, $\varphi_{p,d}$ – úhel před a po deformaci, l – rameno síly původního
 zkušebního tělesa, a – rozpětí ramen, c – posunutí ramen)
 (Joščák – Gaff – Langová, 2011).

4.5 Vyhodnocení zkoušky

Vyhodnocení naměřených hodnot bylo provedeno pomocí Microsoft Office Excel a programu Statistica. Program Microsoft Excel je tabulkový software na zpracování tabulek a výpočtů.

4.6 Použité výpočty

Pro výpočet ohybového momentu M byla použita síla působící na vzorky. Délka ramene síly l_0 byla konstantní, vypočtená ze vzdálenosti středu otvoru a středu spojky a goniometrické funkce cosinus poloviny původního úhlu ($\gamma = 90^\circ$) dle rovnice 1. Ohybový moment ve výpočtech byl uvažován M_{\max} a ΔM . Moment M_{\max} představoval maximální ohybový moment dosažený při maximální zatěžovací síle F , zatímco ΔM reprezentoval rozdíl momentu ve sledované oblasti na 10 a 40 % meze pevnosti spoje

a byl použit pro zjištění elastické tuhosti. Výpočet ohybového momentu probíhal podle rovnice 2. Rovnice byly převzaty z výzkumu Podlena a Borůvka (2016).

$$l_0 = a \times \cos 45 \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

Kde:

a je vzdálenost osy úchyty a středu umístění spojky [mm]

$$M = F \times l_0 \quad [\text{Nm}] \quad (2)$$

Kde:

F je zatěžující síla, [N]

l_0 je délka ramene síly. [m]

Síla vyvíjená na zkušební vzorek způsobovala v případě tlaku zkrácení a v případě tahu prodloužení vzdálenosti mezi ocelovými úchyty (L'). Se změnou vzdálenosti se měnil také úhel mezi rameny zkušebního tělesa (γ'), který byl vyjádřen pomocí rovnice 3. Vzdálenost a úhel na vzorku po působení síly jsou znázorněny na obrázku 41.

$$\gamma' = 2 \arcsin \frac{L'}{2a} \quad [\text{rad}] \quad (3)$$

Kde:

L' je vzdálenost mezi ocelovými úchyty, [mm]

a je vzdálenost osy úchyty a středu umístění spojky [mm]

Ve výpočtu elastické tuhosti se počítá se změnou úhlu $\Delta\gamma$, který reprezentuje velikost změny úhlu mezi 10 a 40 % maximální zatěžující síly. Výpočet změny úhlu byl prováděn podle rovnice 4. Přepočtení mezi radiány a stupni je vyjádřeno rovnicí 5.

$$\Delta\gamma = |90 - \gamma'| \quad [^\circ] \quad (4)$$

$$\pi \text{ rad} = 180^\circ \quad (5)$$

Výsledná elastická tuhost (C_{elast}) spoje a tuhost při maximálním zatížení (C) byly vypočteny z příslušných ohybových momentů (ΔM , M_{max}) a příslušných úhlů ($\Delta\gamma$, γ_{max}). Výpočty byly prováděny podle rovnic 6 a 7.

$$C_{elast} = \frac{\Delta M}{\Delta \gamma} \quad [\text{Nm/rad}] \quad (6)$$

Kde:

ΔM je rozdíl momentu mezi 10 a 40 % meze pevnosti, [Nm]

$\Delta \gamma$ je rozdíl úhlu mezi 10 a 40 % meze pevnosti. [rad]

$$C_{max} = \frac{M_{max}}{\gamma_{max}} \quad [\text{Nm/rad}] \quad (7)$$

Kde:

M_{max} je ohybový moment při maximálním zatížení, [Nm]

γ_{max} je změna úhlu při maximálním zatížení. [rad]

Výpočet hustoty vycházel z rozměrů a váhy celého spoje po odzkoušení podle ČSN 49 0108.

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \quad [\text{g/cm}^3] \quad (8)$$

Kde:

m_w hmotnost při vlhkosti w , [g]

V_w objem při vlhkosti w . [cm³]

Stanovení vlhkosti proběhlo dle ČSN 49 0103.

$$w = \frac{m_w - m_0}{m_0} \times 100 \quad [\%] \quad (9)$$

Kde:

m_0 hmotnost absolutně suchého dřeva, [g]

m_w hmotnost při vlhkosti w . [g]

4.7 Statistické zpracování dat

Pro zpracování dat byly použity programy Microsoft Excel a Statistica 12. Sumarizace a výpočty byly prováděny v programu Excel. Výstupem jsou tabulky obsahující statistické údaje. Následně byla potřebná data importována do programu Statistica 12, ve kterém došlo ke statistickému vyhodnocení. Statistické veličiny, ukazatele a metody jsou popsány dále.

4.7.1 Aritmetický průměr

Průměry jsou velkou skupinou středních hodnot, které jsou definované jako funkce všech hodnot dané proměnné. Aritmetický průměr je nejčastějším z průměrů. Vypočítá se součtem všech prvků v souboru a vydělí se počtem prvků. Udává, jaká stejná část z úhrnu hodnot numerické proměnné připadá na jednu jednotku (Šulc, 2017).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (10)$$

Kde:

- n je počet prvků v souboru,
- \bar{x} je aritmetický průměr prvků v souboru.

4.7.2 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka reprezentuje druhou (kladnou) odmocninou z rozptylu. Udává, jak se v průměru v daném souboru odchylují hodnoty proměnné od aritmetického průměru. Její výhodou je, že vychází ve stejných jednotkách, v nichž jsou uváděny hodnoty proměnné (Šulc, 2017).

$$s = \sqrt{s^2} \quad (11)$$

4.7.3 Rozptyl

Rozptyl je definován jako průměrná čtvercová odchylka jednotlivých hodnot od průměrné hodnoty. Udává se ve druhé mocnině jednotek, v nichž jsou uváděny jednotlivé hodnoty proměnné (Šulc, 2017).

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (12)$$

Kde:

- n je počet prvků v souboru,
- \bar{x} je aritmetický průměr prvků v souboru.

4.7.4 Variační koeficient

Variační koeficient je definován jako podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru. Udává, jak velký podíl z hodnoty aritmetického průměru tvoří směrodatná odchylka. Variační koeficient je jediná míra relativní, která je bezrozměrným číslem. Vyjadřuje míru variability, která se často násobí stem a vyjadřuje se v % (Šulc, 2017).

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 \quad [\%] \quad (13)$$

Kde:

S je směrodatná odchylka,

\bar{x} je aritmetický průměr prvků v souboru.

4.7.5 Analýza rozptylu

Analýza rozptylu patří mezi metody porovávající střední hodnoty souboru. Je označována zkratkou ANOVA, vycházející z anglického názvu analysis of variance, tedy analýza rozptylu. Jde o statistickou metodu založenou na hodnocení vztahů mezi rozptyly porovnávaných souborů. Analýza rozptylu se používá pro zjištění vlivu jednoho nebo více faktorů (nominální proměnné) na proměnnou kvantitativní. Předmětem sledování jsou střední hodnoty testovaných skupin, ze kterých se zjistí jejich shoda nebo rozdílnost. Podle testové hypotézy H_0 není sledovaná proměnná závislá na daném faktoru. V případě testování rohových spojů spojených Hoffmannovou spojkou byla hypotéza H_0 potvrzena nebo zamítnuta na základě p-hodnoty (Šulc, 2017).

4.7.6 P-hodnota

P-hodnota je jedna z důležitých pojmů v teorii odhadů, která slouží ke zjištění, zda je výsledek testu významný nebo není. Nezávisle na tom, jaká je zvolená hladina významnosti alfa, poskytuje informaci pro všechny hladiny. Nejčastěji se používá hladina významnosti alfa (α) 0,05, to znamená, že interval spolehlivosti je 95 %. Je-li p-hodnota menší než alfa, zamítáme nulovou hypotézu H_0 . Jestliže je větší než alfa, není možné nulovou hypotézu na dané hladině významnosti zamítnout. Důležitým momentem tedy je, jaká je nulová hypotéza u prováděného testu (Šulc, 2017).

4.7.7 Korelační koeficient

Korelační koeficient charakterizuje závislost dvou proměnných a zároveň její intenzitu. Koeficient nabývá hodnoty od -1 do 1 a značí pouze lineární závislost. Nulová hodnota znamená lineární nezávislost, hodnota 1 pak úplnou lineární závislost. Kladný korelační koeficient vyjadřuje pozitivní korelaci, což znamená, že se vzrůstající hodnotou jedné proměnné roste hodnota té druhé. Záporná hodnota korelačního koeficientu vyjadřuje negativní korelaci, značící, že se vzrůstající hodnotou jedné proměnné klesají hodnoty proměnné druhé (Šulc, 2017).

Čtverec korelačního koeficientu se nazývá koeficient determinace r^2 a je vysvětlován jako shoda modelu s daty. Nabývá hodnoty od 0 do 1, přičemž je-li vynásoben 100, udává r^2 v procentech, jaký podíl celkové variability je objasněn využitým modelem (Šulc, 2017).

5 Výsledky

V následující kapitole jsou shrnuty všechny výsledky práce. Data naměřená na trhacím stroji byla uložena a převedena do programů Microsoft Excel a Statistica. V obou programech byly provedeny výpočty a potřebná porovnání jednotlivých faktorů a vykresleny grafy.

Ke každému vzorku byl uložen graf průběhu zkoušky, výstupní data z programu TIRA byla označena podle značení vzorku, tedy typem namáhání, typem spojky, lepením, orientací vláken na čelních plochách těles a hmotností příslušného vzorku.

Z naměřených hodnot bylo poté sledováno několik faktorů ovlivňujících elastickou tuhost spoje:

- typ spojky,
- typ namáhání,
- odklon letokruhů,
- přítomnost lepidla,
- hustota vzorku.

5.1 Vyhodnocení výsledků

Naměřené údaje byly vyhodnoceny pomocí softwaru Statistica 12. V programu byla vytvořena jednofaktorová a dvoufaktorová analýza rozptylu, tedy ANOVA. Díky této analýze je možné zjistit vliv vybraných faktorů na elastickou tuhost spoje. Hodnocenými faktory byly v případě této práce typ spojky, faktor lepení, typ namáhání a průběh letokruhů. K ohodnocení účinku jednotlivých faktorů i jejich vzájemnou kombinací byl použit Fisherův F-test s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$, tedy interval spolehlivosti je 95 %. F-test na základě hladiny významnosti p určuje, zda a v jaké míře je sledovaný faktor statisticky významný.

Dle hodnot p lze testovaný faktor ohodnotit následovně:

- $P < 0,05$ vliv je statisticky významný,
- $P > 0,05$ vliv není statisticky významný,
- $P = 0,05$ vliv se nachází na hranici statické významnosti,
- $P = 0$ faktor působí,
- $P < 0,001$ vliv je statisticky velmi významný,

- $0,001 < P < 0,01$ vliv je statisticky středně významný,
- $0,01 < P < 0,05$ vliv je statisticky málo významný (Gaff – Gáborík, 2009).

Tabulka 2: Výsledky hustoty a elastické tuhosti spojů

Typ namáhání	Typ spojky	Lepení	Hustota v g/cm ³			Elastická tuhost v Nm/rad		
			Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient v %	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient v %
Tlak	Dřevěná	Ano	0,663	0,056	8,4	1966	211	10,7
Tlak	Dřevěná	Ne	0,672	0,053	7,8	311	63	20,2
Tlak	Plastová	Ano	0,659	0,043	6,5	2039	175	8,6
Tlak	Plastová	Ne	0,664	0,063	9,4	331	48	14,4
Tah	Dřevěná	Ano	0,671	0,071	10,6	1656	273	16,5
Tah	Dřevěná	Ne	0,655	0,050	7,7	229	38	16,6
Tah	Plastová	Ano	0,679	0,055	8,1	1768	242	13,7
Tah	Plastová	Ne	0,663	0,057	8,6	506	89	17,6

Tabulka 2 vyjadřuje výsledky elastické tuhosti a hustoty, v tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty pro každou sledovanou skupinu. Průměrné hodnoty momentů a úhlů jsou zaznamenány v tabulce 3. Hodnota ΔM vyjadřuje změnu momentu v oblasti mezi 10 a 40 % meze pevnosti spoje. Při zatěžování tlakem, respektive tahem, se zvětšoval, respektive zmenšoval úhel gama. Tuto hodnotu reprezentuje maximální změna úhlu. Obdobně jako u momentu vyjadřuje $\Delta \gamma$ změnu úhlu mezi 10 a 40 %.

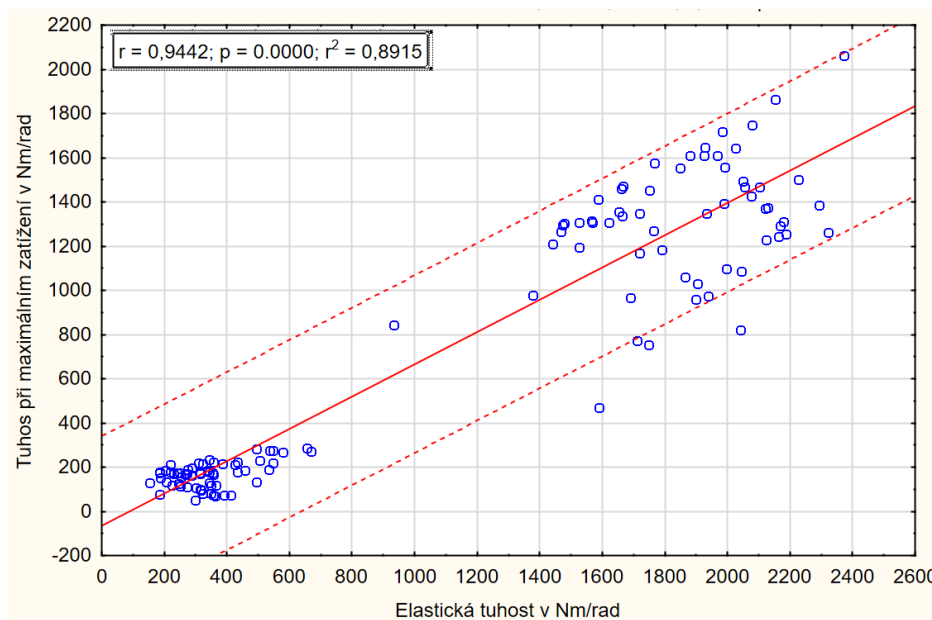
Tabulka 3: Průměrné hodnoty ohybových momentů a změny úhlu

Typ namáhání	Typ spojky	Lepení	Maximální moment M_{max} v Nm	Změna momentu ΔM v Nm	Maximální změna úhlu ve °	Změna úhlu ve °
Tlak	Dřevěná	Ano	99,94	29,99	5,23	0,88
Tlak	Dřevěná	Ne	20,99	6,30	7,11	1,21
Tlak	Plastová	Ano	92,33	27,69	4,04	0,78
Tlak	Plastová	Ne	18,15	5,44	12,05	0,95
Tah	Dřevěná	Ano	44,25	2,07	2,07	0,47
Tah	Dřevěná	Ne	22,01	6,60	10,73	0,90
Tah	Plastová	Ano	46,01	13,82	1,93	0,45
Tah	Plastová	Ne	20,61	6,18	5,48	0,73

Po provedení ANOVY byly získány grafy vzájemného působení faktorů. Na základě zmíněné významnosti p bylo stanoveno, které faktory měly statisticky významný či nevýznamný vliv (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$).

V práci byla v úvahu brána pouze lineární závislost. Korelace byla definována korelačním koeficientem lineární závislosti r a koeficientem determinace r^2 .

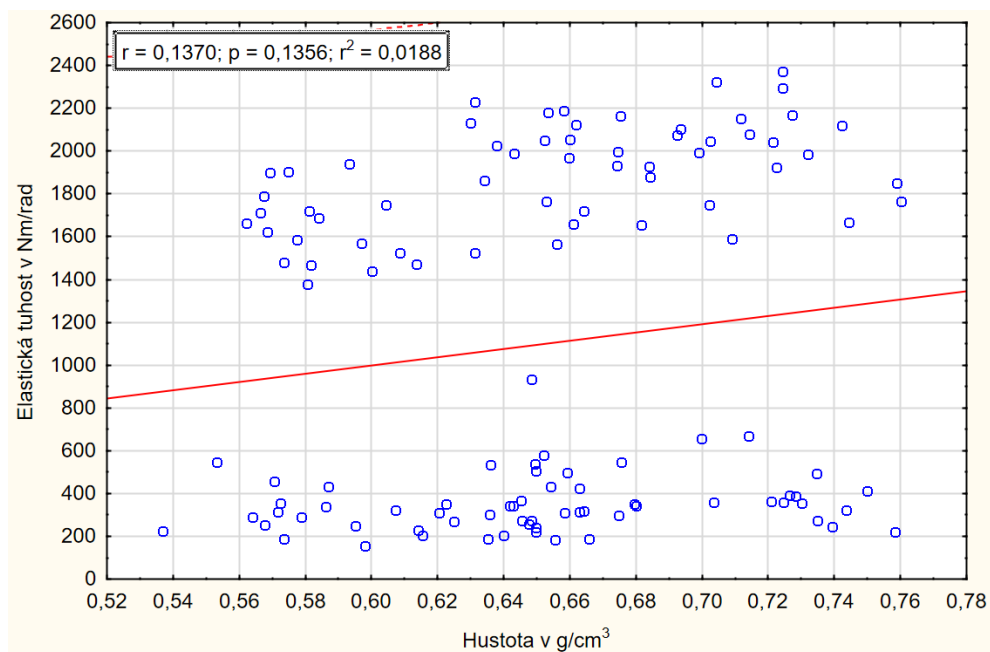
Následující graf (1) vyjadřuje vztah elastické tuhosti a tuhosti při maximálním zatížení. Hodnota hladiny významnosti $p = 0,0000$ vykazuje vysokou statistickou významnost, hodnota korelačního koeficientu $r = 0,9442$ značí téměř úplnou lineární závislost. Zároveň je hodnota koeficientu kladná, což značí, že s rostoucí hodnotou jedné proměnné roste i druhá. Koeficient determinace r^2 nabývá hodnoty 0,8915, tedy vyjádřeno v procentech 89,15 % a vyjadřuje shodu modelu s daty.



Graf 1: Vztah elastické tuhosti a tuhosti při maximálním zatížení

Z grafu 1 je patrné rozdělení hodnot do dvou velkých skupin, jedné s těsnější variabilitou a druhé s variabilitou větší. Skupina s nižšími hodnotami elastické tuhosti (v levé části grafu) reprezentuje vzorky namáhané tahem, v pravé části grafu jsou zobrazeny hodnoty elastické tuhosti vzorků namáhaných tlakem. Z grafu je tedy graficky snadno znatelné, jak velký rozdíl můžeme sledovat mezi jednotlivými typy namáhání.

Vztah mezi hustotou a elastickou tuhostí vyplývá z grafu 2. Kromě jednoho zkušebního tělesa, která dosahuje hodnoty 934 Nm a patří spoji s dřevěnou spojkou a s lepidlem, se hodnoty pohybují v ucelených skupinách. Skupina hodnot v horní části grafu reprezentuje tělesa pro tlakovou zkoušku (dřevěné i plastové spojky), skupina v dolní části reflektuje vzorky tahové. Hodnota $p = 0,1356$ znázorňuje statistickou nezávislost hustoty těles na jejich elastické tuhosti. Korelační koeficient r dosahuje hodnoty 0,1370 značící jen velmi malou lineární závislost.



Graf 2: Vztah hustoty a elastické tuhosti

V tabulce 4 je znázorněna vzájemná závislost jednotlivých faktorů s faktory ostatními. Jedná se o porovnání průměrů podle Duncana.²³ Jedná se o test vícečetných porovnávacích postupů. Z tabulky jsou patrné statisticky nevýznamné hodnoty u porovnání faktorů namáhání a vlivu lepení (např. z porovnání řádku 3 se sloupcem 1 je patrný statisticky nevýznamný vliv u namáhání tlakem se současným použitím lepidla ve vztahu k typu spojky).

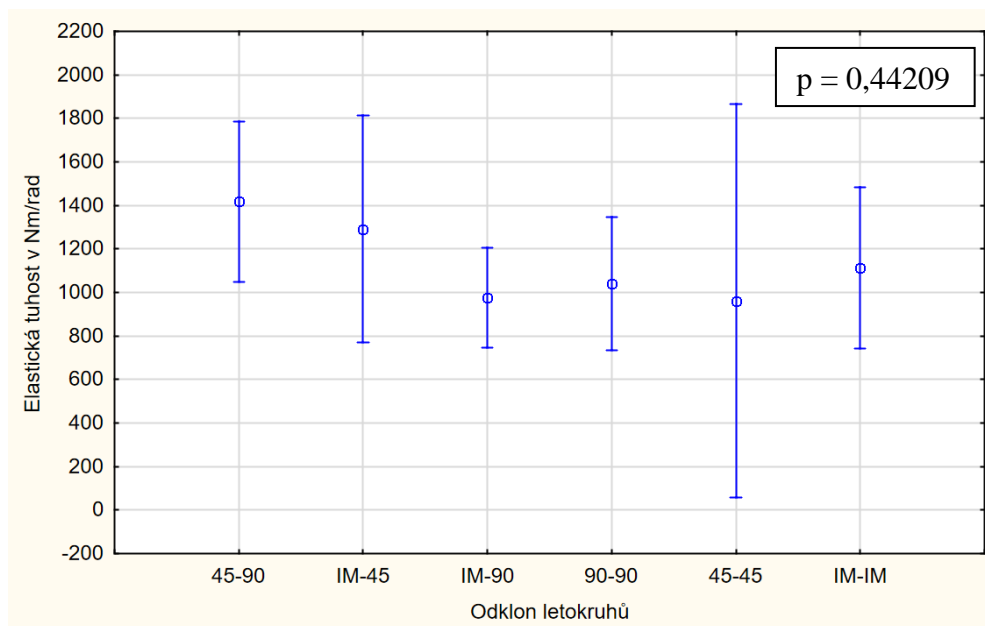
²³ David Beatty Duncan (1916–2006) byl americký statistik působící na univerzitě v Sydney.

Tabulka 4: Duncanův test

	Typ namáhání	Typ spojky	Lepení	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Tlak	Dřevěná	Ano		0,000024	0,249808	0,000029	0,000061	0,000020	0,002306	0,000046
2	Tlak	Dřevěná	Ne	0,000024		0,000020	0,747722	0,000046	0,200511	0,000029	0,003544
3	Tlak	Plastová	Ano	0,249808	0,000020		0,000024	0,000046	0,000017	0,000108	0,000029
4	Tlak	Plastová	Ne	0,000029	0,747722	0,000024		0,000057	0,131390	0,000046	0,006629
5	Tah	Dřevěná	Ano	0,000061	0,000046	0,000046	0,000057		0,000029	0,079566	0,000104
6	Tah	Dřevěná	Ne	0,000020	0,200511	0,000017	0,131390	0,000029		0,000024	0,000092
7	Tah	Plastová	Ano	0,002306	0,000029	0,000108	0,000046	0,079566	0,000024		0,000057
8	Tah	Plastová	Ne	0,000046	0,003544	0,000029	0,006629	0,000104	0,000092	0,000057	

5.2 Závislost průběhu letokruhů na elastické tuhosti spojů

Při popisování zkušebních těles bylo každé z nich zařazeno do předem vytyčených skupin podle úhlu letokruhů. Tento úhel byl sledován na čelních plochách tělesa, každý vzorek měl tedy dvě označení. Odklon vláken byl poté hodnocen čísly 90, kdy letokruhy svíraly s jednou z hran úhel 90° , 45 se sklonem 45° od hran čela a písmenem M, kdy se nejednalo ani o jeden ze zmíněných směrů. Následně byl hodnocen vliv daného úhlu na elastickou tuhost, jak je znázorněno v grafu 3. Z grafu vyplývá, že dle významnosti $p = 0,44209$ nemá odklon vláken vliv na sledovanou elastickou tuhost. Zajímavým faktem ale zůstává, že největší variabilitu vykazovala skupina označená 45 – 45 s kombinací obou úhlů se sklonem 45° .



Graf 3: Závislost úhlu letokruhů na elastickou tuhost

5.3 Analýzy rozptylu

Pro vyhodnocení vlivu typu namáhání, typu spojky a použití lepidla na elastickou tuhost byla použita jednofaktorová a dvoufaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Celkové výsledky testu jsou zaznamenány v tabulce 5, která interpretuje vliv faktoru nebo kombinaci faktorů pomocí p-hodnoty.

Z tabulky je patrné, že ve vztahu k elastické tuhosti je statisticky velmi významný typ namáhání ($p = 0,000190$) a typ spojky ($p = 0,000222$). Dále je významný faktor lepení, který má významnost $p = 0,000000$. Při kombinaci faktorů namáhání a typu spojky se s významností $p = 0,021232$ dostáváme mezi málo významné faktory. Naopak souvislost mezi typem namáhání a lepením je velmi významná s $p = 0,000000$. Mimo hladinu významnosti se nachází kombinace faktorů typ spojky a použití lepidla. Zde dosahuje hodnota p čísla 0,375734 a jedná se tedy o statisticky nevýznamnou hodnotu. Kombinací faktorů namáhání, typ spojky a lepení získáme statisticky nevýznamný vliv na elastickou tuhost.

Tabulka 5: Souhrnné výsledky analýzy rozptylu

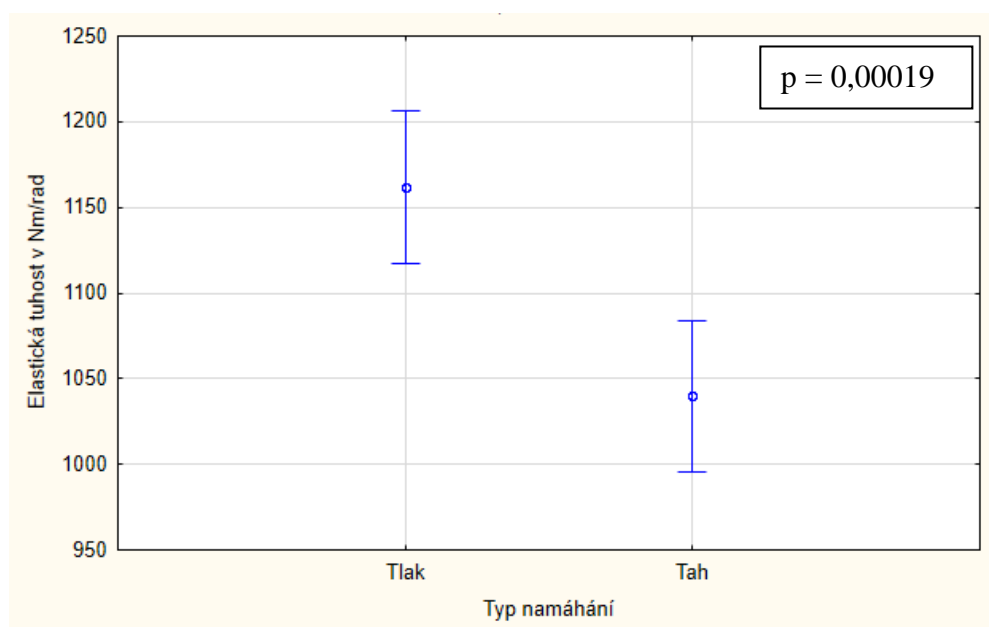
Efekt	Součet čtverců	Stupně volnosti	Rozptyl	F-test	p
Absolutní člen	145422055	1	145422055	4847,595	0,000000
Typ namáhání	446964	1	446964	14,899	0,000190
Typ spojky	436915	1	436915	14,564	0,000222
Faktor lepení	68668324	1	68668324	2289,036	0,000000
Typ namáhání*typ spojky	163800	1	163800	5,460	0,021232
Typ namáhání*Faktor lepení	856900	1	856900	28,564	0,000000
Typ spojky*Faktor Lepení	23726	1	23726	0,791	0,375734
Typ namáhání*typ spojky*faktor lepení	89135	1	89135	2,971	0,087514
Chyba	3359866	112	29999		

5.3.1 Jednofaktorové analýzy

Jednofaktorová analýza představuje případ nejjednodušší analýzy rozptylu, ve které je analyzován účinek jednoho faktoru na zkoumanou závisle proměnnou. Touto metodou byl porovnán faktor namáhání, působení lepidla a typ spojky.

5.3.1.1 Závislost typu namáhání na elastické tuhosti spojů

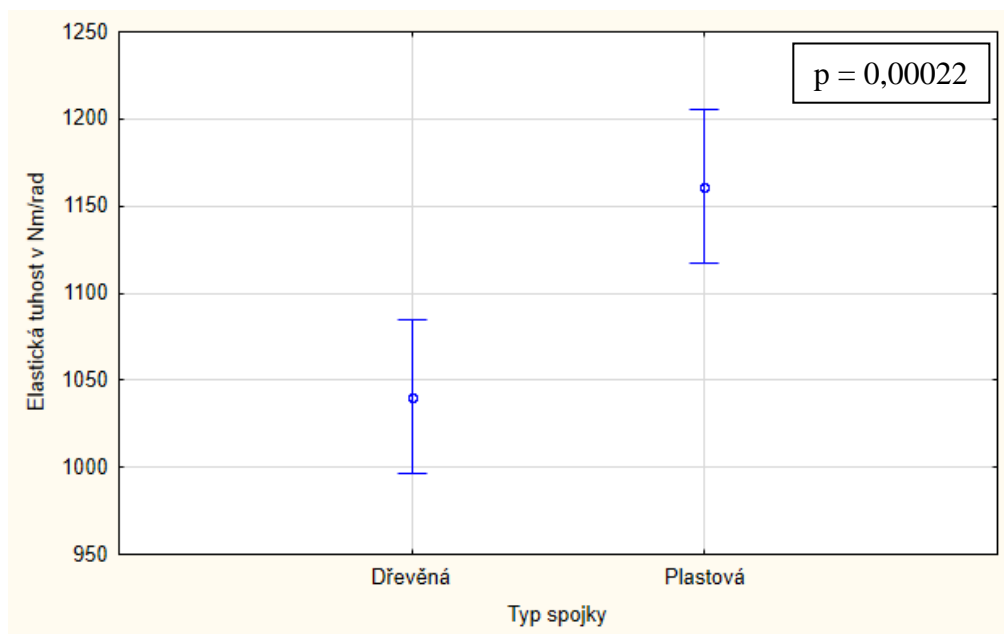
V rámci práce byly rohové spoje podrobeny zatěžování v tahu a v tlaku. Na následujícím grafu (4) je znázorněna závislost typu namáhání na elastické tuhosti spoje. Z hodnoty hladiny významnosti $p = 0,00019$ můžeme typ namáhání hodnotit jako faktor statisticky velmi významný. Zajímavý je rozdíl mezi namáháními, kdy tlakové dosahuje přibližně o 12 % vyšších hodnot než tahové. Z povahy spoje není patrné, které namáhání by mělo být tužší, nicméně faktem zůstává vyšší pevnost v tahu ve směru vláken oproti tlaku v tomto směru.



Graf 4: Vliv typu namáhání na elastickou tuhost

5.3.1.2 Závislost typu spojky na elastické tuhosti spojů

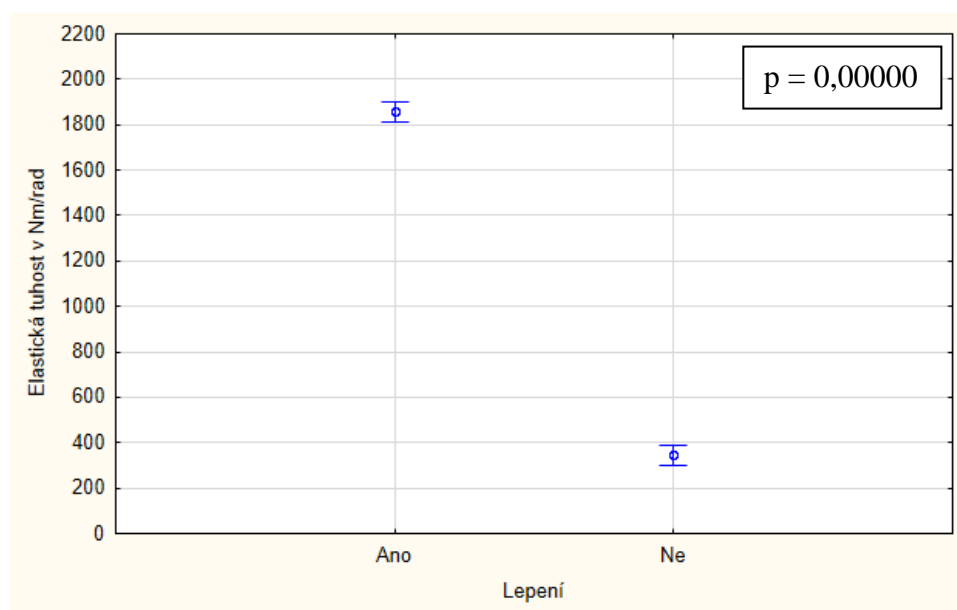
Stěžejním předmětem práce byla snaha zjistit, zda je možné plastovou spojku nahradit spojkou dřevěnou. Graf 5 popisuje vliv typu spojky na elastickou tuhost spoje. Z hodnot hladiny významnosti $p = 0,00022$ lze vyvodit závěr, že je tento vliv statisticky velmi významný. Nárůst elastické tuhosti u plastové spojky je o necelých 12 %. Zajímavým zjištěním je fakt, že při kombinaci faktorů typu spojky a lepení již statistická významnost zaniká (viz kapitola 5.3.2.2).



Graf 5: Vliv typu spojky na elastickou tuhost

5.3.1.3 Závislost použití lepidla na elastické tuhosti spojů

Jedním ze sledovaných faktorů byl vliv použití lepidla. Byly porovnávány vzorky, na jejichž spoje bylo používáno PVAc lepidlo s voděodolností D3, se vzorky nelepenými, spojenými jen samotnou spojkou. Na grafu 6 je vidět velmi významný vliv tohoto faktoru ($p = 0,0000$), což bylo v očekávání s realitou, kdy bylo předpokládáno, že vliv lepení bude mít na elastickou tuhost spoje vliv. Lepené spoje, bez ohledu na namáhání a typ spojky, mají přibližně pětinašobnou elastickou tuhost oproti spojmům nelepeným.



Graf 6: Vliv faktoru lepení na elastickou tuhost

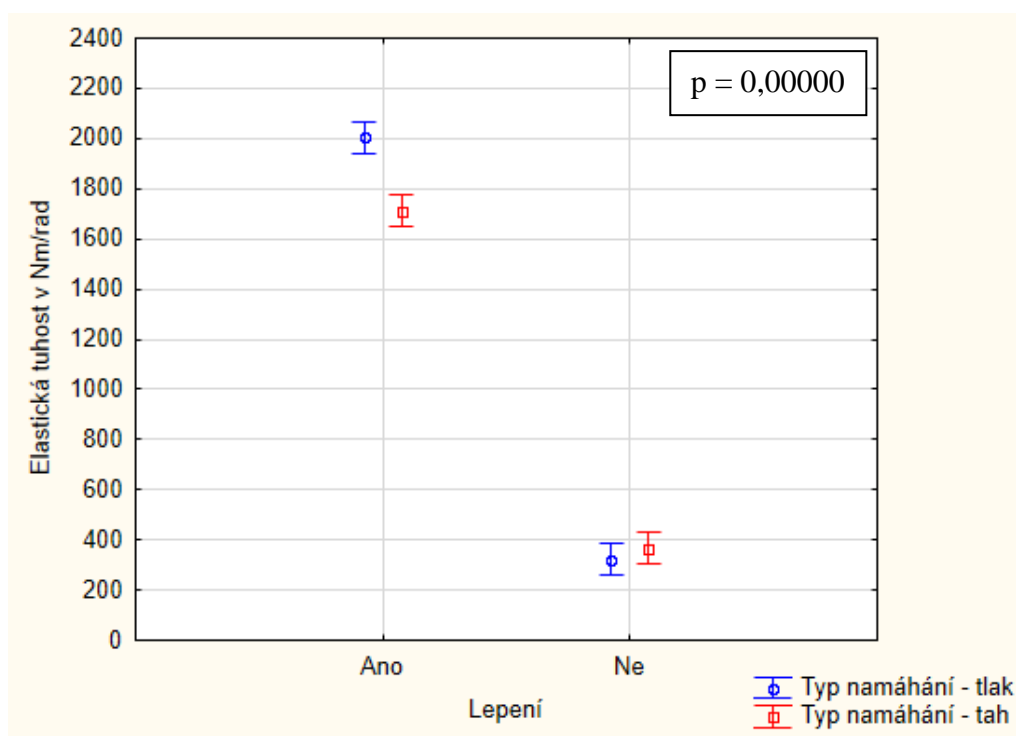
5.3.2 Dvofaktorové analýzy

Dvofaktorová analýza se používá při posouzení dvou působících faktorů na závisle proměnnou. Při tomto procesu rozlišujeme mezi hlavními efekty a efekty, které jsou vyvolány interakcemi mezi faktory při vlivu na závisle proměnnou. Hlavní efekt představuje přímý efekt faktoru na závisle proměnnou. Interakční efekt reprezentuje spojený efekt kombinace dvou nebo více faktorů na závisle proměnnou.

Analýzou rozptylu dvojného třídění hodnotíme tak zvané blokové experimenty, při kterých sledujeme vliv daného faktoru (označeného např. A), který lze plánovitě měnit, zatímco druhý faktor (označený jako B) lze považovat za rušivý vliv, jenž se při analýze snažíme oddělit od vlivu faktoru A (cit.vfu.cz).

5.3.2.1 Lepení * namáhání

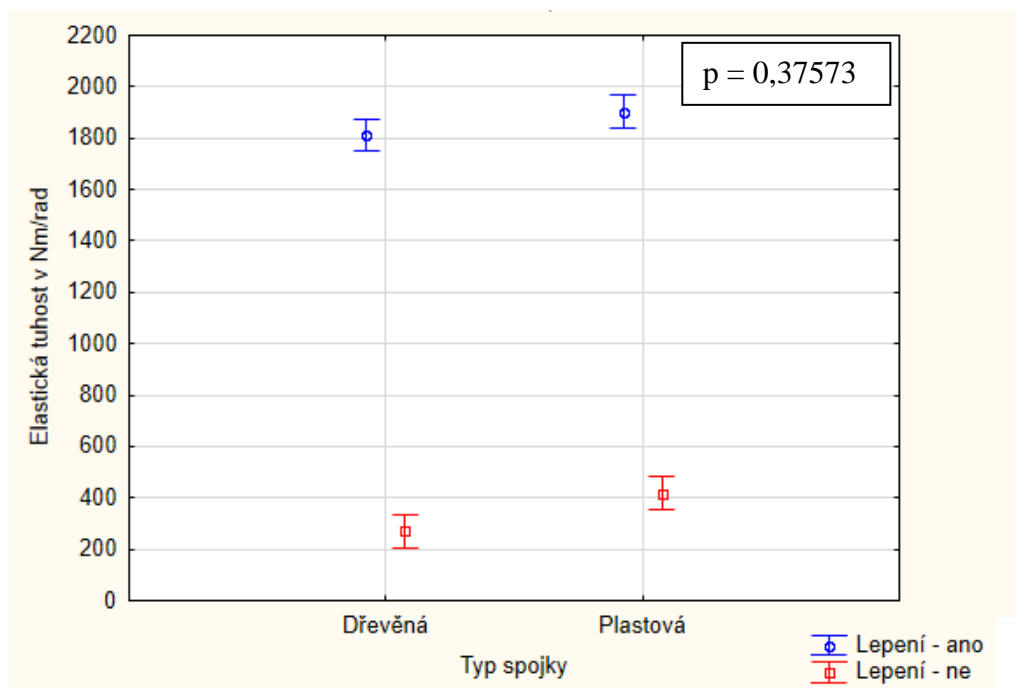
Při porovnávání dvou působících faktorů na elastickou tuhost je statisticky nejvýznamnější kombinace faktorů lepení a typu namáhání. V tomto případě se jedná o statisticky velmi významnou hodnotu $p = 0,00000$. Oba faktory samostatně se také řadily mezi velmi významné s hodnotou $p = 0,0000$ pro faktor lepení a $p = 0,00019$ pro typ namáhání.



Graf 7: Vliv faktoru lepení a typu namáhání na elastickou tuhost

5.3.2.2 Lepení * spojka

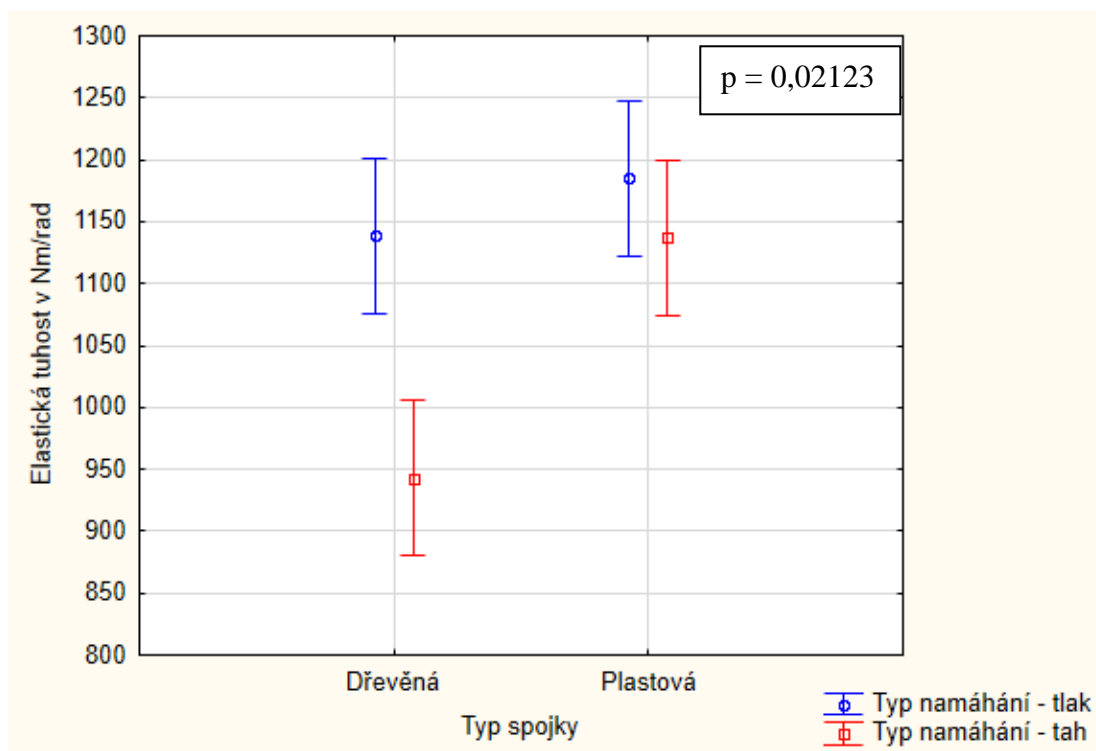
Mezi dvoufaktorové analýzy patřil také vliv faktoru typu spojky se současným působením faktoru lepení. Měření přineslo zajímavý výsledek s hladinou významnosti $p = 0,37573$, tedy výsledek statisticky nevýznamný. To znamená, že při vzájemném použití spojky a lepidla nebyl dokázán statisticky významný rozdíl. V praxi je tedy možné použít oba typy spojky pro dostatečnou únosnost spoje.



Graf 8: Vliv typu spojky a faktoru lepení na elastickou tuhost

5.3.2.3 Spojka * namáhání

Při posouzení dvoufaktorové analýzy vzájemného porovnání typu spojky a typu namáhání můžeme v grafu 9 pozorovat statisticky málo významný vliv těchto faktorů viditelný z hodnoty $p = 0,02123$. Zároveň je vidět zajímavý fakt rozdílu mezi spojkou plastovou a dřevěnou pro namáhání tahem, kdy je rozdíl velmi patrný a pro tlakové namáhání s daleko nižším rozdílem mezi oběma typy spojek.

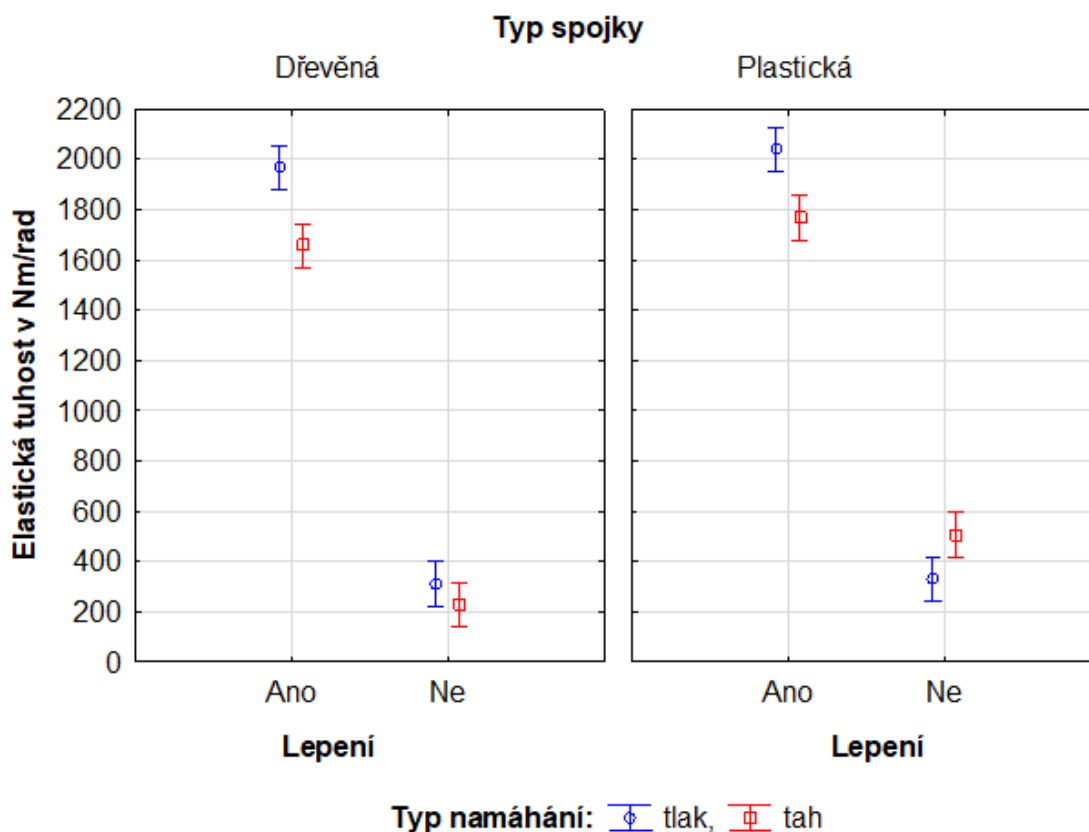


Graf 9: Vliv typu spojky a typu namáhání na elastickou tuhost

5.4 Shrnutí významných faktorů – typu spojky, použití lepidla a typu namáhání

Při porovnání statisticky významných faktorů byly do grafu vyneseny naměřené hodnoty. Z grafu 10 vyplývá, že vyšších hodnot elastické tuhosti dosahují plastové spojky, jak bylo patrné již v rámci jednofaktorové analýzy. Zajímavostí tohoto porovnání je vyšší elastická tuhost u nelepené plastové spojky u namáhání tahového než u tlakového, u zbylých porovnání má vždy vyšší únosnost spojka při zatížení tlakovém.

Z předchozích analýz je tedy možné vyvodit fakt, že statisticky významný je typ namáhání, faktor lepení i typ spojky, ale v kombinaci faktorů zaniká námi sledovaný vliv materiálu spojky.

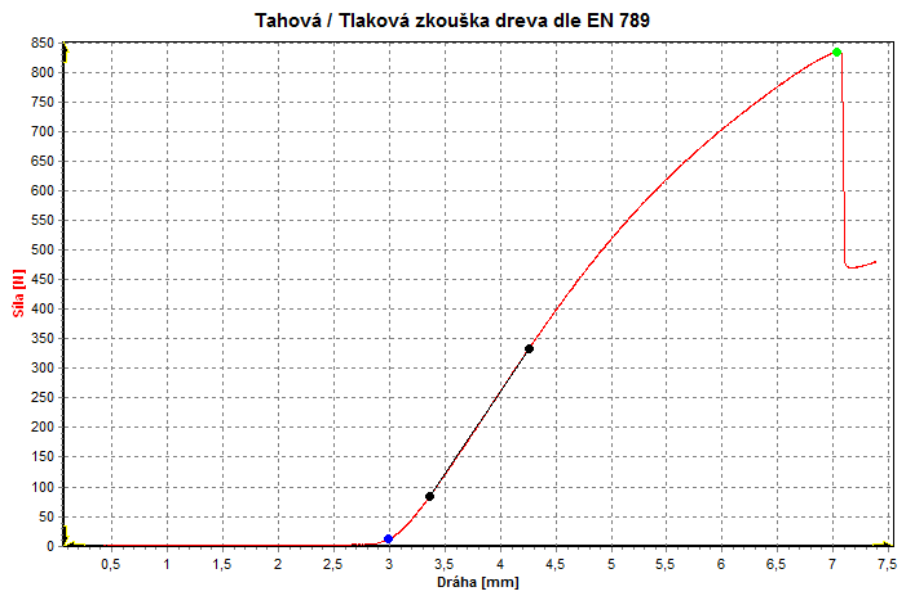


Graf 10: Vliv vybraných faktorů na elastickou tuhost

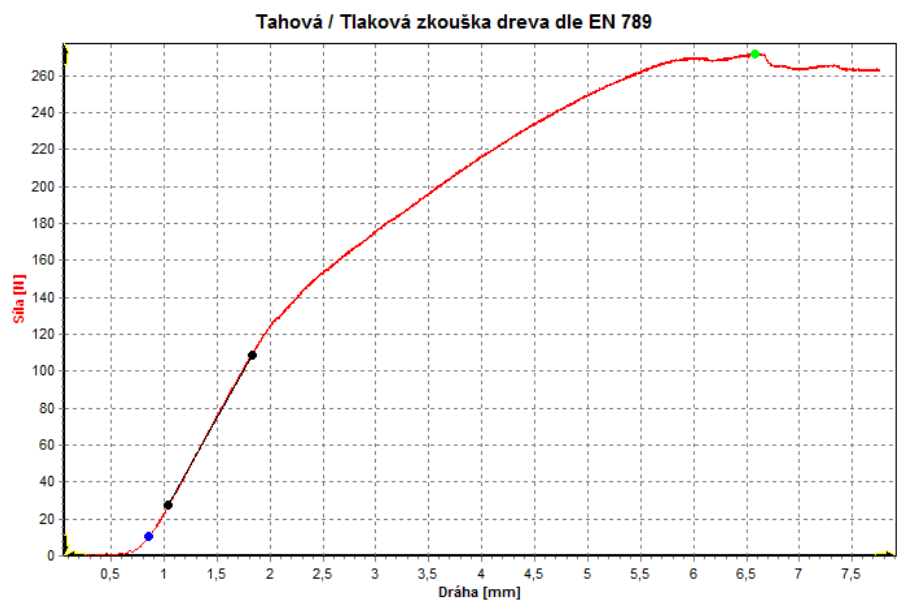
5.5 Grafy průběhů zkoušek

Při měření na stroji UTS 50 byla zároveň s hodnotami zaznamenávána také grafická podoba zkoušek. Grafy u jednotlivých těles znázorňují závislost síly na dráze. Přímka vyznačená čarou a dvěma body znázorňuje oblast mezi 10 a 40 % meze pevnosti spoje, tato oblast byla zaznamenávána také v číselné podobě a posloužila k výpočtům elastické tuhosti spoje. Grafy nevykazovaly žádné anomálie, byly charakteristické povahou spoje, jeho materiálu a především faktorem lepení a typem namáhání.

Na grafech 11 a 12 můžeme vidět průběh zkoušky tlaku a tahu pro spojku plastovou, lepenou i nelepenou. V grafickém znázornění oblasti nárůstu síly je patrný faktor lepení, v celkové síle je pak viditelný vliv typu namáhání a faktoru lepení.

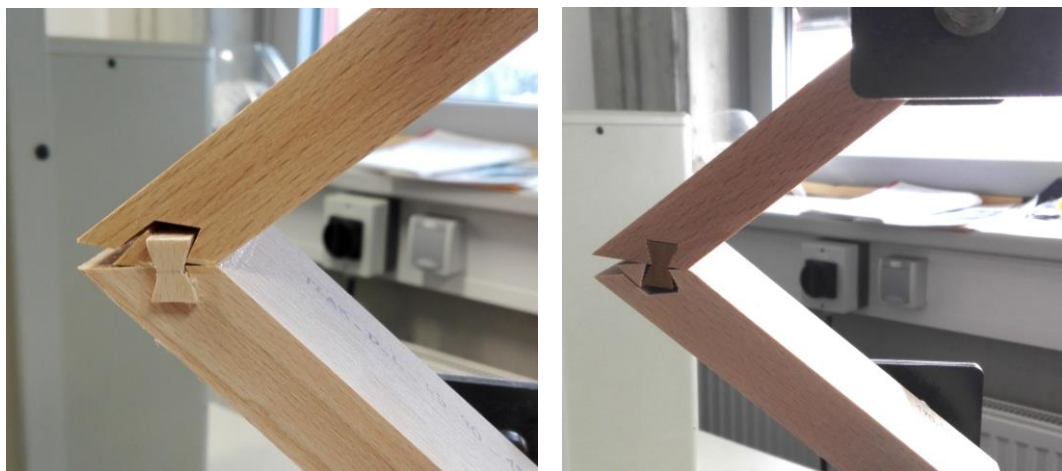


Graf 11: Průběh zkoušky tělesa na tlak s plastovou spojkou lepenou



Graf 12: Průběh zkoušky tělesa na tah s plastovou spojkou nelepenou

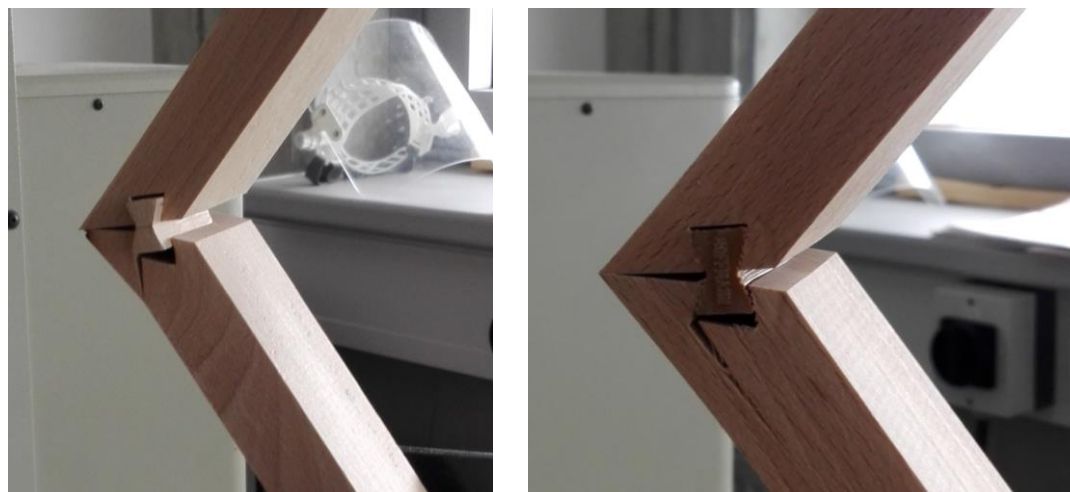
Podobný průběh zkoušky vykazovala tělesa spojená spojkou plastovou i dřevěnou, taktéž ukončení při porušení (poklesu síly) bylo shodné. Žádná ze spojek nebyla při testu porušena tlakovým ani tahovým namáháním.



Obr. 44: Tlaková zkouška u tělesa se spojkou dřevěnou a plastovou

Na obrázcích 44 a 45 je patrný stav zkušebních těles podrobených tlakové a tahové zkoušce. Vzhledem k tomu, že nedošlo k porušení žádné spojky, docházelo k porušení v oblasti vyfrézované drážky, nejčastěji se jednalo o vytržení oblasti v kontaktu se spojkou, následně došlo k porušení tělesa a přerušení zkoušky.

K porušení zkušebního tělesa docházelo také u zkoušky tahové. Opět nedošlo k porušení žádné spojky, nicméně byla namáhána oblast dřeva v okolí spojky.



Obr. 45: Tahová zkouška u tělesa se spojkou dřevěnou a plastovou

6 Diskuse

Vyhodnocení porušení zkušebních těles

Při porovnání dvou hlavních zkoumaných skupin, tedy spojů se spojkou plastovou a dřevěnou, byl zajímavým úkazem je v porušení vzorků. Ani jedna ze skupin při měření nevykázala porušení v oblasti spojky. U nelepených spojů docházelo téměř bez výjimky vždy k porušení dřeva v okolí spoje, kdy byl v tento moment zaznamenán největší pokles síly. U lepených byl zaznamenán pokles ve chvíli porušení lepené spáry, přesto však na mnohem vyšším napětí. Kdybychom pozorovali probíhající zkoušku dál, došlo by k opětovnému nárůstu síly a poté porušení dřeva stejně jako u spojek nelepených.



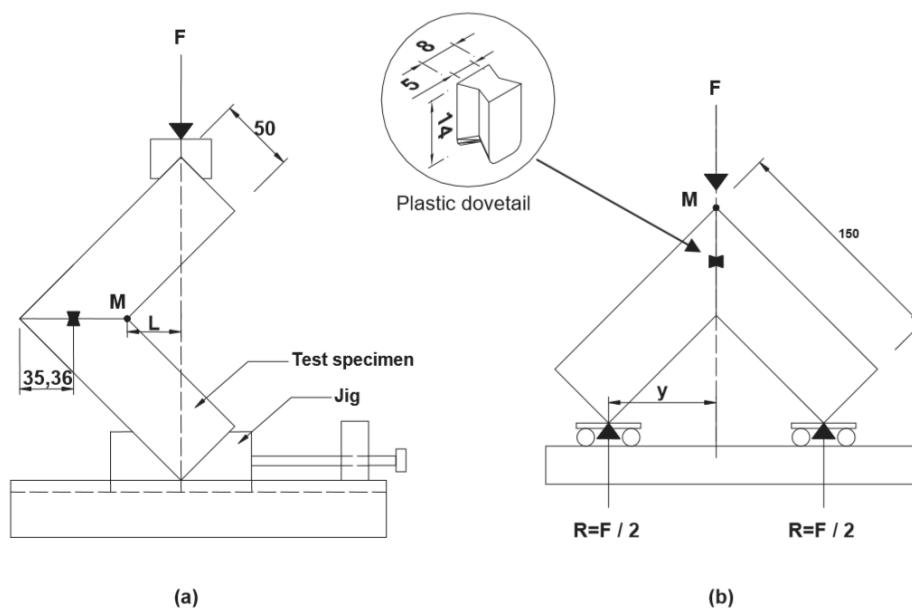
Obr. 46: Porušení spoje s dřevěnou a plastovou spojkou

Porovnání s jinými autory

Problematikou nábytkových spojů se zabývá mnoho autorů, nicméně Hoffmannova spojka není častým předmětem zkoumání. Pro diskuzi byly vybrány články zaměřující se na rohový spoj pomocí této spojky.

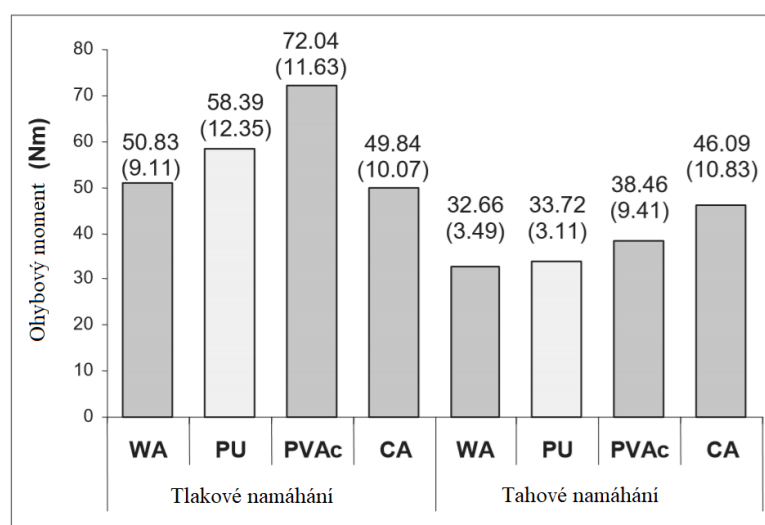
Předkládaná práce se věnuje spojení rohu do tvaru krabicového rámu. Tento spoj můžeme vidět u spojení deskových materiálů (korpusy skříněk), ale také u stolového nábytku (konferenční stolky).

Pro porovnání byl zvolen výzkum autorů Altun, Burdulu, Kilic (2010), kteří zjišťovali vliv lepidla na ohybový moment rohových spojů spojených plastovou rybinovou spojkou vyrobenou z PVC neodpovídající žádné z velikostí Hoffmannových spojek. Při přípravě těles byly do rámu z MDF spojky aplikovány kladivem, v případě lepení došlo k nánosu lepidla. V jejich výzkumu byla zkušební tělesa podrobena testování při tlakovém i tahovém namáhání. Vzorky byly v tomto případě vyrobeny z MDF desky. Jako adheziva byla použita lepidla PVAc, PUR a kyanoakrylátové a jedna skupina byla spojena bez adheziva.



Obr. 47: Testování tlakového a tahového namáhání podle (Altun – Burdulu – Kilic, 2010)

Z jejich výzkumu vyplývá, že nejvyšších ohybových momentů dosahuje těleso namáhané tlakem s použitím PVAc lepidla (72,04 Nm), následuje s 58,38 Nm lepidlo polyuretanové, spojení bez použití adheziva vykazovalo ohybový moment s hodnotou 50,83 Nm a nejnižší hodnoty dosáhlo lepidlo kyanoakrylátové (Altun – Burdulu – Kilic, 2010). U tahového namáhání jsou výsledky rozdílné. Zde dosáhlo nejlepších výsledků lepidlo kyanoakrylátové s hodnotou ohybového momentu 46,09 Nm, následovalo PVAc a PUR lepidlo. Nejnižší hodnoty vykazovalo spojení bez použití adheziva (32,66 Nm).



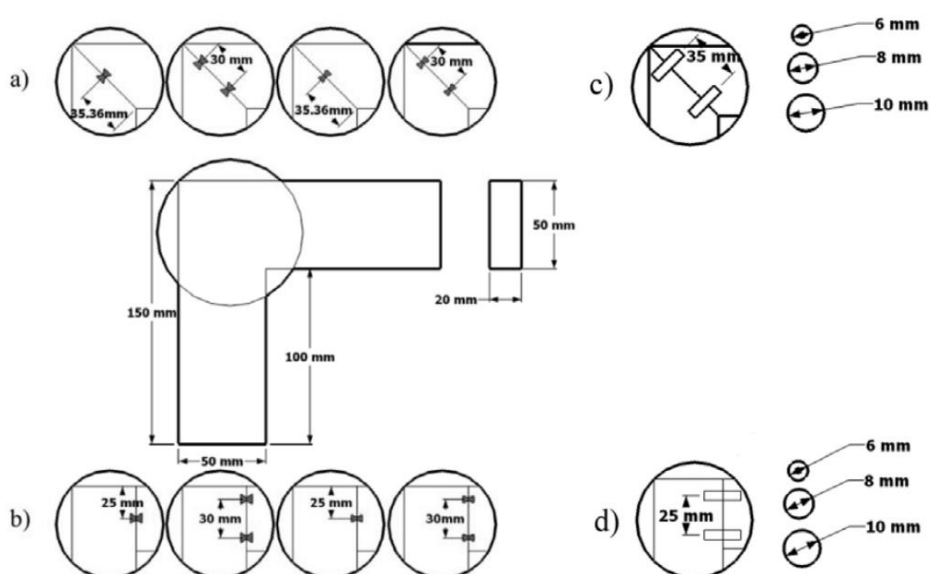
Graf 13: Porovnání hodnot ohybového momentu pro tlakové a tahové namáhání pro různé typy adheziv (Altun – Burdulu – Kilic, 2010)

Absolutní hodnoty nelze vzhledem ke geometrii spoje porovnat, ovšem při přepočtu na procenta lze posoudit, že ve výzkumu autorů je rozdíl ohybového momentu mezi sledovanými faktory (tedy mezi PVAc lepidlem a spojem nelepeným) přibližně 40 %, v předkládané práci je faktor lepení mnohem významnější, lepené spoje dosahují více než čtyřnásobku ohybového momentu spojů nelepených. Důvodem rozdílu může být použitý typ PVAc lepidla.

Faktem zůstává vliv typu namáhání. I ve výzkumu autorů Altun, Burdulu, Kilic (2010) dosahuje tlakové namáhání vyšších hodnot než tahové. Vliv typu spojky není možné s tímto výzkumem porovnávat.

Dalšími autory, kteří se zabývali problematikou rybinového spoje, jsou Dalvand et al. (2013). Jejich studie se zabývala vlivem typu spoje (rybinová spojka a spojka ve tvaru H) a jejich počtem, typu lepidla a geometrií těles, která byla spojena na tupo a na pokos. Vzorky byly podrobeny testu na tlakové a tahové namáhání.

Zkušební tělesa byla vyrobena ze dřeva jedle s rozměry 150 x 50 x 20 mm, nicméně spoj byl použit jako plošný, nikoliv jako krabicový jako v předkládané práci.



Obr. 48: Rozměry a umístění spojek v rámu (Dalvand et al., 2013)

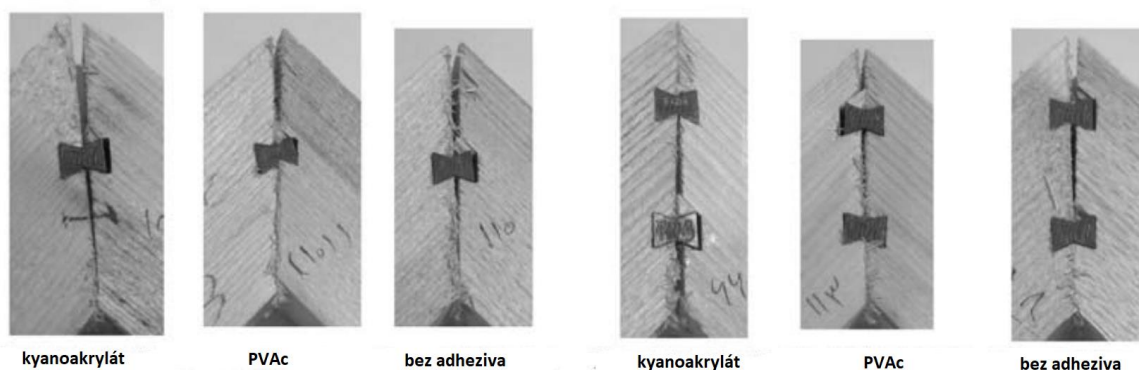
Výsledky měření přinesly závěry, že nejvyšší kombinované napětí pro tahové namáhání má spoj pomocí 1 rybinové spojky slepené PVAc lepidlem, pro tlak je nejlepší spoj pomocí dvou těchto spojek rovněž v kombinaci s PVAc lepidlem.

Porovnávané napětí také přineslo fakt, že stejně jako u předkládané práce působilo vyšší napětí (porovnávaná veličina) pro spoje namáhané tlakem než pro tahové vzorky.

Tabulka 6: Souhrnné výsledky výzkumu (Dalvand et al., 2013)

		Kombinované namáhání (MPa)	
		Vnitřní roh	Vnější roh
Typ spojení	Na tupo	2.16(2.59)	1.83(2.20)
	Na pokos	4.16(5.47)	3.52(4.63)
Tvar spojky	Rybinový spoj	6.14(4.54)	5.20(3.84)
	H- spojka	0.18(0.15)	0.16(0.13)
Počet spojek	1	2.68(3.53)	2.27(2.99)
	2	3.64(5.08)	3.08(4.30)
Typ lepidla	CA	2.72(3.22)	2.31(2.73)
	PVA	5.35(6.13)	4.53(5.19)
	bez lepidla	1.40(1.55)	1.19(1.31)

Z tabulky 6 vyplývají velké rozdíly mezi typy spojek, menší poté u počtu použitých spojek v rámu. Významný je také vliv typu adheziva, respektive vliv samotného lepidla při porovnání hodnot bez lepidla a s použitím PVAc lepidla.



Obr. 49: Pokosové spoje spojené rybinou po provedení zkoušek (Dalvand et al., 2013)

V článku autorů Kilic et al. (2009) je porovnání ohybových momentů rámu spojených na pokos pomocí rybinové spojky. Jedná se o výzkum vlivu adheziva a typu namáhání. Jako lepidla byla použita PVAc, PUR a kyanoakrylátové, poslední skupina vzorků byla spojena jen mechanicky pomocí spojky bez adheziva. Zkušební tělesa byla rozměrů 150 x 50 x 18 mm a byla vyrobena ze dřeva topolu (*Populus nigra*), ze kterého se vyrábějí masivní rámová dvířka. Důvodem výběru dřeviny byla nízká cena dřeva a jeho rychlý růst, což je důvodem pro výběr i v praxi (Kilic et al., 2009).

Použité plastové spojky z materiálu PVC byly o rozměrech 8 x 9 mm s délkou 14 mm. Spojené rámy byly podrobeny testu na tah a tlak, výsledky ukazuje tabulka 7.

Tabulka 7: Souhrnné výsledky výzkumu²⁴ (Kilic et al., 2009)

Ohybový moment při namáhání tlakem (N · m)				
Lepidlo	Průměr	Směrodatná odchylka	Minimální hodnota	Maximální hodnota
WA	18.45	1.29	12.02	24.75
PU	39.87	3.69	25.45	65.05
PVAC	55.71	5.85	36.76	94.74
CA	38.67	4.13	21.21	61.51
Ohybový moment při namáhání tahem (N · m)				
Lepidlo	Průměr	Směrodatná odchylka	Minimální hodnota	Maximální hodnota
WA	14.06	0.54	10.61	16.26
PU	43.26	3.05	33.23	65.75
PVAC	160.55	16.38	97.57	221.29
CA	57.69	4.81	36.76	80.60

WA: bez lepidla PU: polyuretan PVAC: polyvinylacetát CA: kyanoakrylát

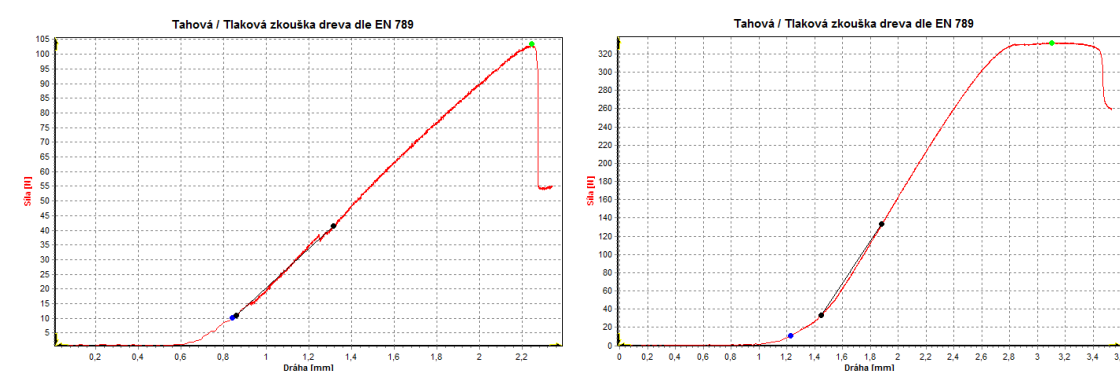
Z výsledků je patrné, že největší vliv na ohybové momenty má typ adheziva, nejlepší výsledky vykazovalo PVAc lepidlo. Výsledky PUR a kyanoakrylátového lepidla jsou v porovnání spolu nevýznamné, oproti PVAc lepidlu je ale výsledek výrazně nižší. Z výsledků je patrné, že nejhorším testovaným spojem je spoj bez použití lepidla, a tedy faktor lepidla je statisticky významný (Kilic et al., 2009).

Zajímavým faktem výzkumu autorů Kilic et al. je opačný výsledek hodnot typu namáhání. Dle výzkumu je tento vliv významný především u spojů lepených pomocí PVAc kdy jsou hodnoty ohybových momentů pro tah 55,71 Nm a pro tlak 160,55 Nm, tedy opačné než v předkládané práci. Pro spoje bez adheziva s ní ale již výsledek koresponduje, jelikož pro tlak je ohybový moment roven 18,45 Nm, pro tah 14,06 Nm (Kilic et al., 2009).

Je nutné podotknout, že všechny testované rybinové spojky nebyly spojkami Hoffmannovými – lišily se v použitém materiálu (PVC) a v rozměrech. Společným znakem zmíněných prací na téma rybinového spoje zhodnocení působení adheziva na statistickou významnost pevnosti spoje.

²⁴ Vysvětlivky k tab. 7: WA – bez lepidla, PU – polyuretanové lepidlo, PVAC – polyvinylacetátové lepidlo, CA – kyanoakrylátové lepidlo

Zajímavým zjištěním byla elastická tuhost u spojek dřevěných s orientací napříč vláken. Tyto spojky se používají jako zátky spojek plastových, ale nemají žádné pevnostní vlastnosti.



Graf 14: Grafický výstup z UTS 50 pro dřevěnou spojku nelepenou a lepenou

Počet zkoumaných těles s dřevěnými spojkami napříč vláken není vysoký, ale byl použit na dokreslení nemožnosti použití spojek s touto orientací vláken. Výslednou elastickou tuhost zvýšil především faktor lepení, a to téměř trojnásobně. Přesto tyto spojky nejsou vhodné pro zatížení v konstrukci. Z naměřených hodnot je zároveň vidět malé ovlivnění typu namáhání způsobené křehkostí spojek, které bylo velmi obtížné již jen spolu s tělesem sestavit.

Tabulka 8: Výsledky elastické tuhosti pro dřevěné spojky napříč vláken

typ namáhání	typ spojky	lepení	odklon ročních kruhů	hustota v g/cm ³	maximální moment v Nm	maximální změna úhlu v °	tuhost na mezi pevnosti v	změna momentu v Nm	změna úhlu v °	elastická tuhost v Nm/rad
TAH	D	L	M-90	0,707	28,47	1,43	1140	8,57	0,35	1384
TAH	D	L	M-90	0,67	25,82	1,39	1062	7,77	0,33	1370
TAH	D	N	45-90	0,711	8,09	1,04	447	2,37	0,33	409
TAH	D	N	M-45	0,684	11,36	1,15	567	3,39	0,34	571
TLAK	D	L	90-90	0,591	48,46	2,98	931	14,55	0,62	1354
TLAK	D	L	M-90	0,643	77,78	4,09	1090	23,31	0,91	1462
TLAK	D	N	M-M	0,752	8,56	1,03	474	2,52	0,32	447
TLAK	D	N	45-90	0,649	5,91	1,21	280	1,57	0,33	272

7 Závěr

Cílem práce bylo posouzení vlivu materiálu spojky ve vztahu k dalším faktorům – typu namáhání, použití lepidla a úhlu letokruhů na elastickou tuhost rohového nábytkového spoje.

Rohové spoje byly spojeny pomocí Hoffmannovy spojky z plastu, která je běžně k dostání, a spojky dřevěné, která byla vyrobena na Fakultě lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity. Při měření byla část těles fixována pouze spojkou samotnou, druhá část byla spojena spojkou s pomocí lepidla. Jednalo se o disperzní polyvinylacetátové lepidlo.

Připravená tělesa byla během zkoušky podrobena tahovému a tlakovému namáhání v úhlové rovině. Během zkoušky se zároveň vzorky zařazovaly do tří skupin podle úhlu letokruhů na čelních stranách těles.

Po naměření všech dat došlo k jejich zpracování a zjištění vlivu vybraných faktorů na elastickou tuhost spoje.

Největší vliv na elastickou tuhost prokázal faktor lepení. Jeho vliv elastickou tuhost zpětínásobil. Byly zde největší rozdíly mezi naměřenými hodnotami a statisticky velmi významný vliv. Statisticky velmi významné byly také další faktory. Druhým nejvýznamnějším byl vliv typu namáhání, tedy tlakové či tahové zatížení. Z jednofaktorových analýz byl velmi významný též faktor typu spojky. Naopak statisticky nevýznamný vliv měl odklon letokruhů.

Kombinací faktoru lepidla a typu spojky se podařilo u spojů lepených PVAc lepidlem dokázat statisticky nevýznamný vliv této kombinace.

Poznatky z výsledků této práce je možné přenést do praktického využití. Výzkum dovedl objasnit problematiku rybinového spoje a porovnal elastickou tuhost při použití rozdílného materiálu spojky. Do praxe lze využít informaci o tom, že při vzájemném působení typu spojky a faktoru lepení může být dřevěná spojka dostatečným substitutem pro spojkou plastovou. Nicméně stále zůstává upozaděná vzhledem k složité a náročné výrobě.

Dřevěná spojka by byla vhodným substitutem pro nahrazení spojky plastové, bylo by však nutné optimalizovat její výrobu pro hromadnou produkci.

8 Použitá literatura

ALTON, Suat, BURDURLU, Erol, KILIÇ, Murat. “Adhesives for miter joints.” Effect of adhesive type on the bending moment capacity of miter frame corner joints. *BioResources* 5 (3): 2010: s. 1473–1483.

BARCÍK, Štefan, KVIETKOVÁ, Monika, BOMBA, Jan, SIKLIENKA, Mikuláš. *Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování*. 1. vydání. Praha: Powerprint, 2013. 355 s. ISBN 978-80-87415-80-1

DALVAND, Mosayeb, GHANBAR, Ebrahimi, HAFTKHANI, Akbar Rostampour, MALEKI, Sadegh. Analysis of factors affecting diagonal tension and compression capacity of corner joints in furniture frames fabricated with dovetail key. *Journal of Forestry Research* 24 (1): 2013: 155–168.

FROLEC, Václav, VAŘEKA, Josef. *Lidová architektura. Encyklopedie*. Praha: SNTL a ALFA, 1983. 360 s.

GERNER, Manfred. *Tesařské spoje*. Praha: Grada, 2003. 220 s. ISBN 978-80-247-0076-2.

HLAVÁČEK, Lukáš. Hodnocení historických konstrukčních spojů během vývoje úložného nábytku jejich využití a optimalizace v současných podmínkách. Praha, 2017. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

JOSTEN, Elmar, REICHE, Thomas, WITTCHEN, Bernd. *Truhlářské konstrukce: spoje, povrchové úpravy dřeva, konstrukce*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. 286 s. ISBN 978-80-247-2960-2.

JOŠČÁK, Pavol. *Pevnostné navrhovanie nábytku*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1999, 246 s. ISBN 80-228-0921-7.

JOŠČÁK, Pavol, GAFF, Milan, LANGOVÁ, Naděžda. *Nábytkové konstrukčné spoje*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2011, 163 s. ISBN 978-80-228-2255-8.

JOŠČÁK, Pavol, KOLLÁR, Peter. Strength characteristics of Hoffmann-Schwalbe corner joints of window sash. *Forestry and Wood Technology* 61, 2007: s. 291–295.

KILIÇ, Murat, BURDURLU, Erol, ALTON, Suat, BERKER, Umut Özgür. The bending moment capacities of mitre frame corner joints with dovetail fittings. *Wood research* 54 (3): 2009: 79–88.

KOUŘIL, Jan, BUBEN, František. *Truhlářství: tradice z pohledu dneška*. 1. vydání. Praha: Grada, 2003. Stavitel. 250 s. ISBN 80-247-9056-4.

KŘUPALOVÁ, Zdeňka. *Technologie pro 1. ročník SOU oborů zpracování dřeva*. Praha: Sobotáles, 2000. 162 s. ISBN 80-85920-74-3.

KŘUPALOVÁ, Zdeňka. *Nauka o materiálech: pro 1. a 2. ročník SOU učebního oboru truhlář. 3., upr. vyd.* Praha: Sobotáles, 2008, 253 s. ISBN 978-80-86817-25-5.

LOSOS, Ludvík. *Historický nábytek: konstrukce, údržba, restaurování.* Praha: Grada, 2013, 266 s. ISBN 978-80-247-3546-7.

MAREŠ, Jaroslav. *Konstrukce stavebního truhlářství pro 4. ročník SPŠ dřevařských.* 1. vydání. Praha: SNTL, 1982. 102 s.

NUTSCH, Wolfgang. *Konstrukce nábytku: nábytek a zabudované skříně.* Praha: Grada, 2003, 398 s. ISBN 80-247-0220-7.

NUTSCH, Wolfgang. *Konstrukce v interiéru: vnitřní dveře, dřevěná obložení, vestavěné skříně.* 1. vydání. Praha: Grada, 2006. 448 s. ISBN 80-247-1276-8.

PODLENA, Milan; BORŮVKA, Vlastimil. Stiffness Coefficients of Mortise and Tenon Joints used on Wooden Window Profiles. *BioResources* [online]. 2016, vol. 11, no. 2 [cit. 2018-03-15] Dostupné z WWW: http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_11_2_4677_Podlena_Stiffness_Coefficients_Mortise_Tenon

STRÁNSKÝ, Antonín, KORBAŘ, Tomáš, (ed). *Technický naučný slovník, díl II. G–L.* Praha: SNTL, 1962. 672 s.: s. 90 (heslo Hmoždík).

ŠULC, Jakub. *Experimentální testování nábytkových spojů z listnatého dřeva.* Praha, 2017. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.

TEYSSLER, Vladimír, KOTYŠKA, Václav. *Technický slovník naučný: ilustrovaná encyklopedie věd technických, díl V.* Praha: Borský a Šulc, 1930. 1088 s.: s. 146–147 (heslo Hmoždík).

VINTER, Jan, HAVRÁNEK, Karel. *Truhlářství.* Praha: SNTL, 1979. 256 s.

ZEIDLER, Aleš. *Lexikon dřeva* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2012 [cit. 2017-09-16] Dostupné z WWW: http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_dreva/lexikon_dreva.pdf

Internetové zdroje:

Analýza rozptylu. ANOVA. [online]. [cit. 2018-03-21]. Dostupné z WWW: <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/ANOVA.htm>

Assembly Guide for Wood and Metal Frames [online]. [cit. 2018-01-11]. Dostupné z WWW: <https://www.framesandstretchers.com/pages/assembly-guide-for-wood-frames>

Epimex. [online]. [cit. 2017-11-29]. Dostupné z WWW: <http://www.eshop.epimex.sk/W1-30-mm-Rybiny-HOFFMANN-plast-bez-hlavicky-d21.htm>

Hmoždík. Truhlářství postaru. [online]. [cit. 2018-03-21]. Dostupné z WWW: <https://www.truhlarstvi-postaru.cz/index.php/hmozdik>

Hoffmann Dovetail Joining Systém. 1-2-3-Done! 2018, 28 s. [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z WWW: <https://hoffmann-usa.com/content/PDF%20Files/2018%20Catalog/Hoffmann%20Dovetail%20Joining%20System%20Catalog.pdf>

Hoffmann systémy spájania drevených výrobkov – rybiny. [online]. [cit. 2018-04-14]. Dostupné z WWW: http://www.eshop-rychlo.sk/eshop-epimex-sk/Hoffmann-syst-spajania-rybiny-c2_0_1.htm

Hoffmann – UK. [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z WWW: <http://www.hoffmann-uk.com/index2.htm>

Hoffmann X18 Manual Dovetail Routing Machine. [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z WWW: <https://hoffmann-usa.com/hoffmann-x18-manual-dovetail-routing-machine/>

HULINSKÝ, Pavel, BITTMANN, Roman. *Učební text pro obor Truhlář, 1. ročník*. 2009. [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z WWW: <https://publi.cz/books/163/10.html>

NOE, Rain. *The Hoffman Dovetail Key: A Little Bowtie That Can Revolutionize Your Production Time*. 2014. [online]. [cit. 2017-12-11]. Dostupné z WWW: <http://www.core77.com/posts/26706/the-hoffman-dovetail-key-a-little-bowtie-that-can-revolutionize-your-production-time-26706>

Ozuby (cinky, rybina). Truhlářský portál. 2011. [online]. [cit. 2017-12-19]. Dostupné z WWW: <http://www.truhlarskyportal.cz/clanky/8427-ozuby-cinky-rybina>

Picture framing. 2018, 20 s. [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z WWW: <https://hoffmann-usa.com/content/PDF%20Files/2018%20Catalog/Hoffmann%20Picture%20Framing%20Catalog.pdf>

Rybinová fréza. [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z WWW: <https://www.pilanamarket.cz/rybinova-freza-sk-9-5x43-0-7-3-19-d-6mm-hoffman-w3/>

Trade Shows. [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z WWW: <https://hoffmann-usa.com/trade-shows/>

VINTER, Bohuslav. Spojovací prostředky. s.d. [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z WWW: <http://slideplayer.cz/slide/3343118/>

W-0 dovetail keys. 2018. [online]. [cit. 2018-04-13]. Dostupné z WWW: <https://hoffmann-usa.com/w9003500-dovetail-keys-size-w0-1-3-8/>

Your Partner in Wood Processing. [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z WWW: <http://www.hoffmann-schwalbe.com/index.php/en/company/about-us>

Zpracování ABS plastu. Plexiplast. [online]. [cit. 2018-04-16]. Dostupné z WWW: <http://www.plexiplast.cz/abs.html>

Příslušné normy:

ČSN 49 0108. Drevo. Zisťovanie vlhkosti pri fyzikálnych a mechanických skúškach.

Praha: Český normalizační institut, 1979.

ČSN 49 0103. Drevo. Zisťovanie hustoty. Praha: Český normalizační institut, 1993.

ČSN 91 0100. Nábytek – Bezpečnostní požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2006.

ČSN EN 942 Dřevo na truhlářské výrobky - Všeobecné požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2007.

Seznam příloh:

Příloha 1: Vstupní hodnoty z přístroje UTS 50	87
Příloha 2: Vyhodnocení elastické tuhosti dle vstupních dat	89
Příloha 3: Model zkušebního tělesa pro zkoušení pevnosti	91
Příloha 4: Rybinová fréza (L - délka nástroje, l - délka pracovní části nástroje, D - průměr frézy)(www.pilanamarket.cz).....	92
Příloha 5: Výkres zkušebního tělesa	93
Příloha 6: Technický list lepidla Rakoll Express PVAc s voděodolností D3	94

9 Přílohy

Příloha 1: Vstupní hodnoty z přístroje UTS 50

Typ namáhání	Typ spojky	Lepení	Odklon letokruhů	Hmotnost (g)	FH[N]	dLH[mm]	Fx_1[N]	Fx_2[N]	Sx1[mm]	Sx2[mm]
Tah	Plastová	Ne	90-90	162,23	205	5,46	20,80	82,00	0,17	1,02
Tah	Plastová	Ne	M-90	201,79	326	8,59	33,05	130,40	0,64	2,28
Tah	Plastová	Ne	90-90	186,73	239	5,15	23,90	95,65	0,27	1,06
Tah	Plastová	Ne	45-90	158,23	266	8,87	27,05	106,75	0,23	1,58
Tah	Plastová	Ne	45-45	203,06	348	14,98	35,00	139,20	0,26	1,53
Tah	Plastová	Ne	M-90	193,42	279	5,82	28,20	112,15	0,29	1,06
Tah	Plastová	Ne	90-90	157,74	284	8,93	28,50	113,60	0,36	1,48
Tah	Plastová	Ne	90-90	175,82	253	7,83	25,35	101,65	0,22	1,08
Tah	Plastová	Ne	M-M	180,22	253	5,61	25,35	101,35	0,19	0,98
Tah	Plastová	Ne	M-90	197,33	265	5,76	27,05	105,90	0,24	0,95
Tah	Plastová	Ne	M-90	182,23	224	4,70	22,50	89,95	0,18	1,00
Tah	Plastová	Ne	45-90	183,21	271	7,51	27,30	108,75	0,22	1,37
Tah	Plastová	Ne	M-M	152,88	236	6,38	23,90	94,75	0,18	0,96
Tah	Plastová	Ne	M-M	179,50	261	5,64	26,15	104,75	0,21	1,09
Tlak	Plastová	Ne	45-90	200,80	249	21,49	25,05	99,90	0,26	1,42
Tlak	Plastová	Ne	90-90	187,82	235	12,27	23,65	94,25	0,25	1,48
Tlak	Plastová	Ne	90-90	175,69	213	12,37	21,60	85,40	0,21	1,50
Tlak	Plastová	Ne	90-90	178,37	228	12,01	23,05	91,10	0,19	1,32
Tlak	Plastová	Ne	M-90	156,93	211	11,59	21,35	84,80	0,24	1,77
Tlak	Plastová	Ne	M-90	172,08	231	18,28	23,35	92,25	0,19	1,39
Tlak	Plastová	Ne	M-M	183,62	235	15,44	23,65	94,25	0,33	1,68
Tlak	Plastová	Ne	90-90	167,86	216	17,04	21,90	86,55	0,22	1,44
Tlak	Plastová	Ne	M-90	200,28	271	23,48	27,60	108,45	0,36	1,74
Tlak	Plastová	Ne	45-90	157,99	216	13,43	21,65	86,55	0,22	1,47
Tlak	Plastová	Ne	M-90	177,69	210	10,09	21,05	84,25	0,17	1,29
Tlak	Plastová	Ne	M-90	186,54	237	30,74	24,20	94,80	0,26	1,70
Tlak	Plastová	Ne	M-90	199,26	292	26,62	29,30	117,00	0,38	1,85
Tlak	Plastová	Ne	M-M	207,28	277	24,75	27,90	111,30	0,35	1,58
Tlak	Plastová	Ne	M-90	148,40	180	9,65	18,25	72,30	0,21	1,67
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	170,11	242	10,73	24,50	97,10	0,63	2,74
Tah	Dřevěná	Ne	90-90	171,49	244	6,56	24,50	97,65	0,24	1,66
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	209,60	303	10,00	30,75	121,30	0,60	3,05
Tah	Dřevěná	Ne	M-M	159,97	221	6,70	22,20	88,55	0,16	1,54
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	175,60	266	10,17	26,80	106,75	0,73	3,28
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	204,34	272	12,37	27,35	108,75	0,17	2,15
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	169,72	261	9,06	26,45	104,75	0,45	2,50
Tah	Dřevěná	Ne	M-M	179,57	311	10,45	31,35	124,70	0,60	2,91
Tah	Dřevěná	Ne	90-90	164,51	257	8,69	25,65	102,80	0,53	2,38
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	178,44	323	9,95	32,75	129,25	0,45	2,55
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	176,86	252	7,97	25,35	101,35	0,53	2,75
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	181,18	236	17,20	23,65	94,50	0,49	2,78
Tah	Dřevěná	Ne	90-90	179,61	259	7,20	26,15	103,90	0,23	2,35
Tah	Dřevěná	Ne	M-90	184,01	227	7,51	23,10	91,10	0,59	2,77
Tah	Dřevěná	Ne	M-45	158,54	316	10,51	31,60	126,40	0,86	3,89
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	177,42	232	8,06	23,30	92,80	0,37	1,60
Tlak	Dřevěná	Ne	90-90	172,69	260	9,81	26,15	103,90	0,60	2,37
Tlak	Dřevěná	Ne	M-45	162,01	262	8,71	26,45	105,05	0,59	2,01
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	205,51	327	9,39	32,75	130,95	0,53	2,39
Tlak	Dřevěná	Ne	45-90	201,30	312	8,96	31,30	124,95	0,80	2,28
Tlak	Dřevěná	Ne	45-45	179,18	316	11,67	31,60	126,40	0,72	2,85
Tlak	Dřevěná	Ne	90-90	165,33	208	10,04	21,05	83,40	0,67	3,16
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	203,12	286	16,64	28,75	114,45	0,36	2,27
Tlak	Dřevěná	Ne	45-90	187,98	250	6,62	25,30	99,90	0,39	1,71
Tlak	Dřevěná	Ne	M-45	183,22	237	8,73	23,90	95,05	0,27	1,65
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	194,45	255	9,45	25,60	101,90	0,27	1,57
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	155,89	208	7,93	20,80	83,15	0,34	1,66
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	178,98	295	11,81	29,60	118,15	0,56	2,68
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	180,85	330	11,68	33,30	132,90	0,43	1,83

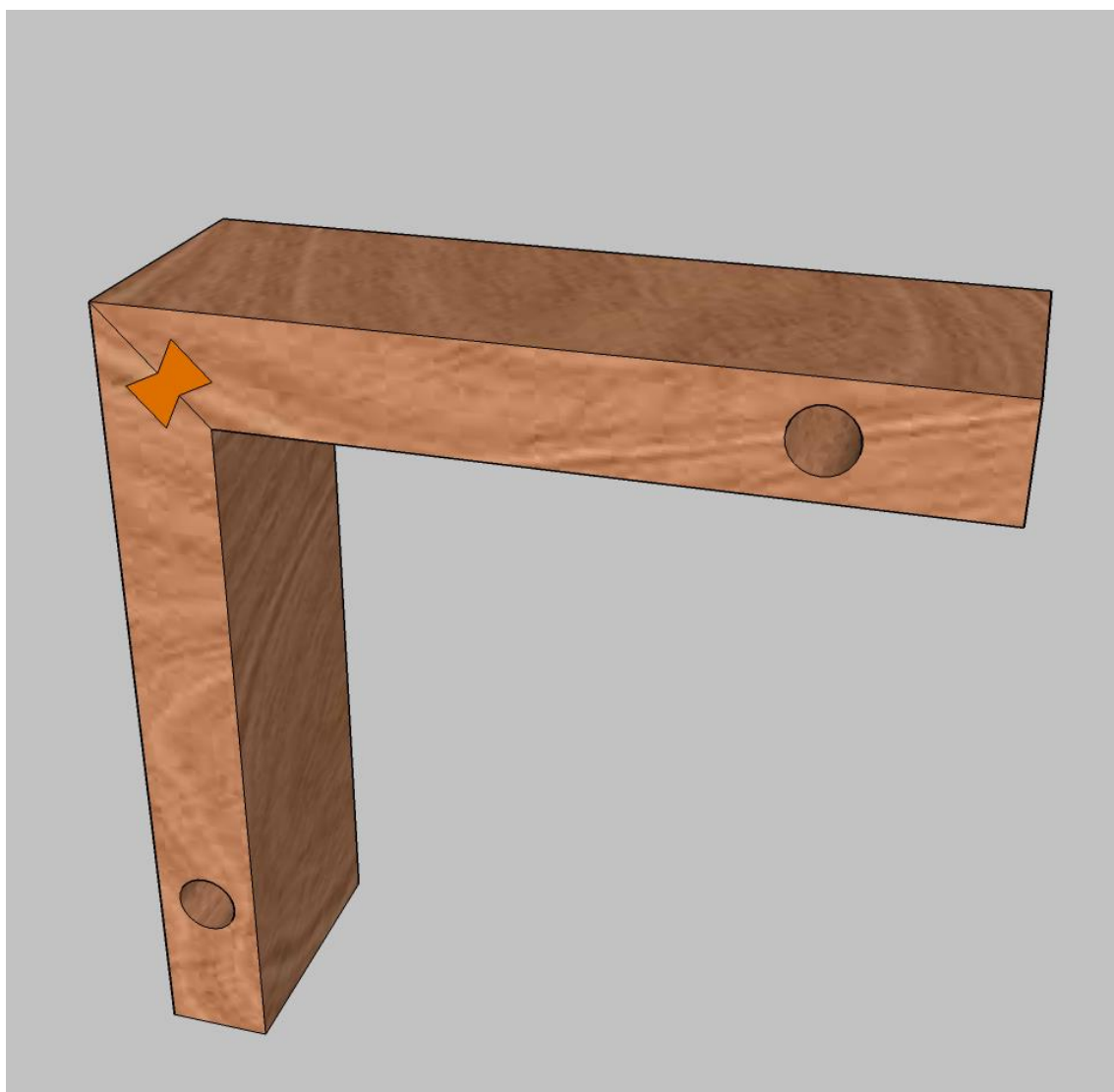
Tah	Plastová	Ano	M-45	189,11	635	2,37	63,45	253,90	0,38	0,99
Tah	Plastová	Ano	M-90	199,37	575	4,18	58,05	230,85	0,23	0,74
Tah	Plastová	Ano	M-M	196,68	617	1,99	62,35	247,95	0,26	0,78
Tah	Plastová	Ano	90-90	180,46	604	2,85	60,65	242,25	0,34	0,96
Tah	Plastová	Ano	M-M	158,52	539	2,48	54,10	216,10	0,28	0,94
Tah	Plastová	Ano	90-90	169,61	570	2,64	57,20	228,30	0,26	0,96
Tah	Plastová	Ano	M-45	182,72	606	2,49	60,95	242,85	0,34	1,00
Tah	Plastová	Ano	M-M	197,41	620	2,13	62,35	248,50	0,28	0,82
Tah	Plastová	Ano	M-M	165,03	511	2,35	51,25	204,70	0,31	0,90
Tah	Plastová	Ano	M-45	189,05	587	2,14	59,25	235,15	0,27	0,82
Tah	Plastová	Ano	45-90	193,19	648	2,50	64,90	260,15	0,42	1,01
Tah	Plastová	Ano	45-90	205,77	719	2,93	72,30	288,05	0,30	1,08
Tah	Plastová	Ano	M-M	174,49	601	2,76	61,50	241,40	0,37	1,08
Tah	Plastová	Ano	M-90	160,52	541	3,31	54,65	217,20	0,29	1,00
Tah	Plastová	Ano	M-90	199,69	500	1,87	50,10	200,10	0,20	0,67
Tlak	Plastová	Ano	M-90	156,85	1080	5,61	108,75	432,40	0,44	1,54
Tlak	Plastová	Ano	M-90	191,38	1352	5,84	136,35	541,40	0,67	1,86
Tlak	Plastová	Ano	M-90	194,69	1071	5,21	107,90	428,70	0,45	1,29
Tlak	Plastová	Ano	45-90	194,13	1360	7,76	136,05	544,80	0,72	1,94
Tlak	Plastová	Ano	M-M	160,65	859	4,51	87,10	344,15	0,46	1,37
Tlak	Plastová	Ano	M-M	182,44	1094	4,58	110,20	437,85	0,35	1,32
Tlak	Plastová	Ano	45-90	177,72	1392	6,16	139,20	557,05	0,50	1,78
Tlak	Plastová	Ano	M-90	180,31	1243	5,11	124,40	497,85	0,49	1,60
Tlak	Plastová	Ano	M-90	176,30	887	3,30	88,80	355,50	0,40	1,20
Tlak	Plastová	Ano	45-90	174,45	1223	5,01	123,25	489,25	0,44	1,44
Tlak	Plastová	Ano	M-M	174,12	1098	4,91	110,15	439,20	0,42	1,36
Tlak	Plastová	Ano	90-90	191,65	1241	5,20	124,95	497,85	0,55	1,63
Tlak	Plastová	Ano	90-90	161,43	1065	6,80	107,30	426,15	0,49	1,64
Tlak	Plastová	Ano	M-90	181,95	1494	7,36	149,45	598,00	0,60	1,85
Tlak	Plastová	Ano	45-90	180,62	1346	6,34	134,65	539,10	0,49	1,62
Tah	Dřevěná	Ano	M-90	157,17	592	2,72	59,25	236,85	0,33	0,99
Tah	Dřevěná	Ano	M-45	210,13	635	2,42	64,30	255,05	0,48	1,13
Tah	Dřevěná	Ano	M-45	209,78	543	2,10	54,35	217,20	0,53	1,06
Tah	Dřevěná	Ano	90-90	194,12	503	2,08	50,95	201,85	0,21	0,73
Tah	Dřevěná	Ano	M-M	159,58	533	2,27	53,55	214,10	0,30	0,91
Tah	Dřevěná	Ano	90-90	160,79	511	2,42	51,55	204,95	0,22	0,85
Tah	Dřevěná	Ano	90-90	179,22	557	3,95	55,80	222,60	0,90	1,97
Tah	Dřevěná	Ano	45-90	202,34	713	2,49	71,45	285,55	0,31	0,96
Tah	Dřevěná	Ano	M-90	168,23	548	2,75	55,20	219,75	0,26	0,91
Tah	Dřevěná	Ano	M-90	195,99	439	5,54	44,10	175,90	0,17	0,67
Tah	Dřevěná	Ano	M-90	182,35	619	2,31	62,10	248,25	0,30	0,87
Tah	Dřevěná	Ano	45-45	205,13	575	2,52	57,55	230,30	0,64	1,13
Tah	Dřevěná	Ano	45-90	165,91	557	2,76	55,80	223,20	0,32	1,02
Tah	Dřevěná	Ano	M-90	181,33	666	3,04	67,20	267,60	0,37	1,14
Tah	Dřevěná	Ano	90-90	155,40	543	2,44	54,65	217,50	0,24	0,83
Tlak	Dřevěná	Ano	45-90	164,01	1489	9,52	150,30	595,75	0,50	1,90
Tlak	Dřevěná	Ano	M-45	156,56	1462	11,89	146,60	585,80	0,87	2,44
Tlak	Dřevěná	Ano	45-90	188,40	597	2,69	60,05	239,40	0,51	1,17
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	201,01	1873	9,02	188,45	749,45	0,68	2,26
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	167,08	1508	12,58	150,85	603,45	0,69	2,27
Tlak	Dřevěná	Ano	45-90	200,23	1590	7,10	159,10	637,00	0,55	1,82
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	157,35	1503	9,76	150,85	602,00	0,79	2,24
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	186,35	952	4,33	95,60	381,45	0,44	1,34
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	186,41	1447	8,18	144,85	579,50	1,03	2,36
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	186,67	1512	7,52	151,75	605,45	0,71	1,99
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	182,92	1183	5,93	118,40	474,20	0,48	1,50
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	175,30	1296	7,57	130,40	518,65	0,57	1,84
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	183,61	849	3,86	85,65	340,15	0,36	1,26
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	200,18	886	2,62	89,65	355,25	0,32	1,00
Tlak	Dřevěná	Ano	45-90	158,89	1126	6,76	113,30	451,15	0,50	1,58

Příloha 2: Vyhodnocení elastické tuhosti dle vstupních dat

Typ namáhání	Typ spojky	Lepení	Odklon letokruhů	Hustota v g/cm3	Maximální moment v Nm	Maximální změna úhlu v °	Tuhost na mezi pevnosti v Nm/rad	Změna momentu v Nm	Změna úhlu v °	Elastická tuhost v Nm/rad
Tlak	Dřevěná	Ano	45-90	0,605	115,82	6,81	974	34,65	1,02	1940
Tlak	Dřevěná	Ano	M-45	0,578	113,72	8,45	771	34,16	1,14	1710
Tlak	Dřevěná	Ano	45-90	0,695	46,44	1,96	1354	13,95	0,48	1653
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	0,742	145,69	6,47	1291	43,64	1,15	2168
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	0,617	117,29	8,93	753	35,20	1,15	1749
Tlak	Dřevěná	Ano	45-90	0,739	123,67	5,12	1385	37,17	0,93	2294
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	0,581	116,91	6,98	959	35,09	1,06	1901
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	0,688	74,05	3,15	1348	22,23	0,66	1932
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	0,688	112,55	5,88	1097	33,81	0,97	1998
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	0,689	117,61	5,41	1245	35,29	0,93	2163
Tlak	Dřevěná	Ano	M-90	0,675	92,02	4,29	1229	27,67	0,75	2124
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	0,647	100,81	5,45	1060	30,20	0,93	1864
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	0,678	66,04	2,81	1347	19,80	0,66	1720
Tlak	Dřevěná	Ano	90-90	0,739	68,91	1,91	2063	20,66	0,50	2373
Tlak	Dřevěná	Ano	45-90	0,586	87,58	4,88	1029	26,28	0,79	1905
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	0,655	18,05	5,79	178	5,41	0,90	344
Tlak	Dřevěná	Ne	90-90	0,637	20,22	7,02	165	6,05	1,29	268
Tlak	Dřevěná	Ne	M-45	0,598	20,38	6,25	187	6,11	1,04	338
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	0,758	25,43	6,72	217	7,64	1,36	322
Tlak	Dřevěná	Ne	45-90	0,743	24,27	6,42	216	7,28	1,08	387
Tlak	Dřevěná	Ne	45-45	0,661	24,58	8,30	170	7,37	1,55	272
Tlak	Dřevěná	Ne	90-90	0,610	16,18	7,18	129	4,85	1,81	153
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	0,750	22,25	11,68	109	6,67	1,40	274
Tlak	Dřevěná	Ne	45-90	0,694	19,45	4,78	233	5,80	0,97	344
Tlak	Dřevěná	Ne	M-45	0,676	18,43	6,26	169	5,53	1,01	314
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	0,718	19,83	6,77	168	5,93	0,95	357
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	0,575	16,18	5,70	163	4,85	0,97	288
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	0,661	22,95	8,40	157	6,89	1,55	255
Tlak	Dřevěná	Ne	M-90	0,667	25,67	8,31	177	7,75	1,02	434
Tlak	Dřevěná	Ne	M-M	0,671			174			311
Tlak	Plastová	Ano	M-90	0,579	84,00	4,06	1185	25,17	0,81	1791
Tlak	Plastová	Ano	M-90	0,706	105,16	4,22	1426	31,51	0,87	2076
Tlak	Plastová	Ano	M-90	0,718	83,30	3,78	1264	24,95	0,62	2323
Tlak	Plastová	Ano	45-90	0,716	105,78	5,58	1086	31,79	0,89	2044
Tlak	Plastová	Ano	M-M	0,593	66,81	3,28	1169	19,99	0,67	1719
Tlak	Plastová	Ano	M-M	0,673	85,09	3,33	1466	25,49	0,71	2054
Tlak	Plastová	Ano	45-90	0,656	108,27	4,45	1393	32,50	0,94	1989
Tlak	Plastová	Ano	M-90	0,665	96,68	3,70	1495	29,05	0,81	2049
Tlak	Plastová	Ano	M-90	0,651	68,99	2,41	1643	20,74	0,59	2027
Tlak	Plastová	Ano	45-90	0,644	95,13	3,63	1500	28,47	0,73	2228
Tlak	Plastová	Ano	M-M	0,643	85,40	3,56	1374	25,59	0,69	2130
Tlak	Plastová	Ano	90-90	0,707	96,53	3,77	1467	29,00	0,79	2103
Tlak	Plastová	Ano	90-90	0,596	82,84	4,91	968	24,80	0,84	1689
Tlak	Plastová	Ano	M-90	0,671	116,21	5,30	1256	34,89	0,91	2188
Tlak	Plastová	Ano	45-90	0,667	104,69	4,58	1310	31,46	0,83	2180
Tlak	Plastová	Ne	45-90	0,741	19,37	14,90	74	5,82	0,85	392
Tlak	Plastová	Ne	90-90	0,693	18,28	8,72	120	5,49	0,90	349
Tlak	Plastová	Ne	90-90	0,648	16,57	8,78	108	4,96	0,95	301
Tlak	Plastová	Ne	90-90	0,658	17,73	8,54	119	5,29	0,83	366
Tlak	Plastová	Ne	M-90	0,579	16,41	8,25	114	4,94	1,12	253
Tlak	Plastová	Ne	M-90	0,635	17,97	12,78	81	5,36	0,88	349
Tlak	Plastová	Ne	M-M	0,678	18,28	10,87	96	5,49	0,99	318
Tlak	Plastová	Ne	90-90	0,619	16,80	11,95	81	5,03	0,89	322
Tlak	Plastová	Ne	M-90	0,739	21,08	16,21	75	6,29	1,01	357
Tlak	Plastová	Ne	45-90	0,583	16,80	9,51	101	5,05	0,92	316
Tlak	Plastová	Ne	M-90	0,656	16,33	7,21	130	4,92	0,82	343
Tlak	Plastová	Ne	M-90	0,688	18,43	20,86	51	5,49	1,05	298
Tlak	Plastová	Ne	M-90	0,735	22,71	18,24	71	6,82	1,08	364
Tlak	Plastová	Ne	M-M	0,765	21,55	17,03	72	6,49	0,90	413
Tlak	Plastová	Ne	M-90	0,548	14,00	6,90	116	4,20	1,07	225

tah	Dřevěná	Ano	M-90	0,580	46,05	2,02	1305	13,81	0,49	1621
tah	Dřevěná	Ano	M-45	0,775	49,39	1,80	1575	14,84	0,48	1766
tah	Dřevěná	Ano	M-45	0,774	42,24	1,56	1554	12,67	0,39	1849
tah	Dřevěná	Ano	90-90	0,716	39,12	1,54	1453	11,74	0,38	1750
tah	Dřevěná	Ano	M-M	0,589	41,46	1,68	1410	12,49	0,45	1586
tah	Dřevěná	Ano	90-90	0,593	39,75	1,80	1267	11,93	0,47	1468
tah	Dřevěná	Ano	90-90	0,661	43,32	2,95	842	12,97	0,80	934
tah	Dřevěná	Ano	45-90	0,747	55,46	1,85	1718	16,65	0,48	1985
tah	Dřevěná	Ano	M-90	0,621	42,62	2,04	1195	12,80	0,48	1526
tah	Dřevěná	Ano	M-90	0,723	34,15	4,16	471	10,25	0,37	1590
tah	Dřevěná	Ano	M-90	0,673	48,15	1,71	1609	14,48	0,42	1968
tah	Dřevěná	Ano	45-45	0,757	44,72	1,87	1369	13,44	0,36	2121
tah	Dřevěná	Ano	45-90	0,612	43,32	2,05	1210	13,02	0,52	1441
tah	Dřevěná	Ano	M-90	0,669	51,80	2,26	1312	15,59	0,57	1567
tah	Dřevěná	Ano	90-90	0,573	42,24	1,81	1336	12,67	0,44	1664
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,628	18,82	8,20	131	5,65	1,57	206
tah	Dřevěná	Ne	90-90	0,633	18,98	4,94	220	5,69	1,05	310
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,774	23,57	7,63	177	7,04	1,83	221
tah	Dřevěná	Ne	M-M	0,590	17,19	5,05	195	5,16	1,02	289
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,648	20,69	7,76	153	6,22	1,90	187
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,754	21,16	9,52	127	6,33	1,47	247
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,626	20,30	6,88	169	6,09	1,52	229
tah	Dřevěná	Ne	M-M	0,663	24,19	7,98	174	7,26	1,72	242
tah	Dřevěná	Ne	90-90	0,607	19,99	6,59	174	6,00	1,38	250
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,659	25,12	7,59	190	7,51	1,56	275
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,653	19,60	6,03	186	5,91	1,65	205
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,669	18,36	13,49	78	5,51	1,71	185
tah	Dřevěná	Ne	90-90	0,663	20,15	5,43	212	6,05	1,57	220
tah	Dřevěná	Ne	M-90	0,679	17,66	5,67	178	5,29	1,62	187
tah	Dřevěná	Ne	M-45	0,585	24,58	8,03	175	7,37	2,27	186
tah	Plastová	Ano	M-45	0,698	49,39	1,76	1608	14,81	0,45	1881
tah	Plastová	Ano	M-90	0,736	44,72	3,12	821	13,44	0,38	2043
tah	Plastová	Ano	M-M	0,726	47,99	1,48	1864	14,44	0,38	2152
tah	Plastová	Ano	90-90	0,666	46,98	2,12	1270	14,13	0,46	1765
tah	Plastová	Ano	M-M	0,585	41,92	1,84	1304	12,60	0,49	1479
tah	Plastová	Ano	90-90	0,626	44,34	1,96	1295	13,31	0,52	1473
tah	Plastová	Ano	M-45	0,674	47,14	1,85	1460	14,15	0,49	1660
tah	Plastová	Ano	M-M	0,729	48,22	1,58	1749	14,48	0,40	2078
tah	Plastová	Ano	M-M	0,609	39,75	1,74	1305	11,94	0,44	1567
tah	Plastová	Ano	M-45	0,698	45,66	1,59	1648	13,68	0,41	1928
tah	Plastová	Ano	45-90	0,713	50,40	1,86	1555	15,19	0,44	1993
tah	Plastová	Ano	45-90	0,759	55,93	2,18	1470	16,78	0,58	1666
tah	Plastová	Ano	M-M	0,644	46,75	2,05	1306	13,99	0,53	1526
tah	Plastová	Ano	M-90	0,592	42,08	2,46	978	12,64	0,53	1379
tah	Plastová	Ano	M-90	0,737	38,89	1,39	1608	11,67	0,35	1925
tah	Plastová	Ne	90-90	0,599	15,95	4,10	223	4,76	0,63	434
tah	Plastová	Ne	M-90	0,745	25,36	6,52	223	7,57	1,22	356
tah	Plastová	Ne	90-90	0,689	18,59	3,86	276	5,58	0,58	547
tah	Plastová	Ne	45-90	0,584	20,69	6,74	176	6,20	1,00	355
tah	Plastová	Ne	45-45	0,749	27,07	11,65	133	8,10	0,94	494
tah	Plastová	Ne	M-90	0,714	21,70	4,37	284	6,53	0,57	657
tah	Plastová	Ne	90-90	0,582	22,09	6,78	187	6,62	0,83	457
tah	Plastová	Ne	90-90	0,649	19,68	5,92	190	5,93	0,64	535
tah	Plastová	Ne	M-M	0,665	19,68	4,21	268	5,91	0,58	580
tah	Plastová	Ne	M-90	0,728	20,61	4,33	273	6,13	0,53	669
tah	Plastová	Ne	M-90	0,673	17,42	3,52	284	5,25	0,61	496
tah	Plastová	Ne	45-90	0,676	21,08	5,67	213	6,34	0,85	426
tah	Plastová	Ne	M-M	0,564	18,36	4,80	219	5,51	0,58	548
tah	Plastová	Ne	M-M	0,662	20,30	4,23	275	6,11	0,65	538
tah	Plastová	Ne	M-M	0,662			230			506

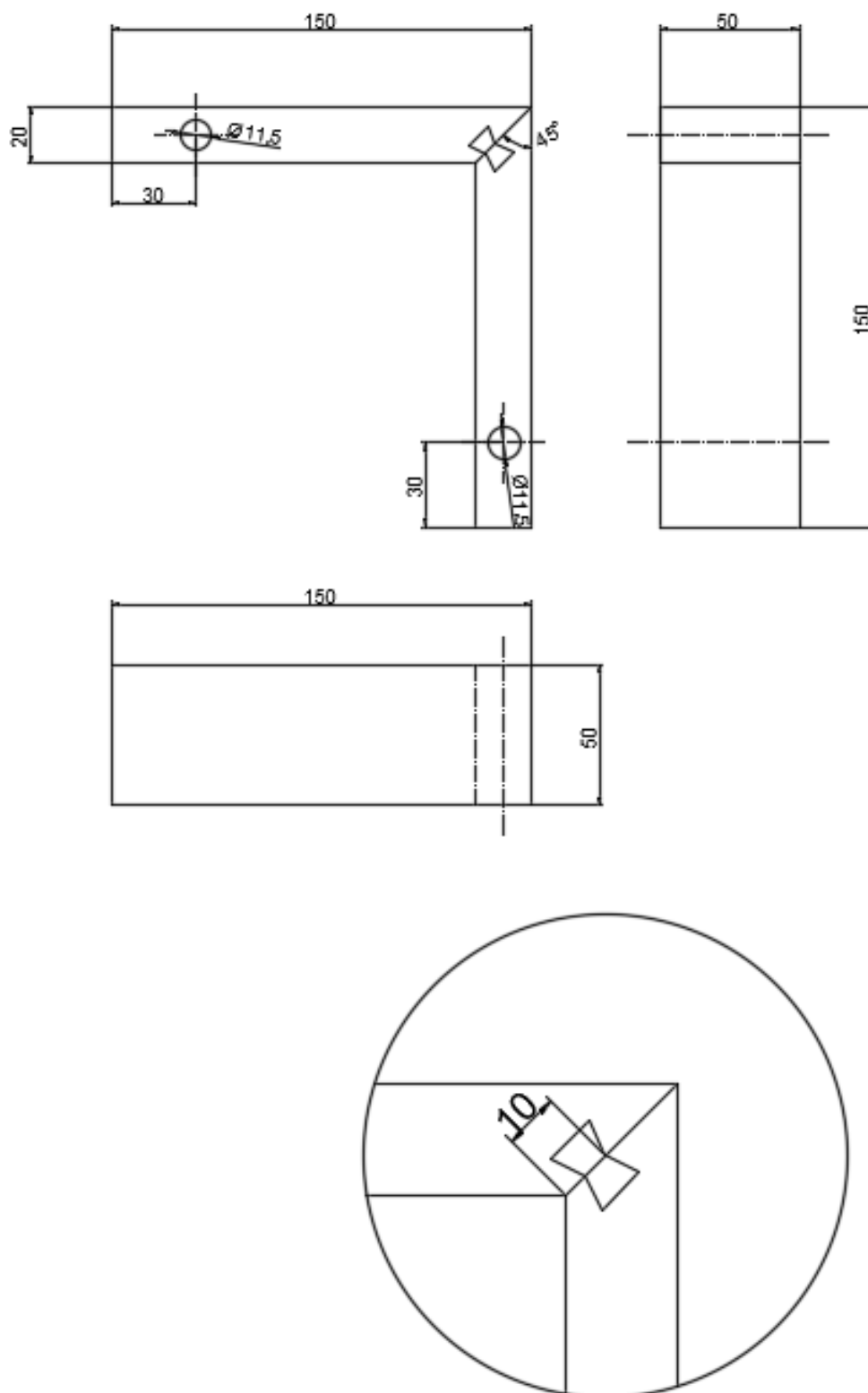
Příloha 3: Model zkušebního tělesa pro zkoušení pevnosti



Příloha 4: Rybinová fréza (L - délka nástroje, l - délka pracovní části nástroje, D - průměr frézy) (www.pilanamarket.cz)



Příloha 5: Výkres zkušebního tělesa



Příloha 6: Technický list lepidla Rakoll Express PVAc s voděodolností D3



Technický list

EXPRESS D 3

PVAc - lepidlo splňující nároky dle DIN EN 204 – D 3**Vlastnosti**

RAKOLL® EEXPRESS D 3 vytvrzuje velmi rychle. Působení teploty umožňuje nejkratší lisovací časy. Vytvrzené spáry se vyznačují dobrou vodoodolností (vytváří se během několika dnů) a vysokou tepelnou odolností.

Použití

- vnitřní prostory s častým výskytem odtékající vody nebo zkondenzované vody / nebo dlouhodobé působení vyšší vzdušné vlhkosti
- lepení spárovky a bloků z měkkého i tvrdého dřeva a dřevotřísky
- korpusové a montážní lepení

Chemicko-technické údaje

Base : PVAc – disperze
 Barva : bílá
 Viskozita : cca 13.000 mPas, Brookf. HBT
 Bílý bod : cca + 5 °C
 pH : cca 3

Čištění

Pracovní nástroje před zaschnutím lepidla vodou.
 Separátor pro lisovací desky a součásti zařízení :
 ACMOS 1124 B a ACMOS 81-400 WE

Skladování

V dobře uzavřených originálních baleních při normální teplotě 6 měsíců. Teplota skladování vyšší jak 25°C zkracuje minimální skladovací dobu. Při delším skladování lepidlo před použitím dobře rozmíchat.

Citlivé na mraz

Nanášecí nástroje a povaha lepidla

Doporučujeme použít nanášecí nástroje z nerezí odolávající kyselinám nebo umělé hmoty (tvrzené PVC, polyethylen, polyester)

Označení

RAKOLL®-EXPRESS D 3 nepodléhá povinnosti označovat dle platných předpisů pro nebezpečné látky.

Pokyny pro zpracování

Otevřený čas a čas vytvrzení jsou silně při práci ovlivněny např.: teplotou, vlhkostí vzduchu, savostí materiálu, naneseným množstvím a pnutím v materiálu

Při požadavku na vysokou vodoodolnost nanášet oboustranně tenkou rovnoměrnou vrstvu.

Dobrych výsledků je dosaženo za následujících předpokladů :

Teplota místnosti a materiálu	18 ... 20 °C
Vlhkost dřeva	8 ... 10 %
Relativní vlhkost vzduchu	60 ... 70 %
Množství nánosu :	
Montážní lepení	160 ... 180 g/m ²
Plošné lepení	80 ... 140 g/m ²

Otevřený čas při 180 g/m² ca 10 min.

Lisovací tlak u dilů bez pnutí 0,1 ... 0,5 N/mm²

Lisovací čas

montážní lepení 8 min ... 15 min
 lepení spárovky 10 min ... 15 min

Příprava dřeva

Dily musí být čisté, bez prachu a mastnoty. Nepřesnosti (tolerance) v sestavení dilů prodlužuje lisovací čas a snižuje pevnost.

Barvení dřeva

S ohledem na rozdílné složení jednotlivých liték ve dřevě, v závislosti na oblasti růstu může dojít v jednotlivých případech k zabarvení spoje, např. u buku, třešni.

Vedle toho může kov ve spojení s kyselinami ve dřevě způsobit barevné změny, zvláště u dubu.

Doporučujeme provést vlastní zkoušky.

Bezpečnostní doporučení

Prosíme dbejte pokynů uvedených v našem Bezpečnostním listu.

Technický stav : květen 2002

Od tohoto data jsou odlišné údaje uvedené v dříve vydaných technických listech neplatné