

Konstrukční návrh pneumatického korpusového lisu

Jan Šmerda

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan Šmerda**
Osobní číslo: **T18221**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Konstrukční návrh pneumatického korpusového lisu**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Proveďte průzkum trhu s ohledem na kladené požadavky.
3. Navrhněte koncepci lisu včetně kontrolních výpočtů.
4. Vypracujte 3D model sestavy.
5. Vypracujte technickou dokumentaci včetně položkového rozpočtu.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

KOUŘIL, Jan a František BUBEN. Truhlářství: tradice z pohledu dneška. Praha: Grada, 2003, 250 s. Stavitel. ISBN 80-247-9056-4.
KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy*. Díl I, Pneumatické prvky a systémy. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-306-0.
VOLEK, František. *Základy konstruování a části strojů* I. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 167 s. ISBN 978-80-7318-654-8.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák, PhD.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
Podpis studenta

ABSTRAKT

Tato práce se věnuje konstrukčnímu návrhu korpusového lisu na základě potřeb zejména malých výrobců nábytku. Konkrétní návrh je přizpůsoben na míru požadavkům jednoho z nich. Klíčové parametry jsou zde především typ pohonu, maximální rozměr nábytkového korpusu, možnost snadného přemístění stroje a nízká pořizovací cena. Použití pneumatického pohonu zde není běžné a práce se tedy zabývá jak samotnými pneumatickými systémy, tak funkčním uzpůsobením daného stroje. Mobilita stroje předpokládá relativně nízkou hmotnost a společně s důrazem na výrobní náklady určuje celkovou koncepci zařízení. Konkrétní provedení má pak za cíl vytvořit funkční a trvanlivý stroj s jednoduchou a praktickou obsluhou. Tato práce se do značné míry zaměřuje i na poznání problematiky práce se dřevem a dřevěnými materiály a výroby daného typu nábytku, což je vhodné z hlediska ucelenosti tématu a funkčnosti navrhovaného stroje. Cílem lze tedy označit nalezení co nejlepšího kompromisu mezi kvalitou, tuhostí konstrukce a výbavou na jedné straně a ovládním a přijatelnou hmotností i pořizovací cenou na straně druhé. Následný návrh pak zahrnuje kontrolní výpočty, výkresovou dokumentaci i finančního zhodnocení.

Klíčová slova: korpusový lis, dřevo, aglomerované materiály, nábytek, konstrukční spoje, rámové konstrukce, pneumatické systémy, konstrukční návrh.

ABSTRACT

This work deals with the design of a corpus press mainly based on the Leeds of small furniture manufacturers. The specific design is tailored to one of them. The key parameters are mainly the type of drive, the maximum size of the furniture body, the possibility of easy relocation of the machine and the low purchase price. The use of a pneumatic system is not common for these types of presses and this work deals with the pneumatic systems themselves and the functional adaptation of the machine. The mobility of the machine presupposes a relatively low weight and, together with the emphasis on production costs, determines the overall concept of the device. The specific design then aims to create a functional and durable machine with simple and practical control. This work also focuses on the knowledge of working with wood and wooden materials and the production of a given type of furniture, which is suitable in terms of the integrity of the topic and the functionality of the designed machine. The aim can therefore be to find the best possible compromise between quality, rigidity and equipment on the one hand and control, low weight and also purchase price on the other. This project then includes mechanical calculations, 3D model and drawings and financial evaluation.

Keywords: corpus press, wood, wood-based composites, furniture, fastening, joining, frame, pneumatic systems, mechanical design.

Za odborné vedení, cenné rady a připomínky a za vstřícnost a ochotu děkuji panu Ing. Adamu Škrobákovi, PhD. Za obrovskou podporu a trpělivost děkuji své rodině a přátelům, bez kterých by tato práce nevznikla.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 DŘEVO A DŘEVĚNÉ MATERIÁLY | 11 |
| 1.1 STAVBA DŘEVA | 11 |
| 1.2 FYZIKÁLNÍ A MECHANICKÉ VLASTNOSTI DŘEVA..... | 14 |
| 1.2.1 Fyzikální vlastnosti | 14 |
| 1.2.2 Mechanické vlastnosti | 15 |
| 1.3 DŘEVĚNÉ MATERIÁLY | 20 |
| 1.3.1 Masivní dřeva..... | 20 |
| 1.3.2 Překližky | 21 |
| 1.3.3 Aglomerované materiály | 22 |
| 1.3.4 Další materiály | 23 |
| 1.4 POVRCHOVÁ ÚPRAVA | 25 |
| 2 KONSTRUKCE SKŘÍŇOVÉHO NÁBYTKU | 27 |
| 2.1 PŘÍPRAVA A ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLU | 27 |
| 2.2 SPOJOVÁNÍ DÍLCŮ A KONSTRUKCE VÝROBKŮ | 29 |
| 3 KONCEPCE KORPUSOVÝCH LISŮ A STROJE NA TRHU | 34 |
| 4 PNEUMATICKÉ SYSTÉMY | 38 |
| 4.1 VLASTNOSTI, VÝHODY A NEVÝHODY, POROVNÁNÍ S HYDRAULICKÝMI SYSTÉMY | 38 |
| 4.2 KONSTRUKCE A REALIZACE PNEUMATICKÝCH SYSTÉMŮ..... | 40 |
| 4.2.1 Výroba stlačeného vzduchu | 40 |
| 4.2.2 Rozvod a úprava vzduchu | 41 |
| 4.2.3 Řízení | 42 |
| 4.2.4 Pohony..... | 43 |
| 5 MONTOVANÉ A SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE | 45 |
| 5.1 SPOJOVÁNÍ DÍLCŮ..... | 45 |
| 5.1.1 Šroubové spoje | 46 |
| 5.1.2 Svarové spoje | 46 |
| 5.1.3 Ostatní spoje..... | 47 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 49 |
| 6 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI LISU | 50 |
| 7 KONSTRUKCE STROJE | 51 |
| 7.1 RÁM | 52 |
| 7.2 LISOVACÍ ZAŘÍZENÍ | 54 |
| 7.3 BOČNÍ DOTISK | 58 |
| 7.4 PNEUMATICKÝ SYSTÉM | 60 |
| 8 KONTROLNÍ VÝPOČTY A NÁVRH LISU | 62 |
| 8.1 LISOVACÍ ZAŘÍZENÍ | 62 |
| 8.1.1 Volba pneumatického válce: | 62 |
| 8.1.2 Výpočet příčnicku lisovací jednotky | 63 |
| 8.1.3 Zavěšení lisovací jednotky | 65 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 8.1.4 | Výpočet spodní čelisti | 66 |
| 8.1.5 | Výpočet horní čelisti | 71 |
| 8.1.6 | Výpočet uchycení lisovacího válce: | 76 |
| 8.2 | BOČNÍ DOTISK: | 78 |
| 8.2.1 | Výpočet šroubu dotisku: | 78 |
| 8.2.2 | Návrh páky: | 81 |
| 8.2.3 | Návrh uchycení příčnicku: | 81 |
| 9 | POLOŽKOVÝ ROZPOČET STROJE | 84 |
| | ZÁVĚR | 86 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 88 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 91 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 94 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 96 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 97 |

ÚVOD

Dřevo je dnes, stejně jako bylo dříve, hojně používaným a pro některé aplikace takřka nepostradatelným materiálem. Jde o materiál obnovitelný, který je velmi všestranný v závislosti na jeho druhu, formě a zpracování a nezanedbatelné jsou rovněž jeho estetické kvality. Z pohledu vhodnosti použití a tradice je typickým odvětvím využívajícím tento materiál nábytkářství či stolařství, s jejichž produkty se každodenně setkáváme. Mnoho dalších oborů a podoborů také využívá výhod dřeva a jejich výrobky často mohou vznikat v jedněch a týčích dílnách stejnými nebo podobnými postupy za pomoci stejného vybavení a technologie.

Kromě drobných výrobců zaměřených na spíše umělecké předměty i dnes u nás stále existuje množství malých firem, ve kterých probíhá výroba běžného nábytku, popřípadě dalších částí interiérů, stavebních komponent i jiných výrobků. Tak jako v řadě dalších oborů tlak na nízkou pořizovací a tedy i výrobní cenu mnohdy znemožňuje menším firmám zabývat se větší či menší sériovou výrobou. V našich podmínkách se tyto firmy zaměřují zejména na zakázkovou výrobu pro další subjekty realizující specifické zakázky, kde je třeba výroba na míru. Příkladem mohou být firmy zabývající se rekonstrukcí vybavení konkrétních budov s danými požadavky zákazníka. Nejen u těch velmi malých firem pak nezanedbatelnou část zakázek tvoří i výroba přímo pro koncového uživatele. I pro tyto výrobce je však pro udržení konkurenceschopnosti na trhu často nezbytné používat stroje a zařízení, které výrazně usnadňují a zlevňují výrobu. Jejich pořizovací cena ale může být značná, a pokud se jedná o úzce specializované stroje, jejich nabídka bývá často omezená a specifikace ne vždy vyhovují požadavkům při výrobě. Příkladem je korpusový lis. Právě návrh tohoto stroje vhodného pro požadavky konkrétní firmy s ohledem na přijatelnou pořizovací cenu bude předmětem této bakalářské práce.

V literární studii je pojednáno o materiálu, jeho vlastnostech a zpracování do konečných výrobků, aby daný stroj mohl vyhovět požadavkům konkrétní technologie a jeho celková koncepce byla pro tuto výrobu vhodná. Dále je zde pojednáno o koncepcích podobných strojů dostupných na trhu a jsou zde zhodnoceny jejich vlastnosti a vhodnost pro konkrétní aplikaci. Práce se věnuje jednotlivým komponentám a systémům potřebným pro požadovaný stroj s ohledem na výrobu a možnosti montáže, přičemž je nakonec navržena celková koncepce včetně kontrolních výpočtů, vypracován 3D model sestavy a technická dokumentace. Nedílnou součástí této práce je rovněž položkový rozpočet stroje.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DŘEVO A DŘEVĚNÉ MATERIÁLY

Dřevo je snad nejstarším stavebním materiálem vůbec. V poslední době se stává stále častěji používaným a stoupá jak jeho obliba při použití pro klasické aplikace, jako jsou různé typy staveb, části interiéru nebo např. vybavení veřejného prostoru, ale také při užití ve sportu či umění, pro předměty denní potřeby a jiné. Vedle dobrých konstrukčních a technologických vlastností pro jednotlivá použití, kam patří dobrá pevnost s ohledem na hmotnost, pružnost a dobrá zpracovatelnost, je důležitá také obnovitelnost a ekologičnost nebo izolační vlastnosti. Je však nutné uvažovat i vlastnosti záporné, kterými jsou zejména objemové změny, anizotropní charakter, citlivost na prostředí či hořlavost. [13]

V této práci je věnován prostor dřevu v určitém základním uvedení podstaty materiálu a jeho vlastností přidaném použití. Je to vhodné z hlediska ucelenosti informací a správného poznání problematiky od základu, což je předpokladem splnění cíle této práce.

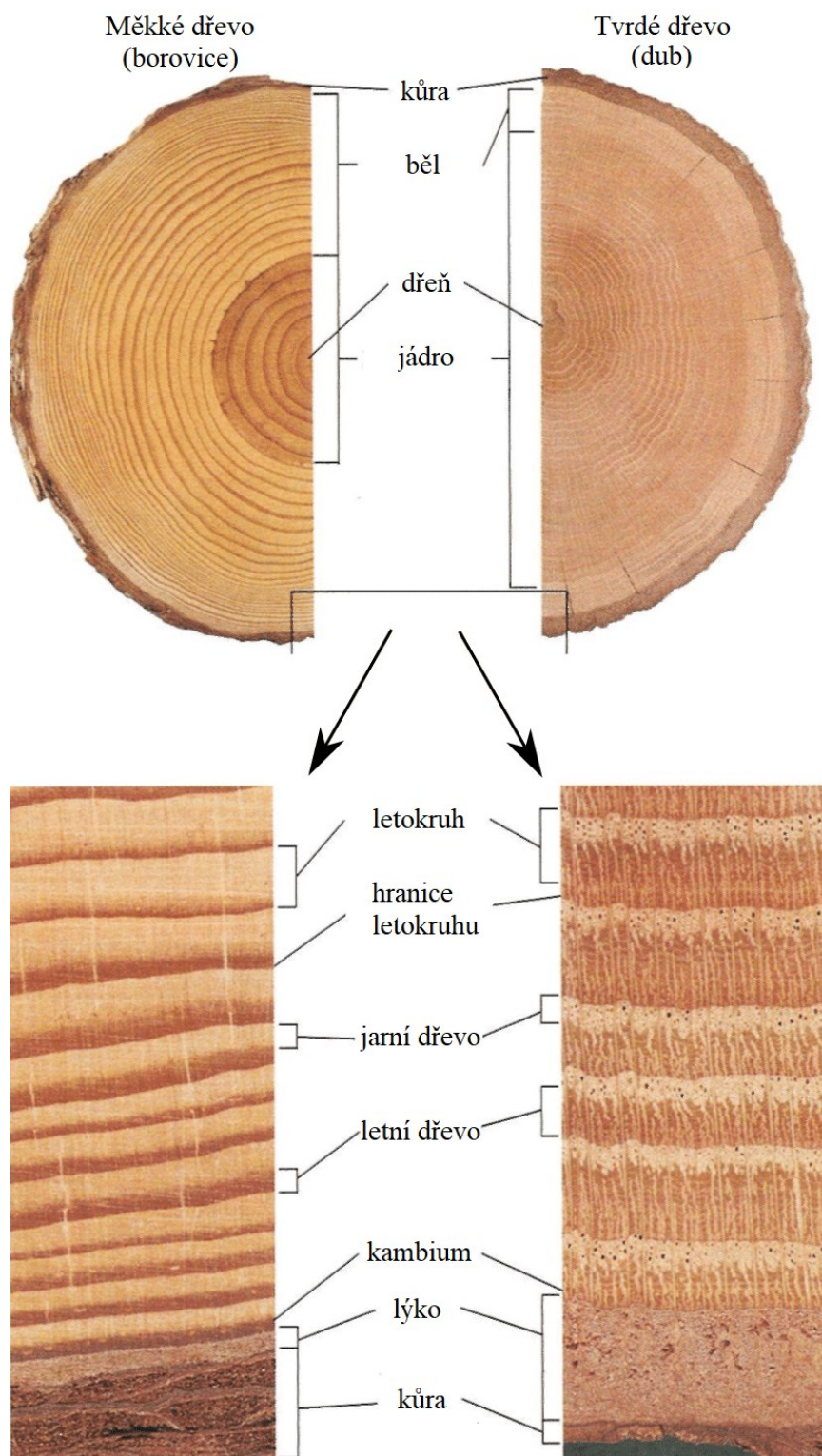
1.1 Stavba dřeva

V nejširším pojetí dřevěného materiálu se jedná o přírodní polymer – biopolymer. Dřevo se skládá z celulózy (přibližně 50 %), hemicelulózy a ligninu (u obou prakticky shodně v průměru 22 %), zbylých 6 % tvoří další organické a anorganické složky. Zastoupení chemických prvků ve dřevě je pak C (průměrně 50 %), O (43 %), H (6 %), N (0,3 %) a další (0,7 %) - Mg, Ca, P, Fe, K i jiné. [2]

Složkou tvořící hlavní stavební jednotku primárních rostlinných buněčných stěn je celulóza. Vytváří lineární řetězce, k jejichž spojení dochází prostřednictvím vodíkových můstků. Ve vodě a běžných rozpouštědlech je tedy nerozpustná. Zároveň s hemicelulózami a ligninem se podílí i na stavbě sekundárních buněčných stěn. U jehličnatých stromů tvoří celulóza obecně o něco větší část objemu dřeva, uvádí se přibližně o 5 ÷ 10 %. Je významná při bobtnání a sesychání, protože váže molekuly vody. Je též využitelná v papírenském průmyslu (buničina). Hemicelulóza je odlišná od celulózy stavbou řetězce a relativní molekulovou hmotností, která je nižší. U rostlin se nachází v jednotlivých vrstvách buněčných stěn a zajišťuje spojení mezi makromolekulami celulózy a navazuje se na ni lignin. Zde je převládající u stromů listnatých, kde je jejich obsah přibližně o 10 % vyšší než u těch jehličnatých. Uplatní se při výrobě plastických hmot, lepidel a rozpouštědel, případně i jako pojivo při výrobě papíru. Lignin pak posiluje pevnost a odolnost dřeva, snižuje jeho propustnost a zvyšuje ochranu dřeva proti škůdcům. Odpuzuje vodu, je takzvaně hydrofobní. V největším množství ho lze ve stromu logicky nalézt v kůře. Je amorfní a většina je ho ve

dřevě spojena s řetězcí celulózy. Plní funkci určitého pojiva. Teplem a vyšší vlhkostí lignin měkne a dodává tvárnost, přičemž při vysušení a ochlazení je schopen ponechat si pozměněný tvar. Způsobuje dřevnatění buněčných stěn. Má v řádu jednotek procent vyšší zastoupení ve dřevě listnatých stromů. Lze ho využít jako palivo (spalování štěpky s velkým podílem kůry apod.), při výrobě pryskyřic a lepidel. Další složky, tvořící pouze malé procento celkového objemu dřeva, mohou mít vliv na některé vlastnosti, jako je barva a vůně. Lze je extrahovat a dále zpracovávat. Konkrétní anorganické prvky a sloučeniny jsou dány především složením prostředí, ve kterém konkrétní strom roste. Jsou také závislé na stáří stromu, druhu dřeva, vlhkosti nebo jeho části. [10] [25] [28]

Dalším důležitým základním pohledem na dřevo je jeho makroskopická stavba nejvíce patrná v příčném řezu kmene (Obr. 1). Poměrně výrazně se liší u různých druhů dřevin. S ohledem na výrobu a další zpracování má téměř vždy význam pouze vnitřní nosná část, tedy běl, popř. jádro. Soubor vnějších vrstev má za úkol rozvod živin (lýko) a ochranu proti vnějším vlivům a škůdcům (kůra či borka). Pod lýkem se nachází vrstva kambia, které se podílí na růstu stromu. Vnější vrstvy lze přidávat do středových vrstev aglomerovaných materiálů, ale pouze do určitého objemu (do 10 %). [10] [13] [27]



Obr. 1 Řez kmenem stromu a detail řezu [27]

1.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva

Pro správné pochopení práce se dřevem a návrh funkčního a dobře uzpůsobeného stroje je vhodná znalost vlastností tohoto materiálu. Pro zpracování a obecně nakládání se dřevem jsou zejména důležité jeho fyzikální a mechanické vlastnosti, kterým je věnována tato kapitola.

1.2.1 Fyzikální vlastnosti

Mezi významné fyzikální vlastnosti pro práci se dřevem lze zařadit hustotu, vlhkost, izolační a akustické vlastnosti, kresbu, barvu aj. Pro výrobu je stěžejní a zcela zásadní vlhkost a její důsledky, kdy dochází ke změnám tvaru a rozměrů a může docházet ke znehodnocení dřeva strukturnímu či estetickému. O této problematice bude ještě pojednáno níže v kapitole o zpracování dřeva. Zde je práce zaměřena na vlhkost, která tvoří zřejmě nejvýznamnější parametr při práci se dřevem. Rozlišují se následující skupiny (Tab. 1). [12]

Tab. 1 Vlhkost dřeva [12]

| Vlhkost w (%) | Stav dřeva, sušení |
|-----------------|---|
| > 100 | mokrý, trvale uložený ve vodě |
| 50 ÷ 100 | čerstvě pokácený (i více než 100 %), bez sušení |
| 15 ÷ 20 | vysušený na vzduchu |
| 8 ÷ 10 | vysušený na vzduchu při pokojové teplotě |
| 0 | absolutně suchý, v sušárnách 103 ± 2 °C (chem. vázaná voda 1 ÷ 2 %) |

Vlhkost při mezi nasycení buněčných stěn je v rozmezí 23 – 36 %. Pro technické účely byla zavedena hodnota střední, tedy 30 %. Pro praxi je zde vlhkost technická a užitková. Další vlastnosti dřeva jsou uváděny pro vlhkost odpovídající 12 %. Vlhkost dřeva lze určit váhovou metodou, kdy se dělí hmotnost odpařené vody při sušení hmotností absolutně suchého dřeva nebo pomocí elektrických měřících přístrojů. [12]

Tab. 2 Nároky na vlhkost výrobků [12]

| Vlhkost w (%) | Aplikace |
|-----------------|--|
| 15 ÷ 22 | stavební konstrukce |
| 10 ÷ 22 | nábytek v mírně vytápěných místnostech |
| 5 ÷ 7 | dýhy, překližky, laťové středy, hudební nástroje |
| 12 ÷ 15 | truhlářské výrobky |
| 8 ÷ 22 | nábytek ve vytápěných místnostech |

V této kapitole s ohledem na téma práce z těchto vlastností může být zmíněna ještě hustota, která výrazně určuje zejména mechanické vlastnosti a míru ovlivnění vlhkostí u aglomerovaných materiálů. V případě masivního dřeva se rozlišuje dřevo lehké a těžké či dřevo s nízkou, střední a vysokou hustotou. Konkrétní hodnota hustoty záleží na řadě faktorů, zejména vlhkosti, a pohybuje se v poměrně širokém intervalu i co se týče jednoho druhu dřeviny. [7]

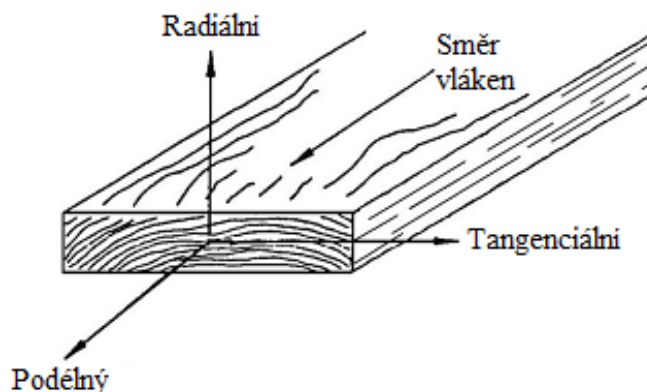
Tab. 3 Rozdělení dřev podle hustoty při $w = 12\%$ [6]

| | Hustota ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) | Dřeviny |
|---------------------------|--|---------------------------------|
| Dřeva s nízkou hustotou | < 540 | borovice, smrk, jedle, olše,... |
| Dřeva se střední hustotou | 540 ÷ 750 | dub, buk, modřín, jasan,... |
| Dřeva s vysokou hustotou | > 750 | habr, akát, dřín, eben,... |

U aglomerovaných materiálů, které jsou tvořeny dílem z dřevěných částic a dílem z pojiva i jiných složek, je však hustota stěžejní, neboť výrazně určuje jak mechanické vlastnosti, tak ovlivnitelnost vlhkostí, a tedy celou aplikaci materiálu. [13]

1.2.2 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti dřeva určují schopnost odolávat působení vnějších mechanických sil. Tato práce je věnována především statické pevnosti masivního dřeva v tlaku, ohybu a smyku a tvrdosti. Dřevo je materiál, jehož vlastnosti jsou anizotropní, tedy odlišné v různých směrech. Jsou rozlišeny tedy pevnost dle směru zatížení vůči vláknům. U aglomerovaných materiálů záleží i na jiných faktorech, neboť u většiny nelze o směru vláken hovořit. Jednotlivé hodnoty udává výrobce, nicméně řadu z nich prakticky nelze bez zkoušení zjistit, neboť udávané výrobci nejsou a nemají praktický význam. Hodnoty pevnosti závisí na druhu dřeva nebo dřevěného materiálu a také na jeho vlhkosti a jakosti. Dále je popsána pouze pevnost, jež má význam pro tuto práci, tedy pevnosti v tlaku, ohybu, smyku a tvrdost. Při zatěžování jsou rozlišeny směry zatížení patrné na obr. 2.



Obr. 2 Tři hlavní směry dřeva se zohledněním směru růstu a letokruhů [25] (přeloženo autorem práce)

Pevnost v tlaku ve směru vláken

Rozdíl v pevnosti dřeva o různé vlhkosti je patrný v Tab. 4, kde je údaj pro vlhkost 12 % a 30 %. Mez úměrnosti dosahuje v tlaku ve směru vláken pro běžné druhy dřev přibližně 60 % meze pevnosti. Pevnost v tlaku u dřeva má u nábytku a interiérů poměrně malý význam. Ve směru s vlákny je dřevo několikanásobně pevnější než napříč. Tato pevnost obecně, jak již bylo zmíněno, nemá vzhledem k tématu příliš význam, při lisování však může docházet k překročení pevnosti v místě styčných ploch. Tlak by neměl při práci překračovat hodnotu potřebnou ke spojení a místa styku by měla být ze strany stroje chráněna hladkou plochou ideálně nižší pevnosti. Zvláštním případem je vzpěr, vzhledem k rozměrům a opoře lisu i dílů vůči sobě by k němu ale nemělo dojít. [5] [23]

Tab. 4 Hodnoty meze pevnosti v tlaku ve směru vláken vybraných dřevin [17]

| Druh dřeva | Mez pevnosti v tlaku ve směru vláken při dané vlhkosti (Mpa) | |
|------------|--|---------|
| | w =12 % | w =30 % |
| smrk | 44,4 | 19,5 |
| dub | 57,5 | 30,4 |

Pevnost v tlaku napříč vláken

Je definována tzv. konvenční pevnost. Určení pevnosti tak probíhá stanovením meze úměrnosti, která je dále brána jako mezní a označována jako tato pevnost. Hodnoty na celou plochu a na část délky jsou odlišné v průměru o 20 – 25 %, kdy u tlaku na část délky jsou vyšší. Rozdíl se vysvětluje dalším odporem vláken při ohybu na hranách tlačného tělesa. Hodnoty této pevnosti u tlaku na celou plochu, které jsou z pohledu zatížení více kritické, pro dva zástupce dřevin jsou zapsány v Tab. 5. [5] [17]

Tab. 5 Průměrné hodnoty konvenční meze pevnosti dřeva v tlaku napříč vláken u vybraných dřevin při vlhkosti 12 a 30 % [17]

| Druh dřeva | Konvenční mez pevnosti v tlaku napříč vláken ve směru (MPa) | | | |
|------------|---|---------|----------------------------|---------|
| | radiálním při vlhkosti | | tangenciálním při vlhkosti | |
| | w =12 % | w =30 % | w =12 % | w =30 % |
| smrk | 3,4 | 2,3 | 4,0 | 2,0 |
| dub | 11 | 6,5 | 8,5 | 5,1 |

Pevnost v ohybu

Praktický přínos má zde případ, kdy vlákna probíhají shodně s podélnou osou tělesa. Vzhledem k tomu, že tlaková pevnost podél vláken je mnohem menší než tahová pevnost, začíná porušení tělesa při ohybu v tlakové zóně vybočováním vláken, konečné porušení tělesa probíhá v tahové zóně. Hodnoty ohybové pevnosti leží mezi hodnotami tahové a tlakové pevnosti ve směru vláken. Mez úměrnosti je asi 70 % meze pevnosti. [5] [17]

Tab. 6 Mez pevnosti vybraných dřev v ohybu při vlhkosti 12 % a nad mezi hygroskopicity [17]

| Druh dřeva | Mez pevnosti v ohybu kolmo k vláknům při vlhkosti (Mpa) | |
|------------|---|---------|
| | w =12 % | w =30 % |
| smrk | 80 | 44 |
| dub | 108 | 68 |

Pevnost ve smyku

U smykových zatížení zpravidla působí ještě další napětí (ohyb, tah/tlak), je tedy nutné respektovat jednotlivé případy, kdy smyk má rozhodující vliv. Pevnost ve smyku je důležitá tam, kde dochází vnější silou ke snaze posunout vrstvy dřeva vůči sobě. V případě lisu by tedy nastal smyk v případě umístění lisovací patky mimo, však do těsné blízkosti příčky korpusu či rámu. Dalším případem je například svlak. Ve směru vláken je smyková pevnost minimální a neporovnatelně horší než ve směru kolmém. [5]

Tab. 7 Hodnoty pevnosti dřeva ve smyku u vybraných druhů dřev [17]

| Druh dřeva | Mez pevnosti ve smyku při 12 % vlhkosti (MPa) | | | |
|------------|---|--------------|------------------------|--------------|
| | ve směru vláken v rovině | | napříč vláken v rovině | |
| | radiální | tangenciální | radiální | tangenciální |
| smrk | 6,9 | 6,8 | 3,3 | 2,8 |
| dub | 10,2 | 12,2 | 7,9 | 7,5 |

Tvrдост

Tvrдост vyjadřuje odpor materiálů vůči vnikání cizího tělesa. Lze rozlišit tvrdost a oděr, kdy je určující směr zatížení kolmo k povrchu a pod úhlem. Lze říci, že měkké je převážně dřevo jehličnatých rychle rostoucích stromů a tvrdé listnatých stromů. Pro zjištění konkrétních hodnot materiálu se používá několik systémů měření. Jsou to zejména hodnoty tvrdosti dle Brinella a Janka. V současné době se dřevo dělí do tří skupin. [16]

Tab. 8 Skupiny tvrdosti dřeva (NIS)[16]

| Skupina | Pevnost (MPa) | Příklady |
|---------------|---------------|------------------------------------|
| měkká | < 40 | smrk, jedle, borovice, topol, lípa |
| středně tvrdá | ≥ 40 | jasan, jilmy, duby, ořech |
| tvrdá | ≥ 80 | habr, akát, tis |

Dále může být uváděna rovněž pružnost dřeva, do jaké míry je možné zatěžovat v rámci vratné deformace. To udává modul pružnosti, který se mění v závislosti na druhu dřeviny, na vlhkosti, na anizotropii, na vadách dřeva a na objemové hmotnosti. V případě dřevěných materiálů je modul pružnosti řádově nižší než u kovů. Pro tuzemské dřeviny je uváděna hodnota modulu pružnosti v tahu ve směru vláken 10000 ÷ 15000 MPa, ve smyku pak 100 - 2 000 MPa při vlhkosti 12 %. [17]

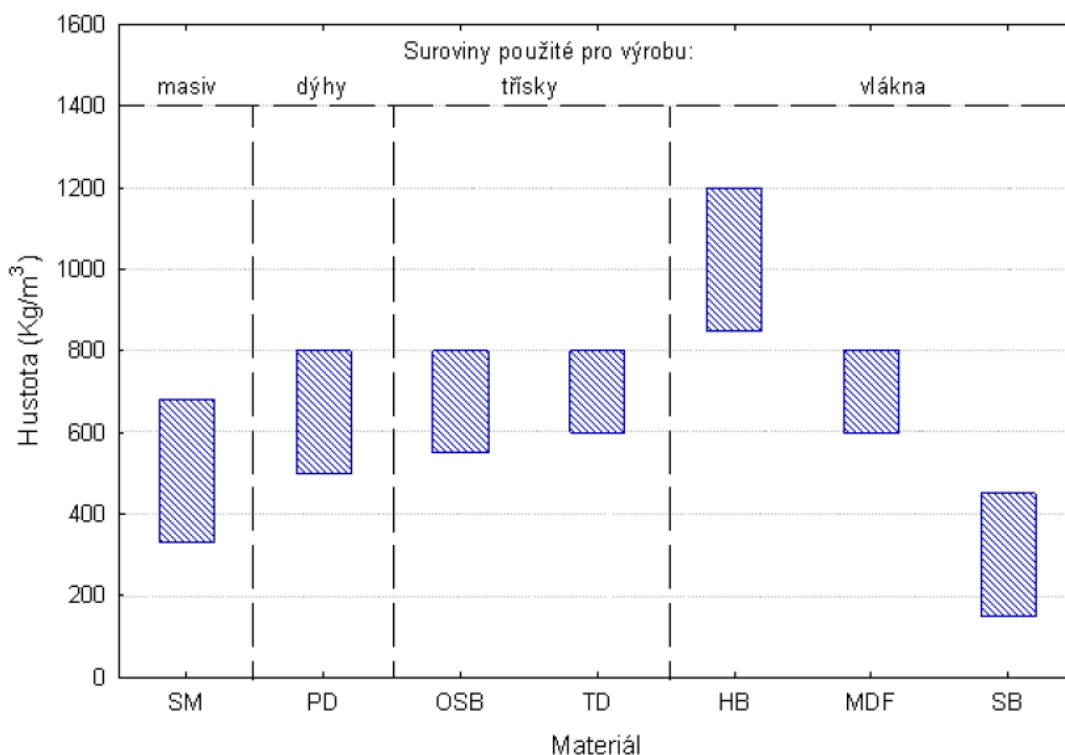
Další vlastností, kterou lze zmínit, je ohýbatelnost dřeva. Je to schopnost materiálu přijmout trvale nový tvar a je ovlivněna množstvím ligninu za působení tepla a vlhkosti nebo chemicky.

Vlastnosti aglomerovaných materiálů

Na mechanicko-fyzikální vlastnosti u aglomerovaných materiálů na bázi dřeva má vliv řada jejich výrobních parametrů, zejména velikost, geometrie, orientace, formování a kvalita dřevěných elementů, typ a množství lepidla a aditiv a v neposlední řadě hustota a lisovací parametry. Obecně lze uvádět, že s vyšší hustotou dřevěných částic se mecha-

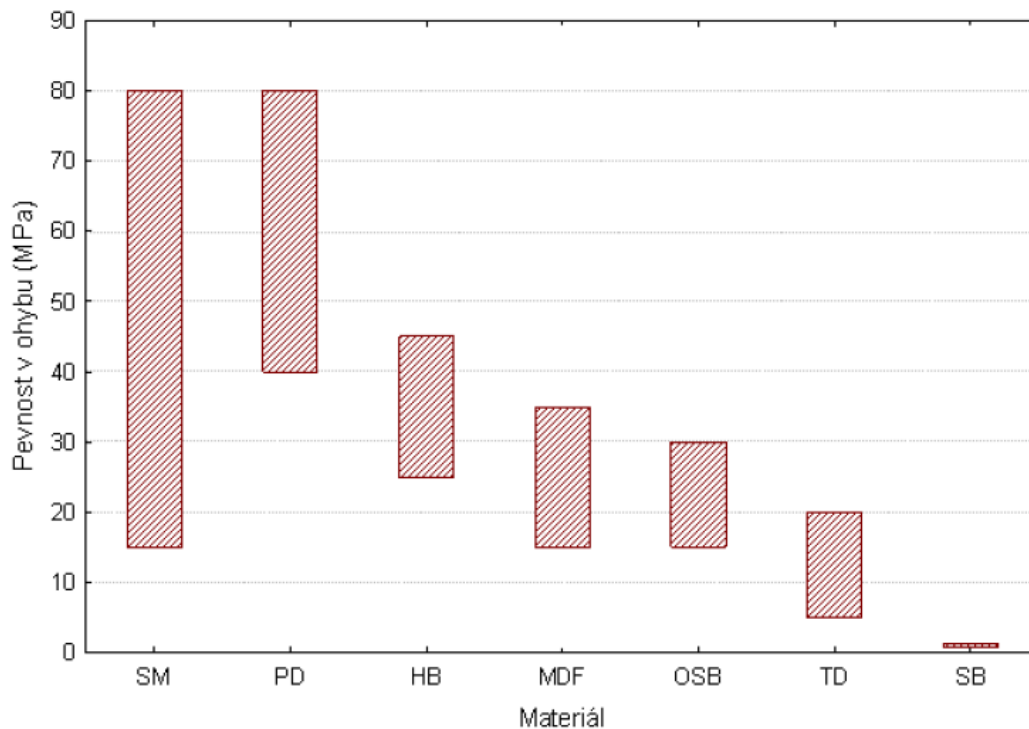
nické vlastnosti materiálů zlepšují, ale změnou vlhkosti dochází k výraznějším změnám. Hustota třískových desek závisí na hustotě výchozího dřeva a velikosti a tvaru částic a jejich distribuci v lisu. Druhou složkou je množství pojiva. Na obr. 3 je patrný interval normovaných hodnot hustoty jednotlivých aglomerovaných materiálů. V praxi se obvykle hustota pohybuje ve spodní části těchto intervalů. V případě deskových materiálů na bázi dřeva udává mechanické vlastnosti zejména statická pevnost v ohybu. Konstrukční materiály jsou vyráběny s příčným hustotním profilem ve tvaru „U“. Hustota je tedy vyšší v povrchových vrstvách, což je vhodné vzhledem ke skutečnostem popsaným u ohybu výše. [13]

Pro materiály na bázi dřeva rovněž platí, že hodnoty ohybové pevnosti dřeva leží mezi hodnotami tahové a tlakové pevnosti a mez úměrnosti ve statickém ohybu činí přibližně 70 % meze pevnosti. [6]



Obr. 3 Hustota aglomerovaných materiálů [13]

SM – smrk; PD – překližkové desky; OSB – desky z plochých orientovaných třísek; TD – dřevotřískové desky; HB – tvrdé vláknité desky; MDF – středně hustotní vláknité desky; SB - měkké vláknité desky



Obr. 4 Pevnost v ohybu aglomerovaných materiálů [13]

SM – smrk; PD – překližkové desky; OSB – desky z plochých orientovaných třísek; TD – dřevotřískové desky; HB – tvrdé vláknité desky; MDF – středně hustotní vláknité desky; SB – měkké vláknité desky

1.3 Dřevěné materiály

S pokračujícím technologickým a technickým rozvojem se množství různých materiálů zvyšuje. Nově vznikající materiály mají specifitější vlastnosti odpovídající jejich různorodým způsobům využití a rovněž se do určité míry vyvíjejí a vylepšují i materiály již zavedené. V následujícím textu budou přiblíženy zejména ty materiály, jež jsou důležité s ohledem na výrobu při použití korpusového lisu. Základní dělení dřevěných materiálů je možné na materiály masivní, překližované, aglomerované a kompozitní, což je rozdělení z hlediska formy, do jaké bylo dřevo zpracováno. Souhrnně se zde jedná hlavně o materiály velkoplošné. V budoucnosti může být očekáván další rozvoj materiálů a jejich kombinací pro konkrétní využití. Běžně používané materiály jsou zpravidla normalizované.

1.3.1 Masivní dřeva

Ač je z různých důvodů použití masivu v nábytkářství a souvisejících oborech v porovnání s jinými materiály méně vhodné a finančně i jinak zdaleka méně opodstatněné než dříve, stále je vhodné se jím zabývat z důvodů významné estetiky, tradice i jiných.

V nejširším smyslu jde o dřevo, na kterém nebylo nic mechanicky nebo chemicky změněno. Pod pojmem masiv je nejčastěji myšlena tzv. spárovka. Přednostmi masivu jsou zejména vysoká ohybová pevnost, ekologičnost, estetika a relativní tvarová stálost. Nevýhodami je od základu vysoce anizotropní charakter vlastností a výrazné sesychání a bobtnání. U spárovek je jednovrstvý materiál ve formě desek, latí aj. z rostlého dřeva vzájemně slepen, dnes nejčastěji polyvynilacetátovým (PVAC) lepidlem. Mechanické vlastnosti jsou u spárovek obdobné jako u výchozího masivního materiálu. Spárovka je i dnes často používána při výrobě nábytku např. na desky stolů, postelí, skříní a polic s vysokou nosností a mnoho dalších. Biodesky jsou pak složeny stejně jako spárovky, ale jsou vícevrstvé (do kříže 3 nebo 5 vrstev). Ve vyšší kvalitě jsou užívány opět v truhlářství a stolařství. Biodesky zároveň ale patří k nejdražším dřevěným materiálům. [13]

O výrobě a zpracování masivu bude více řečeno v kapitole o přípravě a zpracování materiálu (2.1).

1.3.2 Překližky

Než budou blíže popsány překližky, je vhodné zmínit nejprve dýhy. Jde o tenký list dřeva vzniklý řezáním, loupáním či krájením masivu a tvoří základ překližkových desek. Okrasná dýha nachází využití při vylepšení konečného vzhledu v podstatě u všech materiálů, překližka (PDP) je pak materiál vzniklý lepením několika vrstev konstrukční dýhy v lichém počtu. Orientace vláken sousedících vrstev je zpravidla 90 °. Oproti masivu jsou upraveny některé nežádoucí vlastnosti jako je vysoká míra anizotropie, sesychavost a bobtnavost. Je možné použít různé dřeviny s ohledem na jejich vlastnosti, volit různou tloušťku, počet vrstev, typ lepidla či úpravu povrchu. Lze rozlišit překližky truhlářské, vodovzdorné a mnohvrstevné multiplex, z jiného hlediska pak překližky truhlářské, obalové, stavební i letecké, rozlišují se také překližky vnitřní a vnější. Rozdíl mezi nimi tvoří především použité lepidlo a jeho odolnost vůči vnějším vlivům. Dále jsou překližky rovné nebo tvarové, podle úpravy povrchu lze překližky rozdělit na broušené, nebroušené, povrchově upravené a opláštěné. Dýhy jsou lisovány zpravidla ve vyhřívaném lisu, který snižuje dobu potřebnou pro vytvrzení lepidla. Za studena se tlak pohybuje od 0,7 do 1,4 MPa, za tepla pak dle materiálu od 1 do 2 MPa. Je zde možná oprava nedokonalostí nejčastěji tmelem. Jinou formou jsou tzv. laťovky. Tvoří je dřevěné desky skládající se ze střední vrstvy oboustranně překlížené pláštěm, který je tvořen obvykle dvěma dýhami, popř. dřevotřískovými deskami. Výhodou je nízká hmotnost. Někdy je pro lepší vlastnosti užito více vrstev. U těchto desek je také dobrá pevnost vrutových spojů a upevnění kování. K nedostatkům

lze přičíst nutnost zohledňovat směr středových latěk při rozřezávání desek a potřeba olejování bočních ploch masivem nebo dýhou. Dnes se laťovky používají na namáhané díly nábytku aj. Speciální materiál tvoří lamely zhotovené jako překližky, vrstvy dýh jsou ale všechny orientovány shodně. Hodí se na konkrétně zatížené tvarově složitě výlisky. [13]

1.3.3 Aglomerované materiály

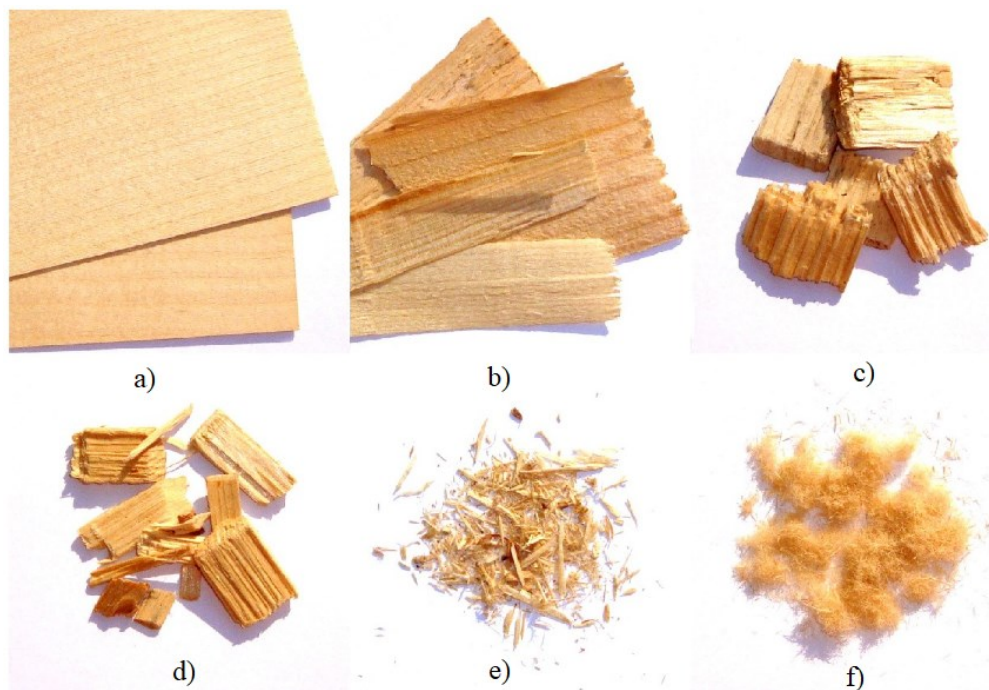
Aglomerované dřevěné materiály nebo také materiály na bázi dřeva tvoří skupinu, kde je dřevo výchozí surovinou, ale figuruje zde v podstatně změněné podobě. Jsou to dřevěné části ve formě štěpky, třísek či vláken s pojivem. Tyto materiály mají značně odlišné vlastnosti od přírodního dřeva. Velkým zástupcem jsou desky OSB (Oriented Strand Board), které jsou vyráběny ze slisovaných dlouhých, štíhlých a tenkých třísek. Vnější třísky jsou orientovány rovnoběžně s délkou nebo šířkou desky, třísky ve středové vrstvě pak kolmo na třísky vrstev vnějších. Toto je důležité především pro omezení anizotropních vlastností, zlepšení rozměrové stálosti a pevnosti desky. Zmíněná pevnost v ohybu je u OSB desek ve směru podélném přibližně dvakrát větší než ve směru příčném. U modulu pružnosti v ohybu jsou tyto rozdíly ještě o něco výraznější. Uvedená problematika platí pro deskové aglomerované materiály obecně, pokud jsou dřevní elementy dostatečně velké a orientované. Výhodou OSB je dobrá odolnost proti působení vlhkosti, přizpůsobení pro daný účel a požadavky trhu. Nejčastější použití je na konstrukční materiál stěn, střech a podlah u dřevostaveb, pro výrobu sendvičových panelů, částí čalouněného nábytku, palet a obalových materiálů, zábran, obložení aj. Výroba OSB probíhá lisováním příslušných třísek za pomoci teploty a tlaku. Vyšší obsah lepidla obecně zlepšuje mechanické vlastnosti, ale zvyšuje cenu a hmotnost výsledného materiálu. Lepidla zde uvolňují jen velmi málo nebo žádné emise formaldehydu. Často jsou přidány i hydrofóbizační aditiva, tedy látky zlepšující odolnost vůči vlhkosti. Dalšími materiály, které je vhodně zmínit, jsou tzv. waferboardy a multifunkční desky. Waferboardy jsou desky vyráběné z dlouhých a širokých třísek lepených neorientovaně. Dnes jsou však nahrazeny OSB. Multifunkční desky pak tvoří alternativu k OSB. Je nutné přidávat větší množství pojiva a desky jsou tedy zpravidla těžší. Vlastnosti jsou srovnatelné s OSB, ale mají v podstatě stejnou pevnost v různých směrech a hladší povrch. Ve směru největšího možného zatížení je však pevnost OSB vyšší. Mají široké uplatnění, nejčastěji jako konstrukční desky nebo také pro výrobu nábytku a obalů. Jejich výhodou je nízká cena. [13]

Pro tuto práci a zřejmě i pro celé nábytkářství je dnes nejdůležitějším deskovým materiálem dřevotříska nebo přesněji dřevotřískové desky (DTD), které jsou v současnosti nejvíce rozšířeným a vyráběným aglomerovaným materiálem. Materiál je vyrobený z dřevěných třísek a pilin spojených organickým pojivem pomocí tepla a tlaku. Výhodou jsou izotropní vlastnosti a široká škála možných vlastností a užití různých dřevěných částic. Významná je rovněž možnost snadné povrchové úpravy, která je hojně využívána a bude ještě zmíněna v dalším textu v souvislosti s laminem. Nevýhodami jsou horší mechanické vlastnosti, které ale nemusí být na závadu. Nevýhodou je malá dlouhodobá odolnost proti vlhkosti. DTD mohou být používány na různé druhy obalů, velmi časté je použití na podlahy, buď jako surový podkladový materiál, nebo jako nosná vrstva dýhovaných a laminovaných podlahovin, nenamáhané části nábytku a další. Kromě klasických DTD existují modifikace jako protipožární desky (Grenamat), ohýbatelné desky (Recoflex) a jiné. Dřevovláknité desky (DVD) lze rozdělit dle tvrdosti na měkké (porézní), středně tvrdé a tvrdé. Vyrábí se zplstnatěním rozdělených vláken štěpky, do kterých je přidáno pojivo a další přísady nebo probíhá lisování naprosto bez pojiva. Měkké desky najdou uplatnění zpravidla jako výplně či izolace. Jsou lisovány malým tlakem a nelze je tak použít jako samostatný konstrukční materiál. Tvrdé desky jsou důležité především v nábytkářství jako dna zásuvek či záda skříní. Tyto desky jsou vyráběny především v malých tloušťkách a mohou tvořit také obklady. Výhodou je snadná povrchová úprava těchto desek. Asi největší význam mají pak desky se střední hustotou MDF (Medium Density Fiberboard). Jsou dobře obrobitelné a mají homogenní strukturu. Užívají se zejména na frézované a profilované, ale i jiné díly nábytku. Jde především o čela zásuvek nebo okrasná dvířka a další. Výhodou je homogenní struktura oproti dřevotřískám, které často nahrazuje. Vlákenné desky obecně se pak dají rozdělit dle prostředí a použití. [13]

1.3.4 Další materiály

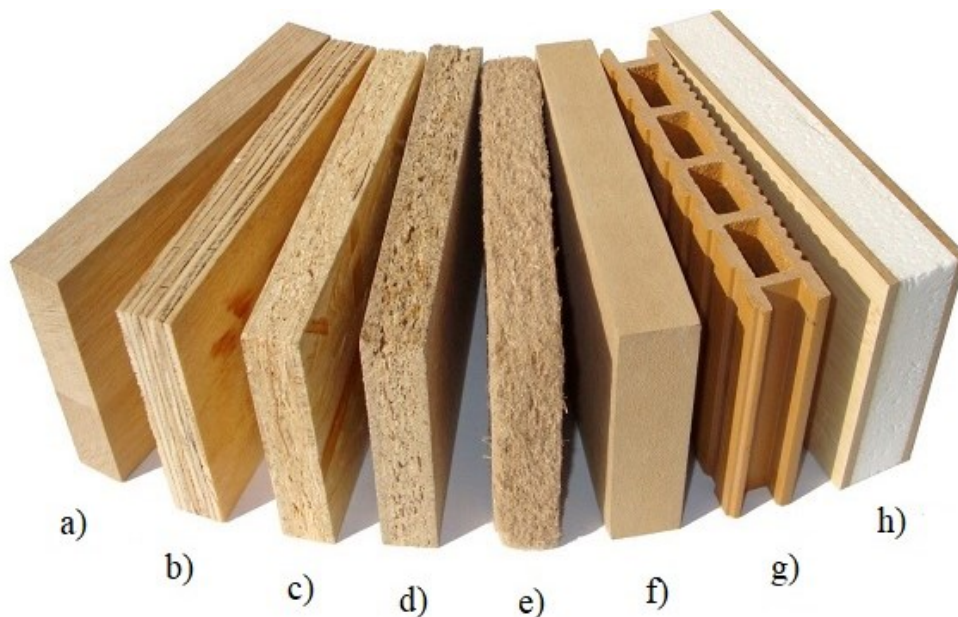
WPC (Wood Plastic Composite) je směs dřevěných částí a polymeru (PP, PE, PVC) v různém poměru spolu s dalšími přísadami (smáčedla, pojiva, antioxidanty a UV stabilizátory). Výhodou je možnost výroby desek s různými vlastnostmi a z recyklovaných materiálů. WPC mají obecně dobrou odolnost vůči vlhkosti a jsou oproti dřevům stálejší co do barevnosti a mají i vyšší odolnost. Nevýhodou je vysoká hustota, deska však může být lehčená, jak je patrné na obr. 6. Další nevýhodou je špatné odolávání vysokým teplotám. WPC jsou používány hlavně pro exteriérové prvky, jako jsou podlahy, krytiny, obložení aj. Za zmínku stojí do určité míry související materiály, jimiž jsou celoplastové plošné imitace dřeva.

Sendvičové panely jsou další skupinou materiálů. Tyto desky jsou složeny ze středové vrstvy a povrchových vrstev. Jádrem tvoří lehký materiál, tedy voštinová či jiná struktura nebo pěnová hmota aj. Povrchové vrstvy pak tvoří výztuž a jsou zhotoveny z dýh či překližky, tenké dřevotřísky nebo tvrdých dřevovláknitých desek. Samotná konstrukce může mít různou podobu a je možné použít i řadu jiných materiálů kromě dřeva. Desky jsou velmi lehké a mají obecně dobrou ohybovou pevnost. Hodí se na velké plošné díly nábytku i jiných výrobků. Z hlediska konstrukce však musí mít poměrně větší tloušťku. Dalším materiálem, který je však významný především ve stavebnictví a jako izolace, jsou desky spojené minerálními pojivy. Vzhledem k jejich použití je dobré zmínit, že desky jsou vyrobeny z dřevěných částí rozdílné velikosti, pojivem pak bývá sádra či cement. Na závěr této kapitoly pojednávající o dřevěných materiálech vhodných k výrobě nábytku je vhodné ještě zmínit tzv. kompaktní desky. Jde o vrstvu papíru se syntetickými pryskyřicemi slisovanou vysokým tlakem při vysoké teplotě. Takovýto materiál má dobré mechanické vlastnosti a odolnost, je však těžký a používá se, pokud je nutné zajistit pevnost a odolnost při malé tloušťce materiálu. V interiérech najde využití jako obklad na namáhaných místech, tvoří různé zábrany aj. [13]



Obr. 5 Výchozí části dřeva pro výrobu materiálů na bázi dřeva [13]

a) dýha; b) ploché třísky; c) papírenská štěpka; d) štěpka; e) třísky; f) vlákna



Obr. 6 Dřevěné materiály [13]

a) spárovka (masiv); b) překližka; c) deska z orientovaných plochých třísek (OSB); d) dřevotřísková deska (DTD); e) izolační vláknitá deska (DVD); f) vláknitá deska střední hustoty (MDF); g) dřevo-plastová deska (WPC); h) sendvičový panel

1.4 Povrchová úprava

Nejde pouze o estetickou stránku důležitou především u aglomerovaných materiálů, ale rovněž o ošetření vůči vnějším vlivům a zlepšení celkových vlastností. Technologii povrchové úpravy lze rozdělit na úpravu realizovanou polepem nebo nátěrem. Pro tuto práci mají dle potřeb konkrétního výrobce stěžejní význam materiály laminované.

První typ povrchových úprav je tvořen polepem. Spočívá v olepení speciálním papírem, který může mít různý typ dezénu či potisku. Olepení se provádí přímo u výrobce zpravidla na normalizovaný broušený formát desky. Papír obsahuje pryskyřici, která v lisu za tepla tvrdne a přilne k olepovanému materiálu. K výhodám patří dobrá odolnost povrchu vůči mechanickému poškození a vnějším vlivům. Vše probíhá u výrobce materiálu. Úspora vzniká jak na prostoru, času, pořizovací ceně strojů a materiálu, práci i energii, nemluvě o čistotě výroby. V současnosti lze takto zhotovené povrchy provést velmi kvalitně. Základní a zároveň kvalitní a hodnotnou technologií olepování je dýhování. To se často provádí až u konečného výrobce. Je tak možné zhotovit do určité míry kvalitnější nebo estetičtější výrobky než při laminování, neboť je možné volit návaznost kresby dřeva a provede-

ní. Jde vždy o originál, ale není nutné zhotovit celý výrobek z masivního dřeva. Důležitou je nutnost provádět konečnou úpravu tekutým nátěrem, neboť u dýhy zůstává zachován charakter přírodního dřeva, jež vyžaduje další ošetření. Dalším způsobem polepu jsou dýhovací a kaširovací fólie. Jde o levnější a méně kvalitní alternativu laminování. Nevýhodou je nižší odolnost povrchu a horší jakost z důvodu menší tloušťky polepu a přiznání některých nerovností. Výhodou je výrazně nižší cena a menší náročnost polepu, kdy je možné provádět jej až u konečného výrobce. Poslední zde zmíněnou možností je vakuový polep plastovou fólií. Jedná se stejně jako v případě laminování a dýhovací fólie o dokončený povrch bez nutnosti nátěru. Výhodou je velká variabilita povrchu a jeho kvalita. Časté použití představují čelní pohledové plochy dvířek, zásuvek a další. Nevýhodou je ale nízká odolnost vůči zvýšené teplotě a nutnost použití drahých zařízení. Jedná se o technologii hlavně pro velkosériovou výrobu. U povrchové úpravy prováděné tekutým nátěrem bývá nejčastěji použito transparentních hmot. Na nanášení tohoto nátěru může předcházet úprava barvy dřeva mořením. Méně často se pak používá nátěr krycí. Nátěr může být nanášen stříkáním, poléváním či navalováním. Nátěry lze nanášet i ručně a lze použít také oleje, vosky či různé pasty. [13]

2 KONSTRUKCE SKŘÍŇOVÉHO NÁBYTKU

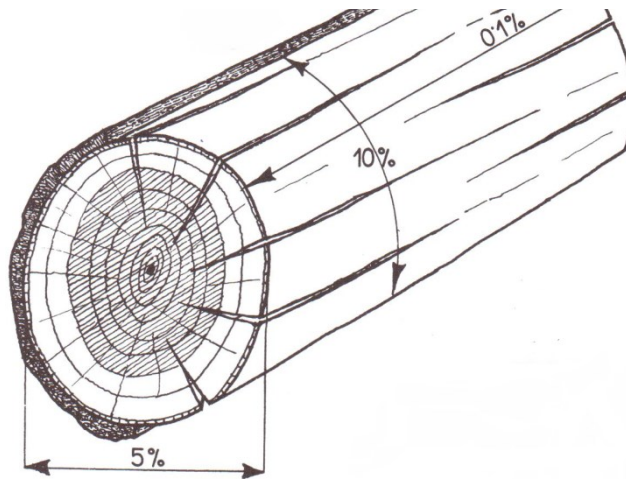
„Nábytek tvarů sebekrásnějších a sebeúčelnějších nemá ceny, není-li správně sestrojen.“
(Kouřil a Buben, 2020, s. 12)

Nábytkářství je odvětvím průmyslu s bohatou historií a velkým historickým přesahem do současnosti. Výrobní postupy, technologie, a nakonec i materiály pro řadu výrobků se během času změnily, základní filozofie účelnosti a estetiky však přetrvala. Jak bylo řečeno v úvodní tezi této kapitoly, žádnou vizi výrobku nelze zrealizovat, pokud není dbáno na správnost konstrukce a procesu výroby. Toho lze zodpovědně dosáhnout pouze se znalostí materiálů a technologie. Konkrétní materiály již byly v této práci popsány, zbývá však uvést více o přípravě nejzákladnějšího materiálu – masivu. Části této kapitoly budou věnovány i práci s ostatními materiály s ohledem na výrobce nábytku a dalších prvků interiérů i jiných výrobků. Bude věnován prostor i dokončení povrchovými úpravami.

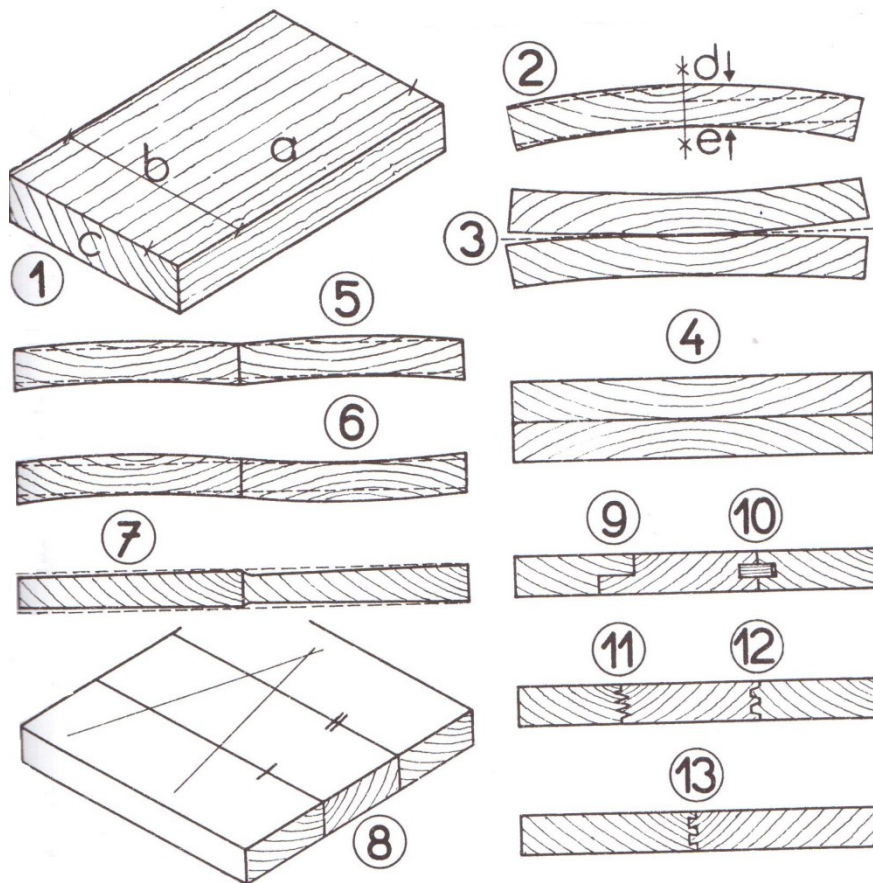
2.1 Příprava a zpracování materiálu

K samotné přípravě masivu často dochází až u konečného výrobce, což je vhodné nejen z hlediska ceny a úspory materiálu, ale hlavně z důvodu optimalizace vlastností a formátování pro daný výrobek. Předmětem této práce je konstrukce lisu, který je koncipován nejen pro korpusy, ale také pro lisování spárovky. Z tohoto pohledu lze na danou problematiku pohlédnout blíže a zařadit ji do kontextu k dalšímu zpracování prováděného přímo výrobcem konečných produktů. Jak již bylo uvedeno, pokud se jedná o masivní dřevo, nejčastěji jde již o zpracovaný materiál z více částí.

Řezivo na spárovku se z kmene získává až na výjimky podélným řezáním (Obr. 8). Výchozí dřevo je takto z kmene stromu zpracováno do formy prken, fošen, trámů, lišt, latí nebo hranolů dle rozměrů. Desky z masivu (spárovky nebo biodesky) vznikají skládáním a spojováním jednotlivých přířezů. Spárovka je zpravidla jednovrstvý deskový materiál. Rozlišují se spárovky fix a cink, přičemž první typ je tvořen lamelami průběžnými, druhý typ využívá nastavovaných lamel nejčastěji na ozub. Rozdíly jsou především cenové a estetické. Takto je výsledný masivní materiál sestaven z důvodu vlastností dřeva, jež byly popsány dříve, zejména tedy bobtnání a sesychání. To probíhá v různých směrech růstu dřeva různě. Dřevo je nutno tedy nejen skládat z více různě orientovaných částí, ale velmi důležité je i sušení, kdy se dosáhne příslušné vlhkosti. [11] [26] [28]



Obr. 7 Směry sesychání kmene [26]



Obr. 8 Zásady spojování masivu [26]

1 – směry vláken dříví (a – podélné, b - příčné, c – čelní), 2 - pravá (d) a levá (e) strana prken či fošen, 3 a 4 – klížení prken pravými (špatně) a levými (dobře) stranami, 5 až 7 – klížení na šířku dobře (5) a špatně (6 a 7), 8 – označení při sesazení, 9 až 13 – typy zvětšení klížené plochy

Skladba dřeva a celkové nakládání s ním není čistě jen otázkou teorie, jejíž znalost je samozřejmě velmi důležitá a je základem, ale také zkušeností výrobce. Sušení musí probíhat ve více krocích, kdy dřevo nejdříve schne na vzduchu jako kulatina, pak jako řezivo (produkt pily) a pak následuje potřebné dosušení a ustálení před samotným zpracováním. Před skládáním přířezů k sobě je nutné dodržet přesnost. Spojování jednotlivých přířezů je provedeno zpravidla lepením, kdy je zásadou nanášení příslušného lepidla na obě lepené plochy z důvodu vsakování lepidla do obou přířezů. K dodržovaným zásadám patří též posouvání desek proti sobě při spojování, aby došlo k co nejlepší distribuci lepidla i vytlačení bublin. Nároky na lisovací stroj jsou především z hlediska kolmosti ploch, dostatečného a rovnoměrného tlaku, jež pro dané lepidlo udává výrobce. Obecně jsou uváděny tlaky v rozmezí 0,6 – 1,2 MPa, při jejichž dodržení u většiny typů lepidel vzniká dobré spojení a pro běžné rozměry materiálu nedochází k poškození či destrukci materiálu. Tlak závisí na konkrétním lepidle, pro tuto práci a různé typy lepidel lze uvádět právě požadovanou hodnotu tlaku v lisu alespoň 0,6 MPa. U lepených spojů se s ohledem na další dřevěné materiály lepení obecně skládá z přípravy spojovaných dílců, přípravy lepidla, nanášení, lepení (lisování) a klimatizace po lepení. K lepení konstrukčních spojů se používají montážní lepidla, zejména glutinová, polyvinylacetátová (PVA) a močovino formaldehydová (UF). Minimální doba stlačení je většinou udána výrobcem a pohybuje se v řádu desítek minut či jednotek hodin, maximální nebývá omezena. [13] [24] [25]

2.2 Spojování dílců a konstrukce výrobků

Stěžejními výrobky pro navrhovaný lis budou korpusové typy nábytku, jako jsou skříňky, police, zásuvky a další. Podstatu zde tvoří spojení deskového dřevěného materiálu a podélné lepení masivu na spárovku. Konkrétně jde o šířkové a rohové spojení, z důvodu možného použití lisu i na rámy pak rovněž rohové spojení rámových konstrukcí.

Prvním typem spoje jsou šířková spojení, která se z nejšířšího pohledu rozdělují na lepená a nelepená. Nelepená šířková spojení mohou přirozeně pracovat, především bobtnat a sesychat, bez větších problémů. Jednotlivé dílce však nesmí být příliš široké a měly by být upevněny na nosné konstrukci. Spojení může konkrétně tvořit polodrážka s přiznanou spárou, vložené či vlastní pero nebo přesazená obložení. V případě větších desek a ploch, při výrobě korpusů, polic a dalších jsou stěžejní lepená spojení desek. Ta mohou být šířková či rohová. Spojení lepená šířková zpravidla nemají viditelnou spáru. Jak již bylo uvedeno, zejména u masivních dřev je nezbytné dbát na bobtnání a sesychání. Vlastnosti spoje

udává především použité lepidlo, které ovlivňuje možnou míru zatížení jak mechanického, tak teplotního nebo odolnost vůči vnějším vlivům a také dobu, po kterou lze spoj tomuto zatížení či prostředí vystavit. Z toho vyplývá použitelnost konečného výrobku. Roli hraje i tvar spoje. Konkrétní tvarové provedení je možné provádět jednoduše na tupou spáru nebo lze styčnou plochu zvětšit a pojistit přířezy zuby, perem nebo kolíky. Větší plochy se snáz deformují, proto se používá stabilizace těchto ploch v podobě okrajnic, svlaků a skrytých stabilizátorů. [11] [26]

Druhým typem jsou rohové spoje desek, které lze rozdělit dle provedení spoje. Těchto provedení a jejich modifikací je velké množství v závislosti na účelu, materiálu, kvalitě, estetice aj. Základní a často používané spojení tvoří spojení natupo. Další jsou sbíjené spoje. Zpravidla i u nich musí být dodržena orientace vláken ve dřevě. Může být zhotovena polodrážka nebo zapuštění v celé tloušťce. Použití spoje je zejména pro jednoduché nezatěžované korpusy a police. Spojení s perem je zpravidla lepené a obsahuje vlastní nebo vložená pera a drážku, popř. drážkovanou profilovou spáru. Lepená plocha je zvětšena a brání se deformacím. Pro pera a drážky platí obecná pravidla týkající se rozměrů, přesností a uložení a mohou mít různé provedení. Vložená pera či lamely mohou být z odlišného materiálu než spojované dílce a jsou rozměrově normalizovány. Svlaky jsou spojení někdy používaná u spojení do T u masivu. Tvoří je drážka vyříznutá nebo frézovaná zboku dílce a svlak na čelní straně druhého dílce. Ke spojení dochází nasunutím a lepením, drážka i svlak jsou mírně klínovité. Svlak pro použití lisu není vhodný ani jej nevyžaduje. Ozuby jsou starší technologií rohového spoje používané hlavně pro masiv, popř. překližku. Plusem je kvalita a estetika spojení. Strojně zhotovené ozuby jsou takřka k nerozeznání od dnes už příliš nepoužívané ruční práce a mohou mít různé tvary včetně oblých a okrasných. Je možné rozlišit ozuby otevřené, polokryté a celokryté a sdružené čepy. Ozuby lze často s výhodou lepit bez lisovacího tlaku. Kolíky představují velmi jednoduché a časté spojení, které není třeba příliš rozvádět. Hodí se pro masiv, překližku i dřevotřísku. Spoj je vhodný pro automatizovanou výrobu právě zejména korpusů. Rozlišují se spoje natupo a kolíkování na pokos. Spojení má své požadavky k umístění kolíků, odstupu od sebe aj. Rozměry kolíků jsou normalizovány. Tupé spojení na pokos je možné zhotovit při zabezpečení vysoké pevnosti lepení. Důležité jsou kvalitní lepidlo a lepená plocha. Používá se pro menší výrobky. [11] [26]

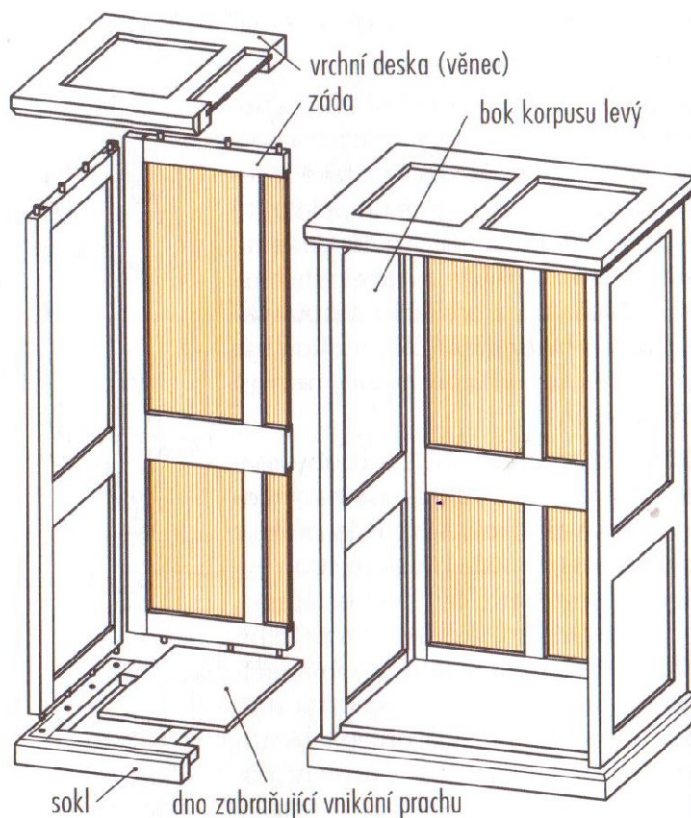
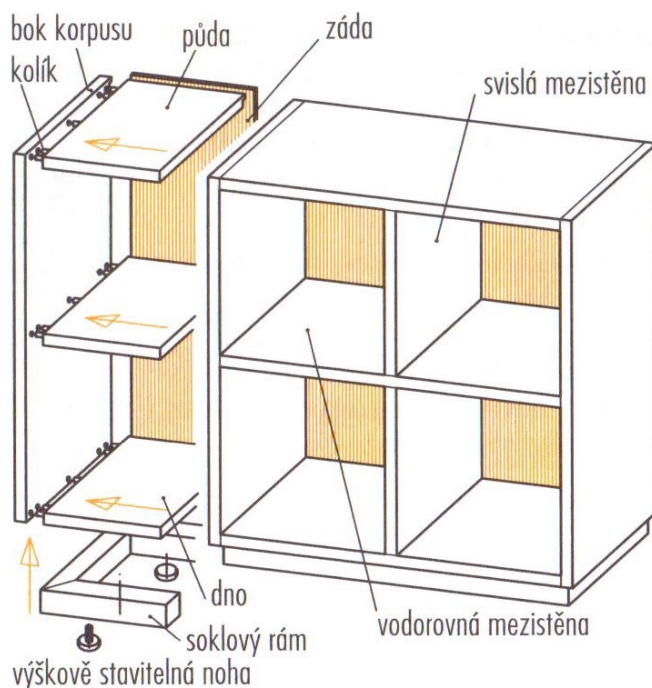
V neposlední řadě je spojení zajišťováno rozebíratelnými mechanickými spoji, které jsou velmi časté. Zhotovují se především z důvodu transportu a pozdější montáže u kon-

cového zákazníka. Opakovanou smontovatelnou lze uvažovat s rezervou vzhledem k často nízké kvalitě spoje. Jsou potřeba spojovací elementy v podobě kování, kolíků, šroubů aj.

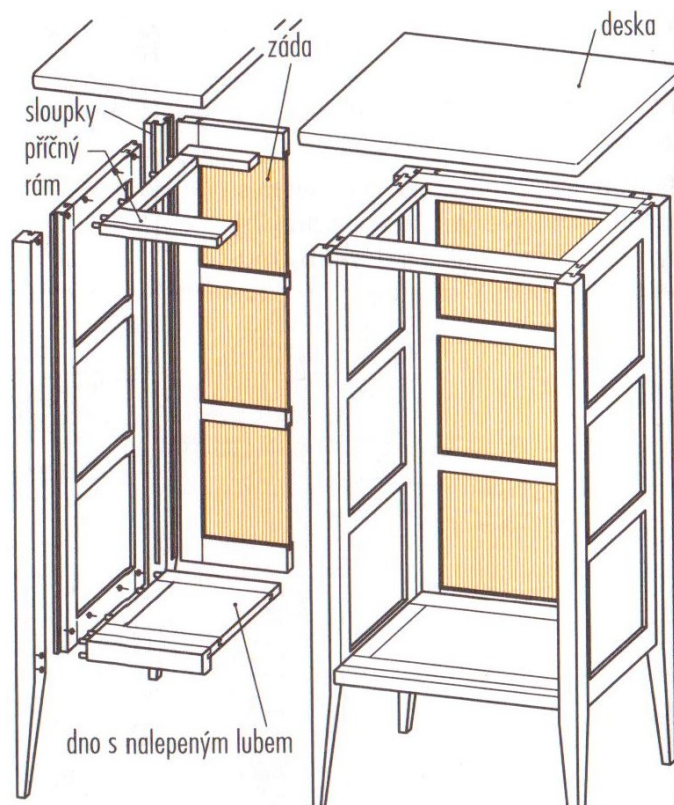
Samostatnou kapitolu tvoří spojení ráků. Ke spojení jednotlivých obvodových dílů ráků v tomto případě dochází překlátováním, na čep a rozpor, kolíkovým či čepovým spojem, spojem s vloženými pery a miniozuby, popř. kombinací zmíněných spojů. Spojení je zpravidla lepené, v podstatě stejné jako u rohového spojení desek a platí pro něj stejné zákony. Větší ráky je nutné často dělit příčkami či středovými vlysy. V případě užití korpusového (rámového) lisu je nutné, aby síla působila v dostatečně malé vzdálenosti od opěrné stěny lisu. Ráky jsou často s výplní, která je zhotovena v ráku do drážky či polodrážky, do lišt, výplní přesazenou, se žlábkem či imitované ráky a výplně. [8] [11] [26]

Pro konstruovaný lis je klíčovým konečným produktem nábytkářský korpus. Základ tvoří konstrukce desková, rámová a sloupková. Desková konstrukce může být dvojího druhu. Jedna, v níž je využito zpravidla masivního dřeva, popř. překližky a druhá, kde jsou jednotlivé části z nejčastěji prefabrikovaných desek z aglomerovaných materiálů. První druh, někdy označovaný jako spárovková konstrukce, využívá k rohovému spojení svlaky nebo ozuby. Korpus je tvořen spojením samotných desek, přičemž pevnost a nosnost korpusu tvoří pouze tyto desky a jejich vzájemné spojení. Spojení může být lepeno, u svlaku však ne v celé délce. V případě druhé konstrukce spojení zajišťují především kolíky nebo lamely, běžné je také spojení velkých dílců montovaným spojem. U obou typů mohou být průběžné boky nebo dna a půdy korpusu a tyto mohou být umístěny na soklu. Korpusy mohou být doplněny o další prvky zásuvek, podstav aj. Možnost využití lisu je možná a opodstatněná dle konkrétního prvku a provedení. Rámová konstrukce je vyrobena spojením ráků s výplní a spojena rohově čepy či kolíky. Rám je nejčastěji z masivu, výplně z překližky či aglomerovaných materiálů. Sloupková konstrukce má průběžné nosné vlysy (sloupky) zboku korpusu. Stěny mohou být tvořeny rákem s výplní stejně jako samostatnými deskami a rohy spojeny kolíky či pery. U malého a menšího nábytku jsou části všech typů lepené, u většího montované. Spojení boků a sloupků bývá lepené, opět s kolíky či pery. Jednotlivé základní konstrukce jsou patrné na Obr. 9 a 10. Existují různé verze těchto spojení s ohledem na průběžné desky, typ spojení kolmo nebo na pokos, s kolíky, lamelami aj. [11]

Vhodnost použití lisu na korpus či jeho části je závislá na konkrétním případě.



Obr. 9 Konstrukce nábytkových korpusů desková (nahore) a rámová (dole) [11]



Obr. 10 Konstrukce nábytkových korpusů sloupková [11]

3 KONCEPCE KORPUSOVÝCH LISŮ A STROJE NA TRHU

U korpusových lisů je poměrně obtížné uvádět jednotlivé dané koncepce, neboť existuje řada výrobců, kde každý volí vůči ostatním více či méně odlišné řešení. Existuje několik koncepcí prakticky shodných, které lze zařadit, rovněž pak ale vznikají řešení nová, která již přímo zařaditelná nejsou. Jediným relevantním kritériem při navrhování stroje a jeho koncepce jsou konkrétní výroby.

Nejvýkonnější stroje pro automatizovanou výrobu v duchu průmyslu 4.0 lze nejčastěji označovat jako automatické průběžné korpusové lisy. Požadavky jsou u nich kladené především na rychlost, přesnost (úchop a aretace polohy před samotným lisováním i zhotovení výsledného výrobku), programovatelnost, spolehlivý a bezporuchový chod apod. Příkladem takového lisu je stroj výrobce Homag s označením CABTEQ T-250 (Obr. 11). Velikost, váha i pořizovací cena je však značná a stroj se tak hodí jen pro největší provozy.



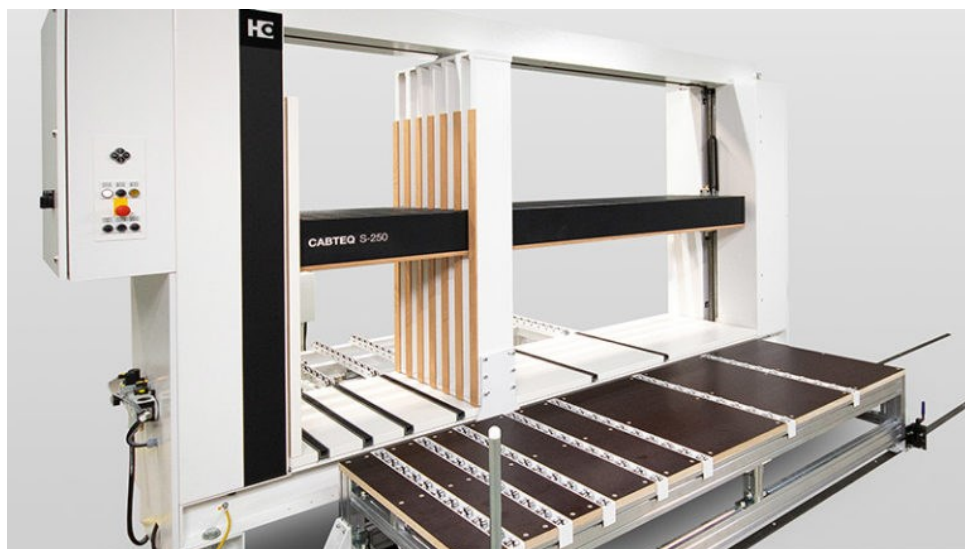
Obr. 11 Automatický průběžný korpusový lis Homag CABTEQ T-250 (foto epimex.cz)

Co se týče automatizace a průběžného lisování u menších sérií, popř. individuální zakázkové výroby, příkladem může být lis klasické rámové konstrukce Bonacin Closer 2500 na obr. 12. Jde o klasickou konstrukci vybavenou pásovým dopravníkem pro posuv korpusů a elektronickým řídicím systémem. Přestavuje možnost automatického průběžného lisování v menším měřítku a také realizaci lisů podobné konstrukce pro linky.



Obr. 12 Automatický průběžný korpusový lis Bonacin Closer 2500 (foto bonacin.it)

V případě této koncepce, kdy dochází k lisování uvnitř rámu pohybem dvou kolmých příček proti rohu rámu nebo proti třetí příčce a spodní části rámu, avšak bez zařazení do automatizované linkové výroby, se jedná zřejmě o nejrozšířenější koncepci korpusových lisů. Konstrukce tohoto typu je velmi jednoduchá, stroj má vysokou tuhost a může mít velký výkon. Je možná výroba i dosti rozměrných korpusů. Nejčastější parametry maximálního rozměru výrobku většiny výrobců bývají 2500 x 1300 x 700 mm. Nespornou výhodou je z podstaty koncepce vyplývající rovnoměrné rozložení tlaku. Nevýhodou těchto lisů je stále velká hmotnost, vysoká pořizovací cena a relativní rozměrnost, což často znemožňuje použití těchto strojů u nejmenších výrobců. Příklad tohoto konstrukčního řešení je na obr. 13. Je vhodné zmínit pomocné manipulační zařízení s významem především u rozměrných výrobků a při zhotovování většího počtu. V praxi existuje řada podobných řešení, která se liší dosedacími plochami, mechanismem jejich vzájemného pohybu aj., z podstaty věci je však řešení shodné.



*Obr. 13 Korpusový lamelový lis Homag CABTEQ S-200 s manipulačním příslušenstvím
(foto epimex.cz)*

Druhým zavedeným řešením je lis nejčastěji označovaný jako rámový. Tato koncepce nejčastěji slouží k výrobě rámců, pro korpusy však stačí změnit pouze čelisti tohoto lisu. Hlavní výhodou je nižší cena, menší prostorové nároky a všestrannost. Tyto vlastnosti jsou klíčové především pro nejmenší firmy se širokým záběrem, tedy pro zakázkové truhlářské dílny, kdy hlavním cílem je jak zvýšení produktivity práce, tak zvýšení kvality a udržování vysokého standardu výrobků. Hlavním přínosem je tak zhotovení jakostnějších výrobků (pokud je zohledněn výrobní čas) při současném snížení nákladů. Podle vybavení stroje jej lze označit jako vertikální multifunkční lis. Touto koncepcí s tímto označením se zabývá například německý výrobce Feichtner u modelů řady RP nebo rakouská firma Holzmann Maschinen s řadou VST/VSTR. Na trhu je možné nalézt označení korpusový i rámový pro jeden stejný výrobek, podle vybavení a primárního určení. Příklad stroje tohoto typu je na obr. 14. Specifikem navrhovaného lisu oproti nabídce této koncepce na trhu je požadavek již zmíněného vyvozování lisovací síly za pomoci pneumatického pohonu namísto hydraulického, který je pro tento typ běžný. Síla, která musí odpovídat požadavkům výroby lisováním u daných výrobků, bude určující pro návrh celého rámu lisu. Krom rozšířených koncepcí je možné na trhu nalézt různé další s konkrétní mírou specializace pro jednotlivé produkty. V textu výše jsou uvedeny pouze rozšířené koncepce či možnosti řešení, ze kterých většina dostupných strojů vychází. Příkladem dalších návrhů mohou být třeba zařízení značky Ligmatech, konkrétně model MPH 10/08 GAZELLE nebo vysoce moderní a výkonné CNC lisy firmy Priess-Horstmann řady KP a řada dalších.



Obr. 14 Multifunkční lis Feichtner RP 3000 (foto simek.eu)

Někteří výrobci, zabývající se korpusovými lisy: Homag, Holzmann, Ligmatech, Comil, Dvořák, Bonacin, Tiger, Ramarch, Gannomat, Feichtner.

4 PNEUMATICKÉ SYSTÉMY

Pneumatika je technický obor, který se zabývá přeměnou energie stlačeného vzduchu na mechanický pohyb. Většina zařízení využívajících pneumatiku je přetlaková, nicméně je možné využívat také podtlaku. Soustavy pneumatických zařízení je možné rozdělit na jednotky řídicí a jednotky výkonové. Celek poté zahrnuje výrobu a úpravu stlačeného vzduchu, jeho rozvod, ovládací prvky a pohon. Hlavní použití nachází pneumatika v lehkém průmyslu u řady výrobních strojů a zařízení. V této práci bude pojednáno o tomto oboru se zaměřením na dané použití, tedy o lineárních pohonech.

4.1 Vlastnosti, výhody a nevýhody, porovnání s hydraulickými systémy

Pneumatické systémy mají své typické oblasti uplatnění, kde je jejich užití vhodné, své opodstatnění mají však v nejrůznějších aplikacích i při inovacích, například v oblasti sportu, robotiky či zdravotnictví. Příkladem z posledních dvou jmenovaných oborů budiž pneumatický sval ve svazcích využitý při sestrojení umělé končetiny. Vždy je však třeba zhodnocení vhodnosti této technologie pro danou konkrétní aplikaci. Je tedy vhodné uvést základní vlastnosti těchto systémů a zároveň porovnání se systémy hydraulickými, které jsou principiálně podobné a liší se prakticky jen použitým médiem s odlišnými požadavky na provedení. Rovněž tvoří alternativu pohonu lisu. Existují však zásadní odlišnosti.

Výhody pneumatických systémů:

- možnost dopravit vzduch vedením do určité vzdálenosti a uchovat ho v zásobníku,
- zdroj stlačeného vzduchu může být mobilní zařízení (pojízdný kompresor),
- jednoduchost konstrukce, robustnost a relativně jednoduché opravy,
- možnost stálého zatížení zařízení (např. pneumatické upínače, přítlaky), odolnost proti přetížení (při zablokování pohybu nedojde k vážnému poškození),
- necitlivost média na změny teplot, možnost použít v rizikovém prostředí,
- vysoká rychlost pohybu pístů až 3 m/s,
- vysoké otáčky pneumatických motorů a turbín,
- velká počáteční síla a moment,
- malá hmotnost vzhledem k výkonu.

Nevýhody pneumatických systémů:

- poměrně velká hlučnost (kompresory a ventily),
- ztráty netěsnostmi a narůstání provozních nákladů,
- nutnost a obtížnost mazání, ve vypouštěném vzduchu je obsažena olejová mlha,
- poměrně malá vyvíjená síla omezená tlakem do 1 MPa,
- dynamika pohybu závislá na zatížení,
- obtížné dosahování rovnoměrného pomalého pohybu,
- nutnost oddělovat kondenzační vodu.

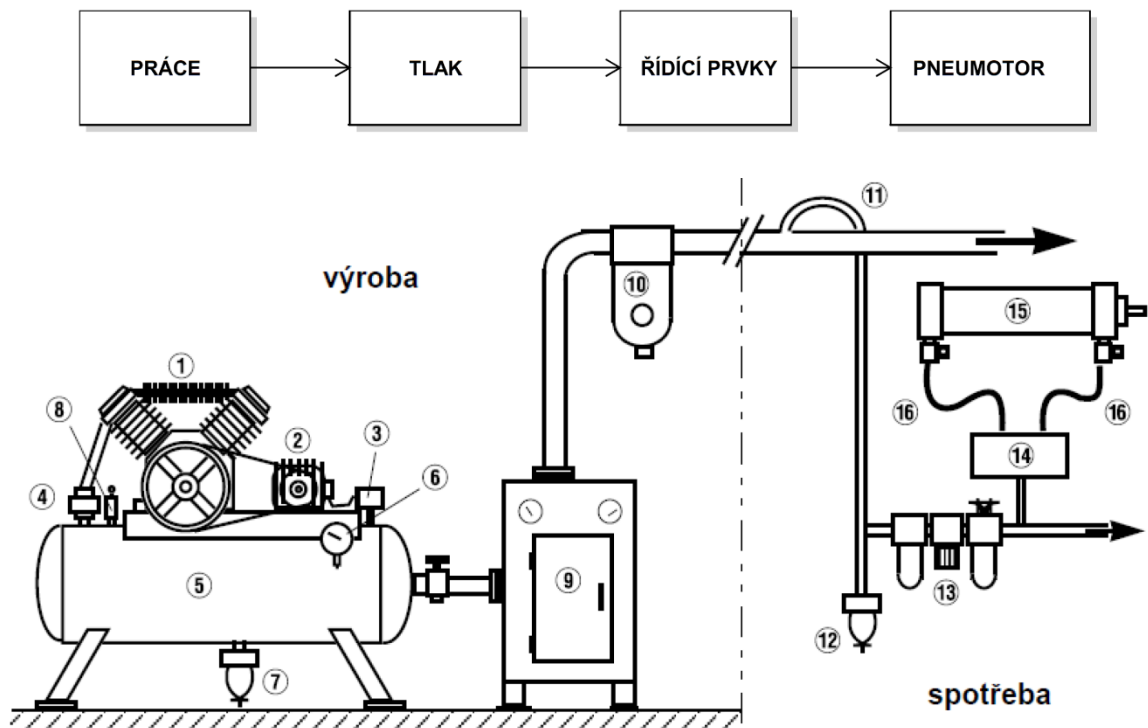
Porovnání pneumatických systémů s hydraulickými:

- není třeba zpětné vedení, lze použít jediný centrální energetický zdroj pro více soustav, hmotnost pracovního média je nižší – jednodušší obvod a rozvod,
- menší problémy s netěsnostmi,
- necitlivost stlačeného vzduchu na kolísání teplot ve velkém rozsahu,
- vyšší bezpečnost a přetížitelnost,
- vyšší průtok média, vyšší rychlost,
- rozměry jsou srovnatelné,
- přenos menších výkonů z důvodu omezeného maximálního tlaku,
- nižší tuhost, nižší účinnost, práce se stlačitelným médiem – větší objemy a požadavek většího množství energie na stlačení – nákladnější provoz,
- obtížnost realizace pomalého a plynulého chodu, obtížné nastavení polohy,
- vyšší hlučnost.

Z uvedených rozdílů plyne řada zásad a skutečností, se kterými je zapotřebí při návrhu pohonu a zvažování jednotlivých systémů počítat. Ve shrnutí však lze uvést, že pneumatické systémy nachází opodstatněné uplatnění především tam, kde jsou dostačující malé až střední síly a jednodušší cykly, popřípadě jejich vysoká frekvence a rychlost, kde nerovnoměrnost pohybu při nižších rychlostech není na překážku a tam, kde nelze hydraulické pohony použít z hlediska bezpečnosti. Pro aplikaci, která je předmětem této práce, lze považovat pneumatiku za přijatelnou, i když použití hydraulického systému by mohlo být vhodnější, především kvůli výkonu a účinnosti. Hlavními přednostmi pneumatiky zde však jsou bezpečnost, čistota, relativně nízká hmotnost a jednoduchost.

4.2 Konstrukce a realizace pneumatických systémů

Konstrukce a realizace pneumatického zařízení sestává z výroby a úpravy stlačeného vzduchu, jeho rozvodu, ovladačů a pohonu. Jednotlivé části systému jsou na obr. 15.



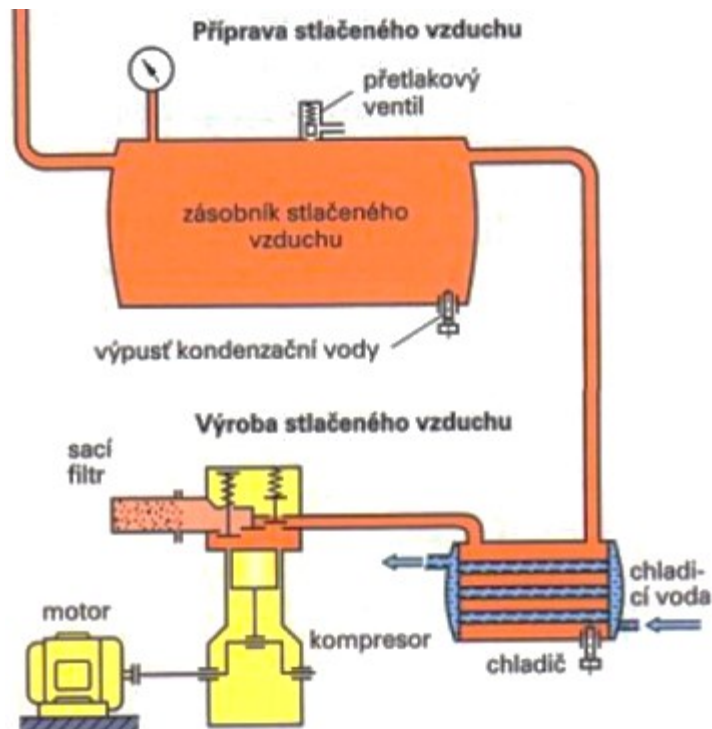
Obr. 15 Základní obvod [18]

- 1 – kompresor, 2 – elektromotor, 3 – tlakový spínač, 4 – zpětný ventil, 5 – vzdušník,
 6 – manometr, 7 – vypouštění kondenzátu, 8 – přetlakový pojistný ventil,
 9 – vysoušení vzduchu, 10 – filtr, 11 – boční vedení, 12 – vypouštění kondenzátu,
 13 – úprava stlačeného vzduchu, 14 – ventil, 15 – pneumatický pohon, 16 – škrtkový ventil

4.2.1 Výroba stlačeného vzduchu

Požadovaný tlak v pneumatickém obvodu zajišťuje kompresor. Stlačený vzduch se uchovává v zásobníku za kompresorem, který musí být dostatečně objemný a v součinnosti s kompresorem musí poskytovat napojenému pneumatickému systému dostatek vzduchu o dostatečném tlaku. Běžné kompresory ve výrobě pracují samočinně, přičemž záleží na tlaku vzduchu v zásobníku. Běžně bývá tlak $6 \div 8$ bar. Pokud poklesne tlak pod nastavenou mez, spustí se elektromotor pohánějící kompresor, který začne tlak doplňovat. U velkých zařízení může kompresor běžet nepřetržitě. Další části celku pro výrobu stlačeného vzduchu jsou uvedeny na obr. 16. Figuruje zde také sací filtr a oddělovač kondenzační vody vzniklé při chlazení vzduchu, který zabraňuje korozi a poškození částí. Ještě jednou je také

vhodné zmínit zásobník stlačeného vzduchu, který kromě plynulého poskytování vzduchu zajišťuje také ochlazení a je v něm umístěn oddělovač kondenzační vody. Jeho velikost je volena dle průměrné spotřeby a rovnoměrnosti odběru v daném provozu. [15] [19]

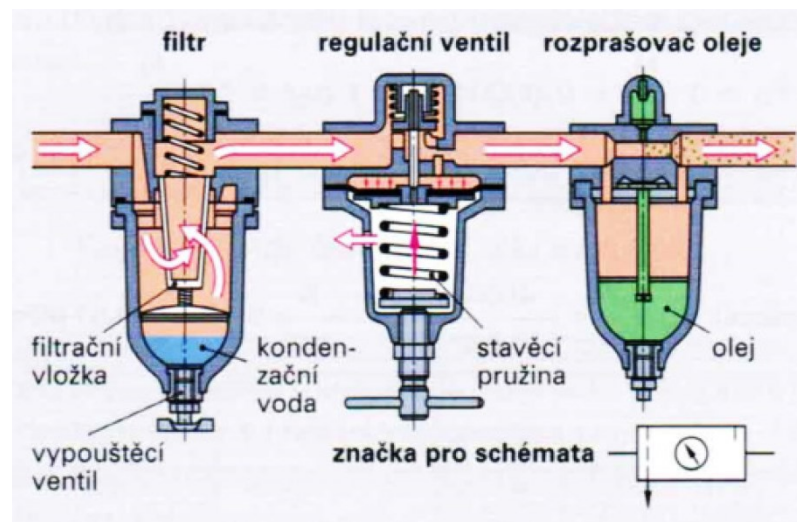


Obr. 16 Výroba (příprava) stlačeného vzduchu [15]

4.2.2 Rozvod a úprava vzduchu

Rozvod probíhá za pomoci potrubí či hadic. Je nutná úprava vzduchu, kdy je především nutno dbát na odstranění nečistot a eliminovat vzdušnou vlhkost. Pro zpracování vzduchu kompresorem je zapotřebí, aby vzduch obsahoval určité množství oleje, který ale tvoří znečištění ve vypouštěném vzduchu. Průměr hlavního rozvodu určuje procházející objem, odpor proudění, délka vedení, provozní tlak a jeho přípustný pokles. Ve směru proudění vzduchu by pak měl existovat alespoň minimální spád a v nejnižším místě výpusť ventil z důvodu odvádění kondenzační vody. Kvůli vodě je také potřeba napojovat boční vedení na horní stranu hlavního rozvodu. V rozvodu mohou vznikat relativně velké ztráty netěsností, přičemž je samozřejmá snaha o ideální těsnost, ke které se lze přiblížit správným provedením rozvodu a jeho pravidelnou kontrolou a údržbou. Úprava stlačeného vzduchu zahrnuje několik procesů. Oddělení kondenzační vody a některé obecné postupy již byly zmíněny. Co zmíněno nebylo, je možnost aktivního vysoušení stlačeného vzduchu například vymrazováním za zásobníkem. Do úpravy je zahrnuto i přidávání oleje rozprašováním, kdy se sytí plyn mazivem (Venturiho trubice). Zásadním prvkem pro pneumatické

systemy je pak také vzduchový filtr. Ten zachycuje unášené pevné částice, které mohou způsobit poškození a ovlivnit funkci regulace i motorů. Úprava vzduchu je v praxi zajišťována jednotkou úpravy vzduchu, kde krom zmíněného rozprašovače oleje je ještě hlavní a regulační tlakový ventil. Jeho úlohou je udržení provozního tlaku v žádaném rozsahu. [9] [15]

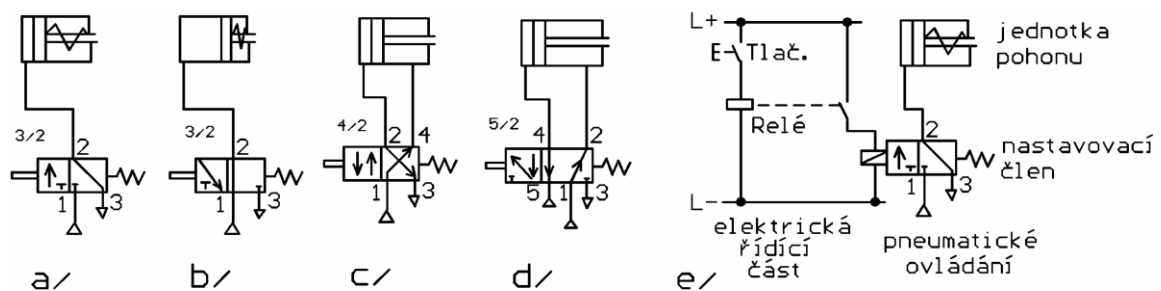


Obr. 17 Jednotka úpravy vzduchu [15]

4.2.3 Řízení

Pneumatické systémy lze řídit několika způsoby, kdy volba závisí na složitosti dané aplikace. Pro jednoduché úlohy je možné používat čistě pneumatické prvky. Podmínkou tohoto řízení je systém, u kterého není zapotřebí získávat informace o stavu systému. Při druhém typu řízení tvoří základ řídicí jednotka, která přijímá a zpracovává řídicí signály. Výkonová jednotka poté tyto zesílené signály využívá k řízení nastavovacích členů, válců a motorů, které pohybují částmi pracovních mechanismů a strojů. Užití stlačeného vzduchu k řízení je omezeno přesností s ohledem na stlačitelnost a omezení tlaku. Elektropneumatické řízení je využíváno k elektrickému řízení pneumatických pohonů. Jedná se o spojení elektrické řídicí jednotky s pneumatickou výkonovou jednotkou. V tomto případě je již nutné použít senzory a získávat zpětnou vazbu řízení. Schéma elektropneumatického řízení je znázorněno na obr. 18 e). Řízení je prováděno ventily, které řídí tlak i směr proudění, objemový průtok média, rozběh a zastavení pneumatických motorů. Jsou zkonstruovány tzv. cestné ventily, které usměrňují tok média. Dá se říci, že mění cesty propojováním dílčích cest a mění rychlosti proudění. Označují se dle počtu cest, tedy vedení či vývodů napojených na ventil a dle počtu stavů, ve kterých se ventil může nacházet, tedy počtu jeho

poloh. Např. cestný ventil se 4 ovládanými vývody a 2 polohami je označen jako 4/2 cestný. Více odvodu vývodů může být označeno jako jediný. Podle funkce je pak lze rozdělit na uzavírací či odvodušovací, 2/2 popř. 3/2 cestné. 3/2 jsou pak používány zpravidla pro řízení jednočinných válců. Pro řízení dvojčinných jsou užívány 4/2 a 5/2 cestné ventily nebo i 4/3 cestné ventily pro pneumatickou aretaci pístu v mezipoloze nebo plovoucí poloze bez tlaku při seřizování. Některé z ventilů jsou schematicky znázorněny na obr. 18. Dále lze rozlišovat ventily dle funkce a konstrukce. Průtokové ventily mění vnitřní průřez kanálu, čímž řídí průtok média (redukci tlaku či rychlosti odvodušnění). Je možné takto ovládat rychlost válců či otáčky. Konstrukce může být různá. Základní rozdělení je možné na ventily škrťací a clonové podle délky zúžení ventilu. Dalším typem jsou blokovací ventily, které umožňují průtok pouze v jednom směru. Jedná se o ventily zpětné, ventily pro rychlé odvodušnění apod. [18] [20] [21]



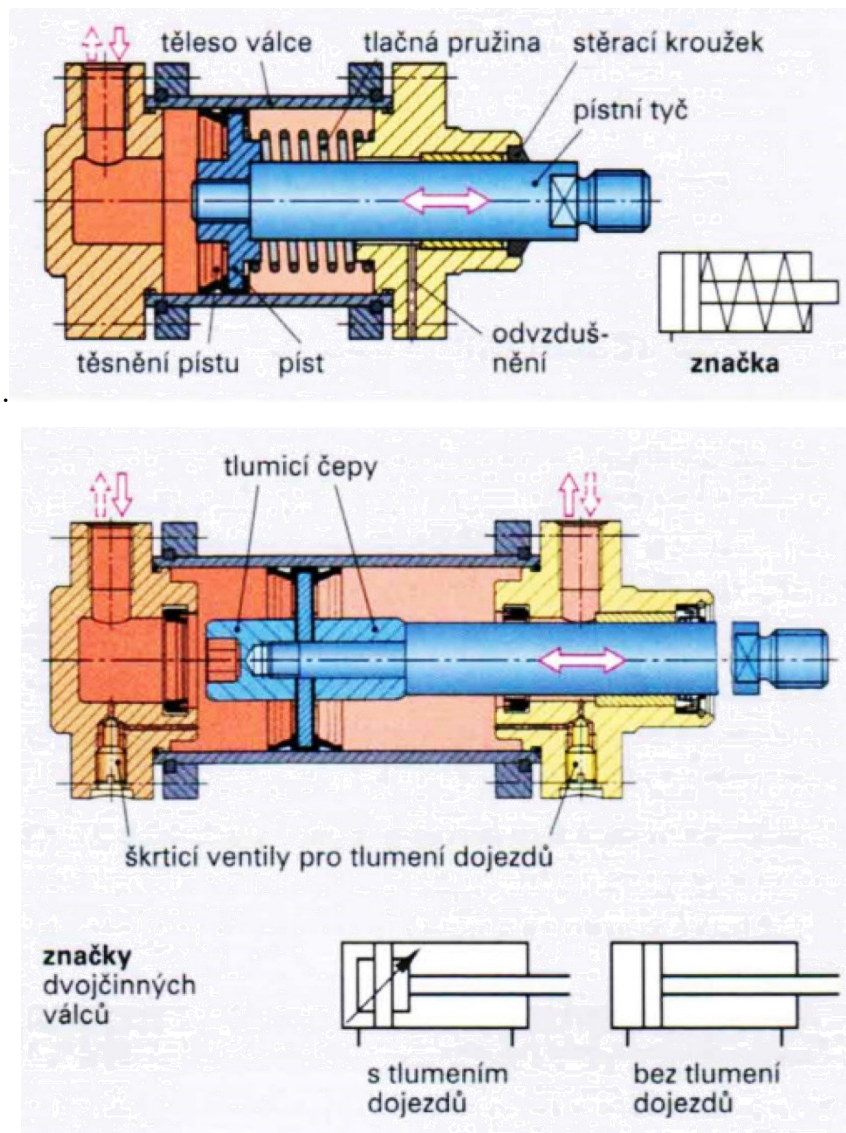
Obr. 18 Základy pneumatického řízení [32]

a) 3/2cestný ventil v klidu uzavřený; b) 3/2 v klidu otevřený; c), d) řízení dvojčinného válce; e) elektropneumatické řízení

4.2.4 Pohony

Pneumatické pohony jsou výkonové prvky pneumatického systému, které přeměňují energii stlačeného vzduchu na mechanický pohyb. V této práci bude pojednáno pouze o pohonech s přímým pohybem, tedy pneumatických válcích. Kromě nich existují ještě pohony s točivým a kyvným pohybem. Pneumatické válce lze rozdělit na jednočinné a dvojčinné, tedy poháněné v jednom nebo v obou směrech. Jednočinné válce mohou být konstruovány jako pístové nebo membránové. Tlak vzduchu v nich působí pouze na jednu stranu pístu či membrány. Z principu vyplývá, že tyto válce mohou vyvíjet pracovní sílu pouze v jednom směru. Typickou aplikací je upínání, posun, lisování apod. Díky konstrukci mají omezený zdvih. Jednočinné písty disponují zdvihem do 50mm. Dvojčinné pneumatické válce pak dokážou vyvíjet sílu v obou směrech, protože stlačený vzduch je přiváděn

na obě strany pístu. Oproti jednočinným tedy nepotřebují vratný element a jejich síla není zmenšena o sílu, kterou tento element vyvíjí při pracovním pohybu vpřed. Pohyb na obě strany může být rychlý a lze jej nastavovat. Rovněž u dvojčinných válců je možné realizovat větší pracovní zdvih, který je limitován pouze vzpěrem pístnice a zpětná síla není limitována silou mechanického elementu. Dvojčinný píst je možno pneumaticky aretovat nebo nechat volně při kalibraci. Krajiní polohy u obou pístů mají dorazy, ale je vhodné zakomponovat tlumení, aby nedocházelo k poškození na dorazu. [15] [19] [20]



Obr. 19 Jednočinný válec (nahore), dvojčinný válec (dole) [15]

5 MONTOVANÉ A SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE

Základem konkrétního lisu bude v tomto případě jednoduchá rámová konstrukce, která je vhodná vzhledem k požadavkům na přijatelnou hmotnost a nízkou pořizovací cenu. Lis nemusí mít příliš velkou sílu a nemá tudíž ani příliš vysoké nároky na vlastní rám, navíc je nutné zachovat nízkou hmotnost z důvodu mobility. Poslední kapitola teoretické části této práce bude tedy věnována právě montovaným a svařovaným konstrukcím, možností jejich výroby či montáži jednotlivých dílů.

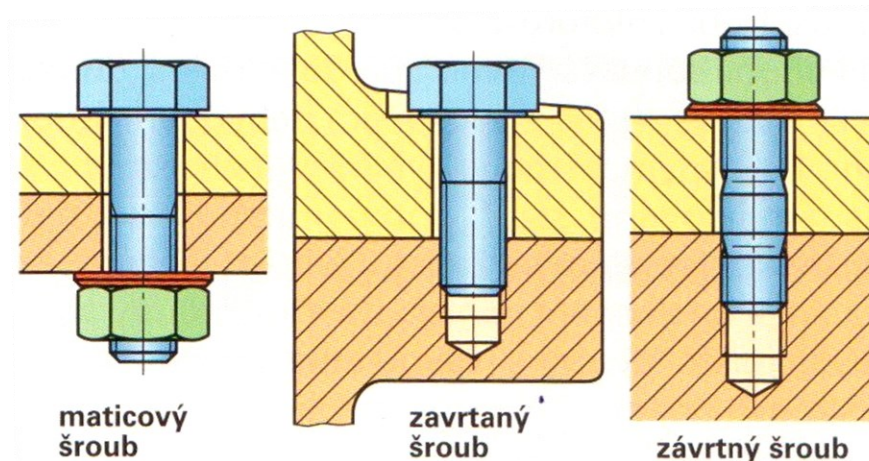
Funkce těchto konstrukcí je v převážné většině nosná nebo se jedná obecně o rám, oporu, vodící část či jinou podobnou pevnou nebo pohyblivou komponentu konkrétního zařízení. Hlavní předností je zde pevnost vzhledem ke hmotnosti a spotřebě materiálu, jež dovoluje užití při velkých rozměrech a také výškách. Je důležitá rovněž jejich snadná výroba a montáž, kdy není nutně zapotřebí drahého vybavení a zázemí a je možné používat dostupný normalizovaný materiál. Pod normalizovaný materiál využitelný pro tyto konstrukce spadá široká škála prvků vyráběných zatepla či zastudena válcováním, protlačováním nebo tažením, jako jsou tyče tvarového i jednoduchého průřezu, uzavřené profily, trubky a plechy. Jejich tvar, rozměry, materiál a další charakteristiky včetně označování určuje příslušná norma nebo jsou dány výrobcem. Stejně tak jsou důležité spojovací prvky jako šrouby, čepy, kolíky, nýty, nýtovací matice a další. Mimo nenáročné výroby a daných výhodných vlastností tato koncepce umožňuje často také přepravu v rozloženém stavu a montáž stroje až u koncového uživatele, což snižuje náročnost přepravy a finanční náklady. K nevýhodám lze zařadit poměrně špatné izolační vlastnosti (tepelné, vibrační a rázové i akustické) v porovnání s litými rámy strojů či konstrukcemi, které nevyužívají primárně tvarové nebo duté profily. V tomto porovnání mají montované a svařované sestavy též nižší tuhost, přesnost i odolnost.

5.1 Spojování dílců

Ke vzájemnému spojení jednotlivých dílů a částí konstrukce dochází různými způsoby v závislosti na požadavcích na rozebiratelnost, materiály, pevnost, konstrukční řešení, cenu a jiné. Spoje lze dělit z hlediska rozebiratelnosti, vzájemného styku součástí na spojení silovým, tvarovým, kombinovaným a materiálovým stykem a z hlediska provedení spoje. Ten může být šroubový, svarový, nýtovaný, lisovaný, lepený, na kolík a čep aj. Konkrétní spoj je volen dle konkrétních požadavků dané konstrukce. Přímo pro tuto práci je zásadní spojení šroubové a svarové. [15]

5.1.1 Šroubové spoje

Šroubový spoj je vhodný především z důvodu jednoduchosti, rozebíratelnosti, pevnosti, vyměnitelnosti spojovacích součástí bez porušení aj. Umožňuje rovněž vytvořit spoj s předepsanou silou v závislosti na utahovacím momentu. K nevýhodám lze zařadit především možné oslabení spojovaných dílců, povolení spoje a zvýšení hmotnosti celku spojovacím materiálem. Existují různá provedení dle použití, velikosti a tvaru spoje, materiálu, pojištění apod. Základní rozdělení dle uspořádání spoje je trojí – spoj s maticí, šroub zavrtnutý a závrtaný (Obr. 20). Šrouby lze dělit podle tvaru hlavy, rozměru dříku, závitů a dalších specifikací. Jsou normalizovány velikostí, tvarem a materiálem. Stejně tak existují různé typy matic a podložek. Použití podložek u šroubových spojů se provádí z řady důvodů, především proti povolení, ztrátě matice, poškození dosedací plochy či vyrovnání sklonu např. u profilů, trubkových kompenzátorů apod. [4] [14] [15]

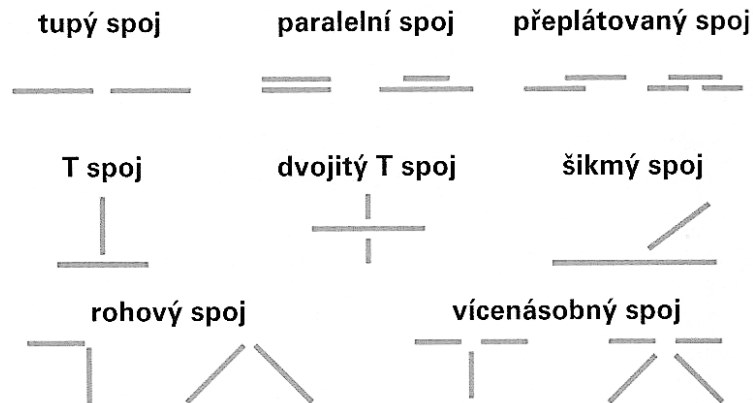


Obr. 20 Šroubové spoje [15]

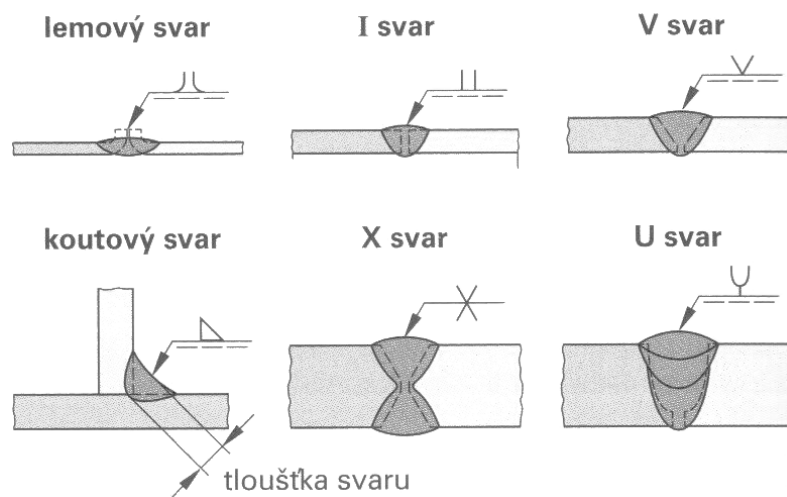
5.1.2 Svarové spoje

Svarové spoje slouží ke spojení kovových i nekovových materiálů působením tepla, tlaku, či jejich kombinace. Je to spojení s materiálovým stykem, kdy je podmínkou svařitelnost spojovaných materiálů. Může probíhat s přídavným materiálem nebo bez něj. Je technologií neoddelitelně spjatou s rámovými konstrukcemi i řadou dalších odvětví. K hlavním přednostem svarových spojů patří pevnost, těsnost, vodivost, jednoduchost, v podstatě nenarůstající hmotnost sestavy a prakticky libovolný tvar. Nevýhodou této technologie je ale vznik tepelně ovlivněné oblasti a vnitřního pnutí a změny tvaru a rozměrů v důsledku tepla. Rovněž je vyžadována svařitelnost materiálů. Před spojením svařováním je pak nutná příprava konkrétních ploch, správná volba technologie z hlediska polohy, ma-

teriálu a rozměrů spojovaných součástí a v neposlední řadě kvalifikovaný pracovník popř. optimalizovaná automatizovaná výroba. Tvary svarových spojů z hlediska polohy součástí a úpravy plochy jsou patrné na obrázcích. [1] [15]



Obr. 21 Druh svaru podle uspořádání dílů [15]



Obr. 22 Druh svaru podle tvaru průřezu [15]

Svary je nutné kontrolovat v závislosti na konkrétním výrobku od běžné vizuální kontroly až po např. kontrolu ultrazvukem nebo destruktivní zkoušky ohybem aj. Existuje mnoho vad svarů, které lze dělit na bodové, plošné a prostorové a vnitřní a vnější. Zejména to mohou být různé typy trhlin, dutin a pórů, vměstků či chyby tvaru. [4] [15]

5.1.3 Ostatní spoje

Další spoje využitelné s ohledem na dané téma jsou zejména spojení čepy a kolíky a také nýtová spojení, do kterých můžeme zařadit například i nýtované matice. Ty často

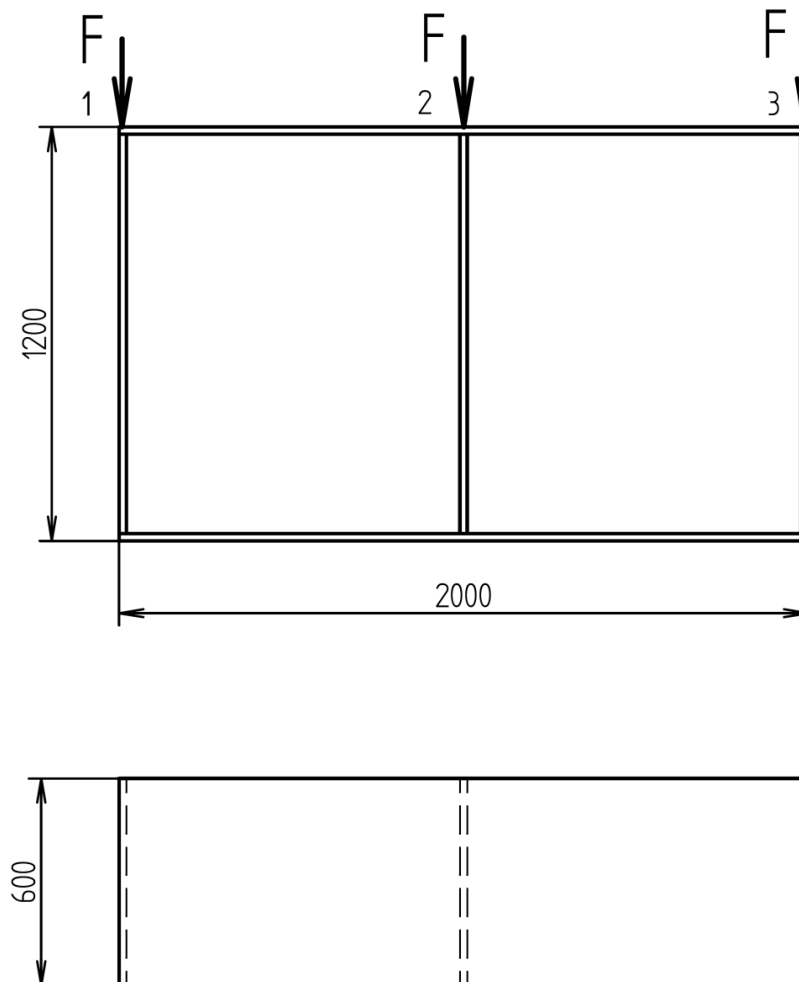
nacházejí využití v případě tenkých profilů a plechů tam, kde je třeba zachovat demontovatelnost a není možné nebo vhodné řezat závity nebo použít běžnou matici. Nelze zde nezmínit také lepené spoje. Čepy jsou krátké nosné hřídele, zpravidla normalizované. Lze použít čepy hladké (nutnost axiálního pojištění z obou stran), s hlavou (a závitem) a duté. Kolíky naproti tomu zajišťují spojení tvarovým stykem a používají se zejména k zajištění vzájemné polohy, ale také jako bezpečnostní element u spojek nebo u spojení hřídele s nábojem. Jsou také zpravidla normalizované. Lze použít kolíky válcové, kuželové, pružné a rýhované. U nýtových spojů se jedná o spojení tvarovým či kombinovaným stykem. Spoj může být oproti svařování do určité míry pružný a nedochází k zásadnímu tepelnému ovlivnění. Jeho výhodami jsou též jednoduchost a spojování různých materiálů. Nevýhodou je poté hlavně nerozebíratelnost daného spojení a oslabení nosného průřezu. K nevýhodám lze přičíst také možnost vytváření koroze ve vlhkém prostředí. Existuje nýtování přímé a nepřímé. Nepřímé nýty, jež tvoří samostatný nýt vložený do otvoru, jsou normalizovány. Dále je lze dělit dle těsnosti spoje, typu zatížení, vzájemné polohy spojovaných součástí, počtu či uspořádání. [4] [15]

Lepení bude zmíněno pouze s ohledem na mechanické komponenty strojů. Spoj je materiálový a je tvořen vrstvou lepidla mezi dvěma lepenými povrchy. Krom jednoduchého spoje dvou dílů slouží také jako pojištění šroubových spojů a utěsnění. K hlavním výhodám patří právě těsnost, jednoduchost a možnost spojení různých materiálů bez jejich ovlivnění. Nevýhodou je nutnost přípravy lepených ploch a velká závislost na vnějších podmínkách a charakteru zatížení. Spoje zpravidla také neodolávají vysokým teplotám a jejich kolísání. Pro spojení je nutná určitá plocha, její příprava před lepením a dodržení podmínek (teplota, tlak, doba vytvrzení, vrstva, vzájemné ustavení, odvětrávání aj.). Pro konkrétní spojení je nutné volit odpovídající lepidlo, jehož vlastnosti udává výrobce. [15]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI LISU

Parametry stroje vychází z maximální velikosti nábytkového korpusu a jeho provedení (Obr. 23) a z požadavků na funkčnost s ohledem na konkrétního uživatele a malé výrobce nábytku obecně. Uvedené a níže popsané parametry tvoří zadání pro konstrukci stroje.



Obr. 23 Zadaný korpus maximálních rozměrů

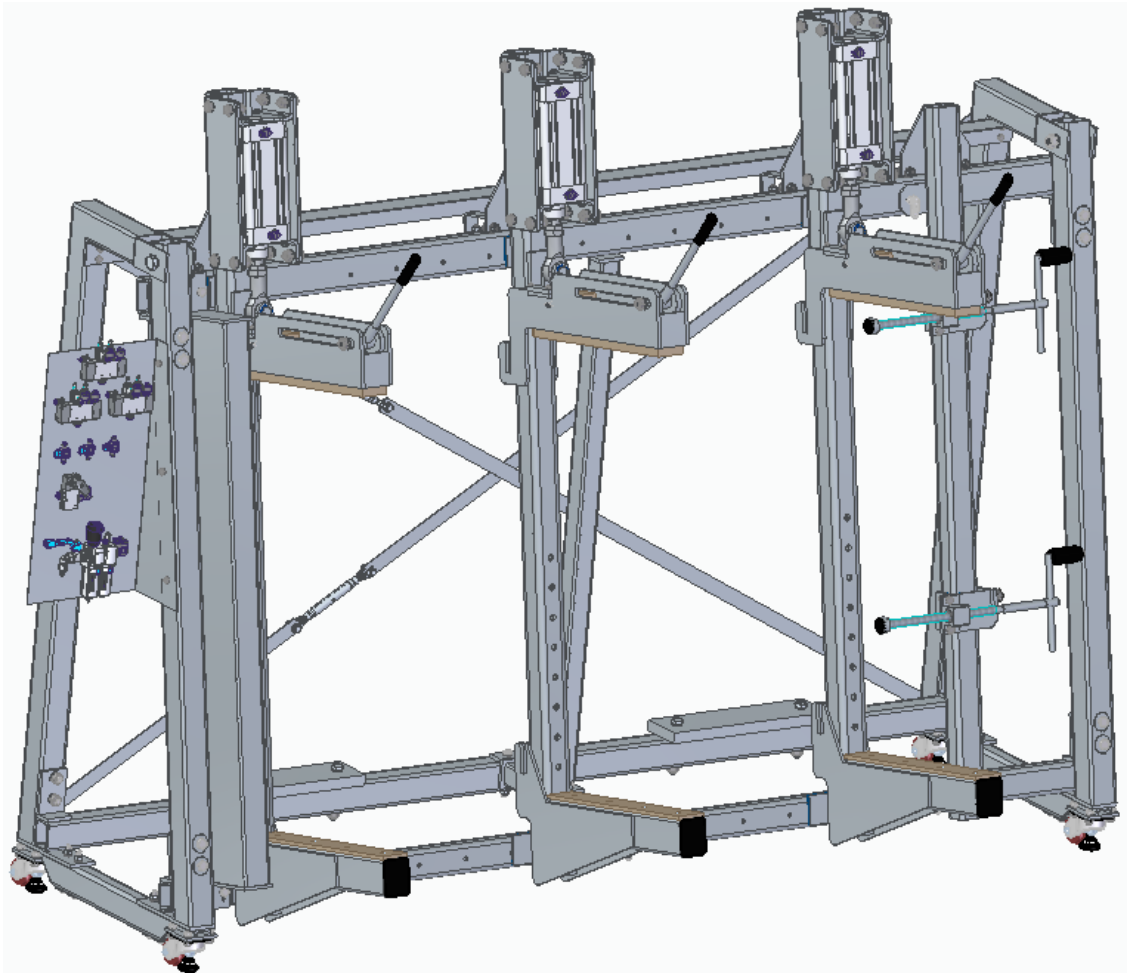
Zadané požadavky:

- rovnoměrné rozložení tlaku,
- stavitelné dle rozměru korpusu výškově a dle příček korpusu podélně (v bodech 2 a 3 – Obr. 23) a možnost užití na jednoduchý korpus bez příčky (odstranění, přesunutí nebo vyřazení jednoho lisovacího válce),
- mobilní zařízení (v rámci dílny),
- nízká pořizovací cena.

7 KONSTRUKCE STROJE

Korpusový lis bude konstruován dle koncepce popsané v kapitole 3 této práce. Daná konstrukce umožňuje výrobu bez nutnosti drahých technologií a zařízení a tedy zvláště specializovaného výrobního pracoviště. Základ je tvořen rámem zhotoveným z profilů, díly jsou upraveny, dle potřeby svařeny a jednotlivé svařené díly jsou pak smontovány šroubovými spoji či čepy. Toto řešení je vhodné z hlediska ceny, hmotnosti i mobility, kdy je nejen poměrně nízká hmotnost celku pro manipulaci, ale je rovněž možné stroj dle potřeby demontovat a v demontovaném stavu přepravovat. S ohledem na možnosti pohonu lisu (pneumatické a hydraulické) a specifikace válců bude samotný lis konstruován pro sílu lisovací jednotky rovné 20 kN, což také odpovídá běžné síle hydraulických válců strojů, které jsou v současnosti na trhu. Tato síla je volena z důvodu univerzálnosti stroje, tedy možnosti ho libovolně osadit pneumatickým či hydraulickým zařízením. Běžné základní (a tedy cenově přijatelné) pneumatické válce dle normy ISO 15552 dosahují maximální síly 7363 N při provozním tlaku 6 bar. Pro dané použití na lisu dostačují, nicméně je lis do určité míry limitován tloušťkou spojovaných částí korpusu, aby dosáhl dostatečného tlaku na konkrétní plochu. Z tohoto hlediska a s ohledem na vlastnosti pohonů a požadavky různých uživatelů je vhodné, aby byl stroj připraven i pro hydraulické zařízení a jeho větší sílu. I vzhledem k charakteru zařízení a nepříliš podstatnému nárůstu ceny konstrukčního materiálu je maximální síla stroje pro kontrolní výpočet volena s ohledem na hydraulické válce. Z hlediska hmotnosti dojde oproti zařízení, jež uvažuje pouze pneumatický pohon, k nárůstu, nicméně není předpokládána podstatná změna mobility stroje.

Konkrétní konstrukce, jež je předmětem této práce, vychází do značné míry ze strojů, jež jsou dostupné na trhu. Jednotlivé části, jejich funkční řešení, ergonomie a spojení jsou často navrženy odlišně. Důraz je kladen na ergonomii celého stroje, trvanlivost a jednoduchost. Další text bude věnován konkrétním konstrukčním řešením tohoto lisu. Celý stroj je znázorněn na obr. 24.



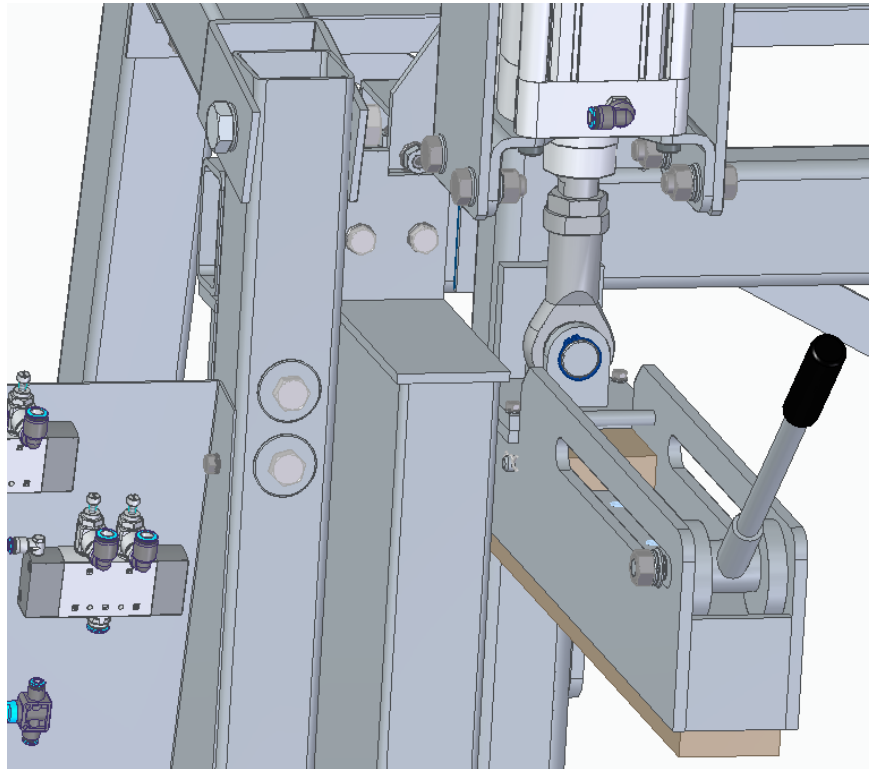
Obr. 24 Korpusový lis – sestava celku

7.1 Rám

Jak již bylo zmíněno, rám je tvořen profily, které jsou z důvodu spojení opatřeny příložkami či vidlicemi. Jedná se o ocelové, zejména uzavřené čtvercové či obdélníkové profily. Spojení je provedeno s ohledem na jednoduchost, rozumné využití tvaru spojovacích ploch a výhodné přenášení sil ve spoji, kdy je v některých případech síla přenášena již tvarem spoje a šroubů je prakticky třeba pouze k aretaci dílů na místě. Rám je pomyslně složen z přední a zadní části. Přední tvoří funkční lože lisu, na němž jsou zavěšeny tři lisovací jednotky, dotisk a opěrný trámec. Zadní část je pak tvořena nosnou opěrnou částí.

Na přední část jsou kladeny požadavky na rovinnost a kolmost takto vytvořeného lože lisu. Protože není vzhledem k charakteru stroje dle předpokladu možné při výrobě dosáhnout větší přesnosti, je tato část navržena tak, aby ji bylo možné složit nejdříve jako celek, v rámci vůlí spojů nastavit co nejpřesněji a poté vše osadit do zadní nosné části rámu. Součástí tohoto celku je kromě dvou bočních profilů a horního a dolního nosného a opěrného

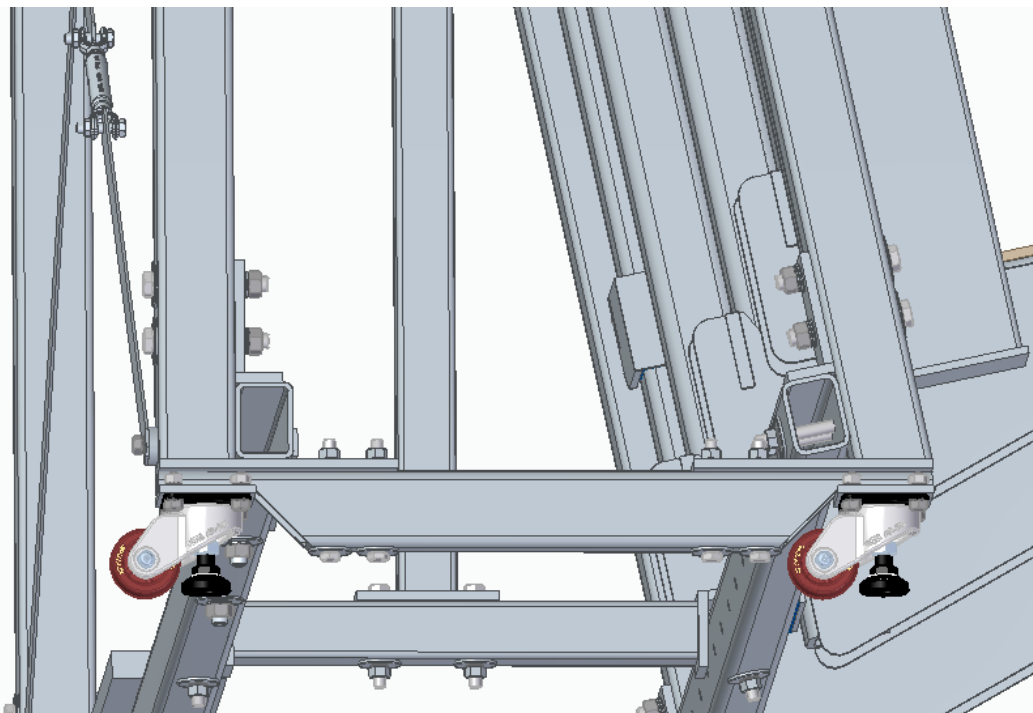
profilu také boční opěrný trámec, který tvoří oporu proti síle dotisku. Toto provedení zabezpečuje, že síla nebude přenášena do nosné části stroje a síla dotisku vyvíjená dvěma pohybovými šrouby bude namáhat pouze zmíněný horní a dolní profil tahem. Je takto rovněž tvořen doraz posuvné lisovací jednotky (Obr. 25).



Obr. 25 Opěrný trámec, řešení rámu a krajní poloha lisovací jednotky

Zadní část rámu je s přední částí spojena, jak je patrné na obr. 25 (nahore) a na obr. 26 (dole). Toto spojení by opět mělo umožňovat správné ustavení dílů (z hlediska sklonu a roviny) při samotné montáži. Je zde patrné použití velkoplošných podložek šroubového spoje na straně profilu, jež by mělo zabránit případné deformaci profilu silou předpětí na celém stroji. Na obr. 26 je zobrazena podvozková část stroje. Je zde vidět zvolené osazení lisu na sdružená kola, jež mají dostatečnou nosnost, zajišťují manipulovatelnost se strojem a zároveň za pomoci stavitelných patek umožňují jeho spolehlivé ustavení a vyrovnání. Toto řešení je předpokládáno jako vhodnější než kola s brzdou (malá styčná plocha se zemí, nízká tuhost při zabrzdění a nemožnost vyrovnání při umístění a používání lisu) nebo odnímatelný podvozek (komplikované). Kola takto rovněž mohou zůstat v ideálním místě pod strojem, kde není nutný přístup k brzdě, nebo stroj není zvednutý či kola jinak nevybíhají z půdorysu vlastního rámu, kde by představovaly překážku a nebezpečí pro obsluhu. Profil podvozku je jim přizpůsoben. Na obr. 26 je znázorněno další spojení rámu a také způsob zpevnění rámu v podobě napnutých plochých tyčí na zadní straně a střední vyztu-

žení. Tyče na zadní straně jsou v jedné z křížících se stran osazeny na distanční podložku, aby nedocházelo ke kontaktu v místě křížení. V horní části vzadu jsou šibenice rámu spojeny profilem L. Tam, kde je to u šroubových spojů na stroji nutné či vhodné, je použita nýtovací matice. Spoje včetně svarových jsou znázorněny a popsány na příložených výkresech. Na zadní části rámu může být umístěno odnímatelné závaží.

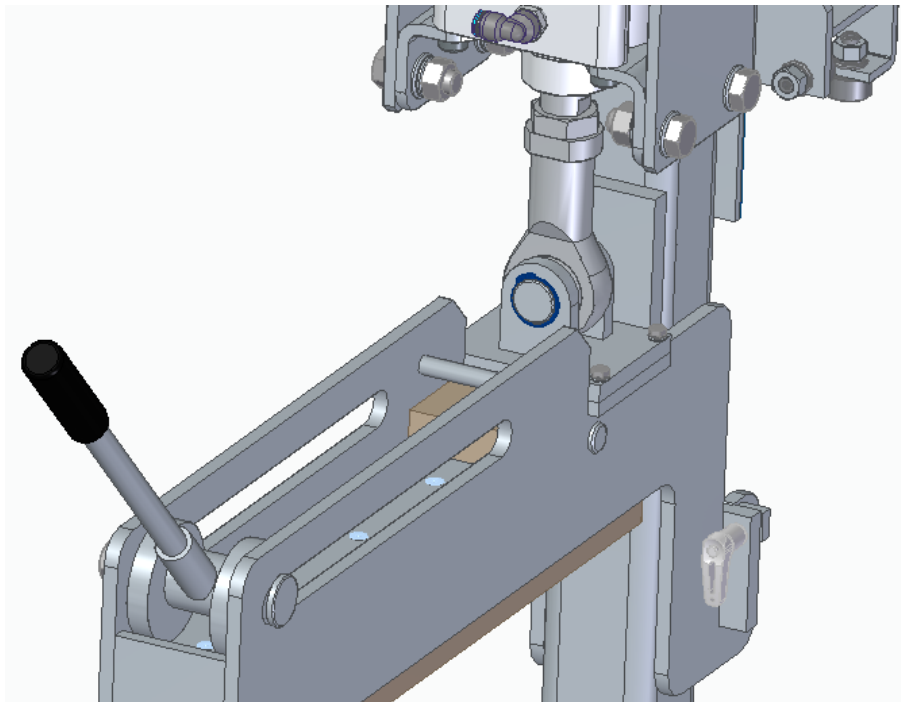


Obr. 26 Dolní část lisu

7.2 Lisovací zařízení

Lisovací zařízení je tvořeno dvěma čelistmi upevněnými na profilu příčnicků. Horní čelist je zavěšena na pístnici pneumatického válce prostřednictvím kulového nástavce, čepu a vidlicové konzoly, dolní čelist je upevněna přímo s možností přestavení pro konkrétní výšku lisovaného korpusu či rámu. Horní čelist (Obr. 27) se pohybuje zároveň s vysouváním a zasouváním pístnice pneumatického válce. Čelist je prostřednictvím plechů vedena po příčnicku. Uchycení k pneumatickému válci je voleno prostřednictvím kulového nástavce otočeného tak, jak je patrné na obr. 27. Toto provedení zajišťuje, že moment vzniklý na čelisti při lisování by neměl být přenášen prostřednictvím pístnice do válce, ale v rámci vůlí dojde k malému natočení v kulovém nástavci a zapření čelisti v jejím vedení na příčnicku, který je na tento moment projektován. Horní i dolní čelist je odnímatelná. Při demontáži horní čelisti, kdy dojde k absenci bočního vedení, je možné lisovat i do určité míry šikmý atypický rám právě díky zmíněnému nastavení kulového nástavce.

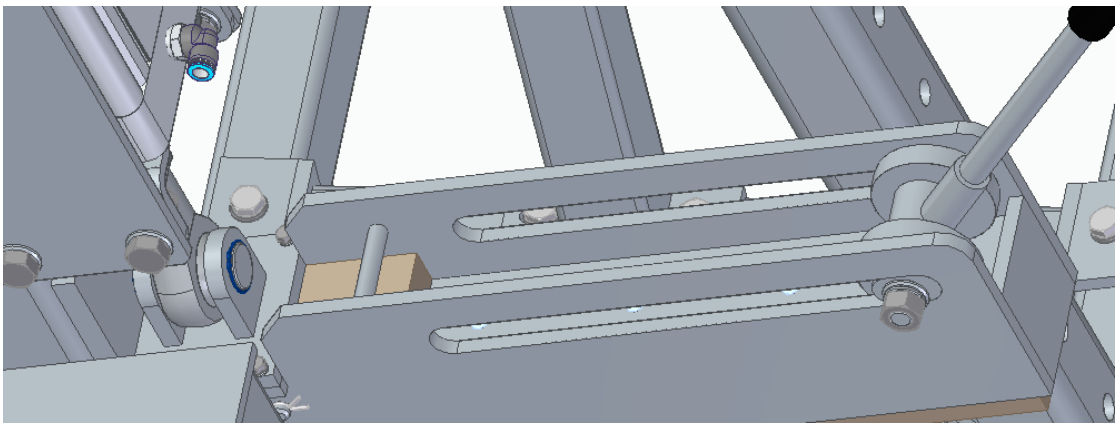
Kloubové oko s čepem je vhodné i z hlediska životnosti pohonu stroje, protože vyrovnává nebo zmírňuje odklon lisované plochy, nepřesnost vedení a další vlivy, jež způsobují nežádoucí zatížení válce (příčení pístu a pístnice ve válci). Zmíněná odnímatelnost čelistí je nutná z hlediska montáže a vhodná pro manipulaci se závěsnou lisovací jednotkou, opravy, všestrannost aj. Provedení je patrné na obr. 27, 29 a 30.



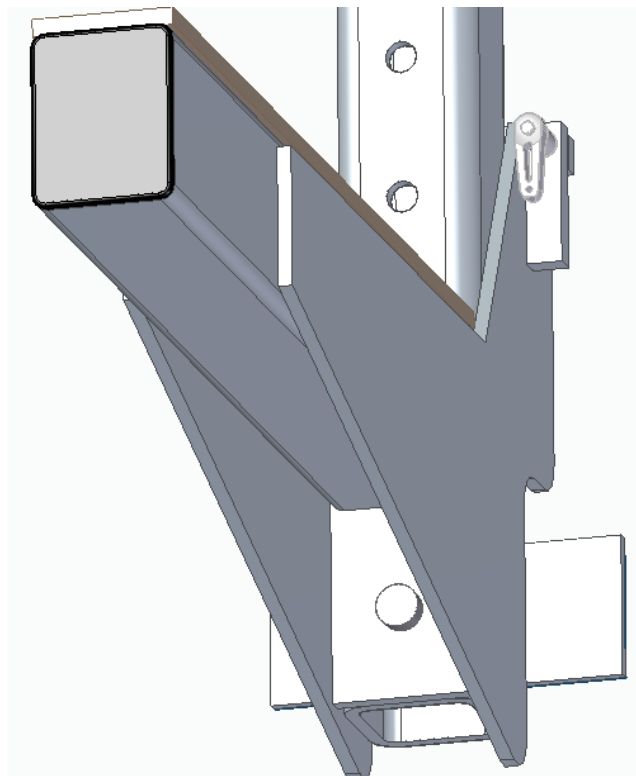
Obr. 27 Horní čelist

Horní čelist sestává ze samotného svarku čelisti a vložky v podobě dřevěného hranolu se seříznutou horní stranou a přišroubovaným plechem, jenž tvoří plochu dosedu výstředníku. Vložka je za klidu stroje zavěšená na čepu a čelem se v čelisti opírá. Při lisování doseďá přímo na lisovací konzolu válce a výstředník. Výstředník vyvíjí sílu v místě, kde končí lisovaný korpus, zatímco samotný válec většinu své síly přenáší tam, kde je umístěn, tedy u příčnicku. Excentr je navržen pro dotlačení po samotném slisování pneumatickým válcem. Problém horní čelisti způsobuje ohybový moment vznikající na čelisti za předpokladu, že lisovací síla působí v určité vzdálenosti od příčnicku, což je nutné z hlediska požadavku rovnoměrného tlaku na korpus. Moment, který způsobí stejně velkou reakci ve vedení čelisti, zároveň způsobuje také značnou třecí sílu a určité zapříčení čelisti a lisování je takto značně omezeno. Není možné použít ani posuvný čep, který by bylo možné umístit do středu korpusu a poté lisovat. K dotlaku při lisování tedy dochází excentrem za výše zmíněných podmínek, kdy tření již lisovací sílu nezmenší a nedochází již k posuvu čelisti po příčnicku. Před odlehčením korpusu je nutné posuvný excentr uvolnit. Páka excentru je

odnímatelná podobně jako u běžného heveru (Obr. 27 a 28). Čep excentru je v bočních drážkách umístěn do pouzder, které zvětšují kontaktní plochu kvůli otlačení. Samotný výstředník je s čepem spojen perem. Čep má pak na jedné straně hlavu, na druhé je pojistný kroužek a osazení se závitem. Na tento závit je našroubována matice, která umožňuje zatažení výstředníku nejen pákou, ale také momentovým klíčem a tedy teoreticky nastavení síly dotlaku známým momentem. Uvolnění je prováděno vždy pákou. Čelist je v horní části příčně vyztužena.

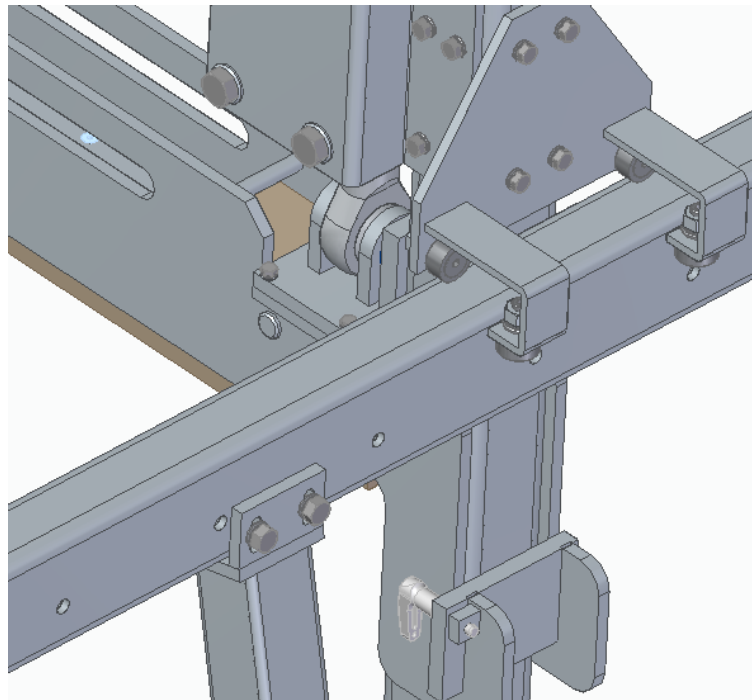


Obr. 28 Horní čelist – řešení uchycení a lisování



Obr. 29 Dolní čelist

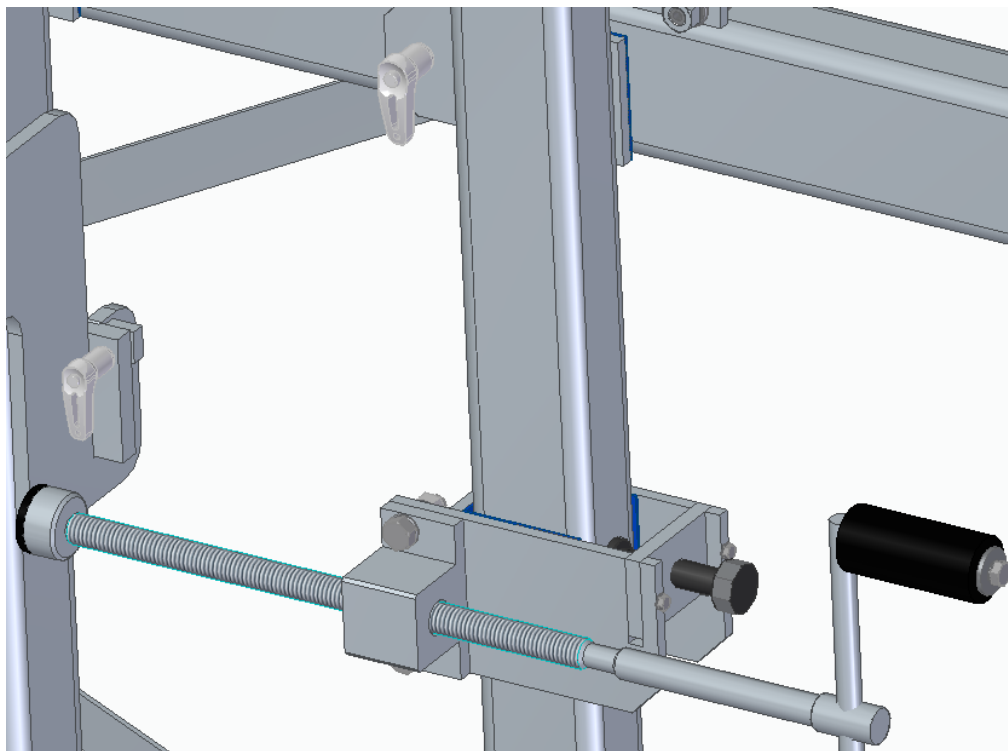
Dolní čelist (Obr. 29) tvoří svařenec uzavřeného profilu s plechy. Uchycení je provedeno za pomoci čepu a vedení, kdy při zatížení momentem vzrůstá i tření a čelist je takto přičena. Zatížení pak nese nejen na čelisti přivařený čep, ale také tření vlivem zpříčení čelisti ve vedení. Přesto je čep projektován tak, aby přenesl celé zatížení. Přestavení je možné provést pouhým pozvednutím konce čelisti, kdy se vysune čep z otvorů v příčnicku, poté je možné z čelisti vertikálně volně pohybovat. Horní plocha je opatřena dřevěnou destičkou. V případě obou čelistí se jedná o měkké dřevo, jež nepoškozuje povrch korpusu či rámu. Konec čelisti je opatřen plastovou krytkou. Celá lisovací jednotka je na rámu pouze zavěšena prostřednictvím nosné konzoly s pojezdovými rolnami. Problém by mohla představovat stabilita jednotky při přesouvání po rámu a lisování, kdy by mohlo dojít k natočení a pádu do stran. Z tohoto důvodu je závěs navržen tak, jak je vidět na obr. 30. Závěs do stran drží čtyři rolny, přičemž dvě nesou jednotku a dvě tvoří zadní vedení. Při montáži je konzola nastavena tak, aby bylo zavěšení co nejrovnoměrnější a svislé. Ke zvýšení stability je rovněž příčnick osazen přivařenými destičkami ze zadní strany (Obr. 29), na kterých je nalepena destička z plastu. Ta zamezuje opotřebení laku rámu a snižuje tření. Dole je destička širší, u krajní jednotky z jedné strany kvůli dorazu kratší. Na obr. 30 je patrné mimo závěsnou konzolu a její uchycení také zadní vedení horní čelisti. Montáž a demontáž probíhá umístěním západky do drážek bočních plechů čelisti. Západka samotná má dvě drážky zapadající do plechu a je proti vysunutí pojištěna čepem. Shodné je zadní uchycení dolní čelisti. Profil, na kterém jednotky visí a pojíždí, má otvory pro čep, jež aretuje boční dotisk. Tyto otvory i uchycení stojny rámu jsou umístěny mimo prostor vedení lisovací jednotky.



Obr. 30 Zavěšení lisovací jednotky a zadní úchyt čelisti

7.3 Boční dotisk

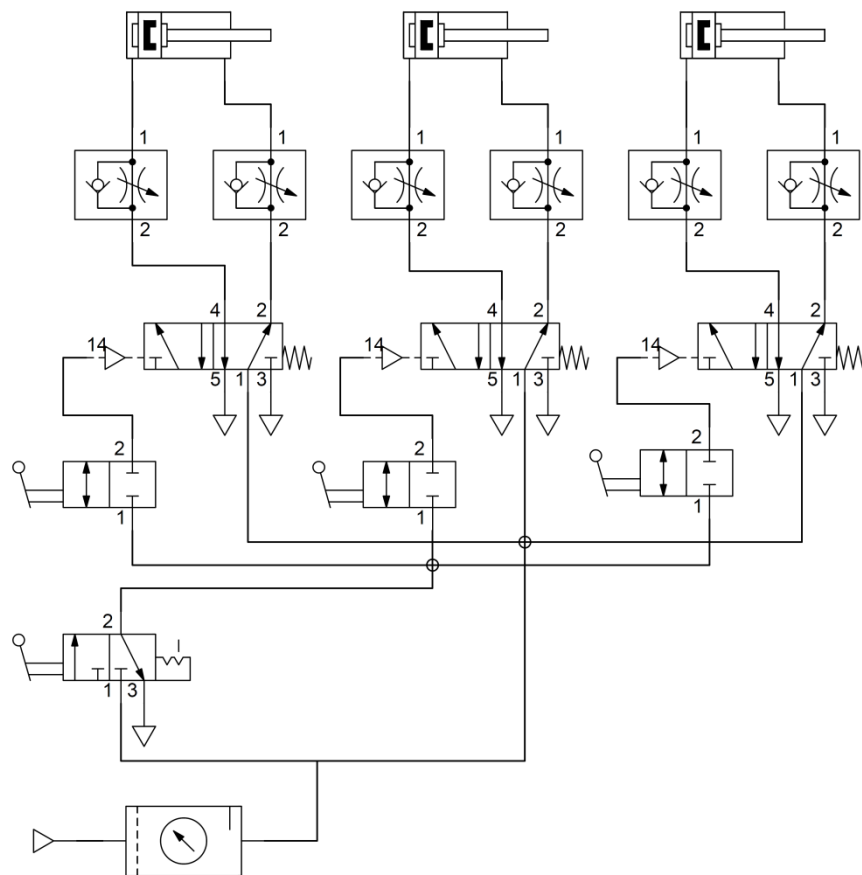
Boční dotisk je umístěn tak, jak je patrné z obr. 31. Funkcí dotisku je dotlačení lisovaného korpusu či rámu k opěrnému trámci tak, aby byla pevně zajištěna poloha materiálu v horizontálním směru, tedy kolmo ke směru lisování. Zároveň je možné dotiskem do určité míry materiál v daném směru lisovat, zejména v případě rámu či dveří. Dotisky jsou voleny jako pohybové samosvorné šrouby s lichoběžníkovým závitem. Řešení je relativně levné, jednoduché a je možné jednoduše regulovat sílu dotisku dotažením nezávisle na sobě.



Obr. 31 Boční dotisk

Celek dotisku se skládá z profilu příčnicku, který je zavěšený na stroji stejně jako lisovací jednotky, a samotných dotisků, které se skládají z držáků a pohybových šroubů s pákou a korunkou uložených v pouzdru s maticí (Obr. 31). Boční dotisk je aretován nahoře a dole zástrčnými čepy s kuličkou, který přenáší sílu do horního a dolního profilu a umožňuje jednoduché přestavení polohy dotisku (po odstranění čepu je dotisk posunut na další otvor). Držák pohybového šroubu tvoří svařenec, který je zevnitř opatřen vložkami a z boku (výhodně pro zatížení) nasunut na příčník dotisku. Jeho vertikální polohu zajišťuje upínací šroub, jenž skrze vsunutou a přišroubovanou destičku tlačí na příčník. Hlava tohoto šroubu je upravená na šestihran tak, aby bylo možné k dotažení použít stranový klíč velikosti 27. Toto upevnění umožňuje přesné výškové nastavení. Provedení držáku umožňuje rovněž osazení pneumatickými nebo hydraulickými válci. Pro šroub dotisku je zde umístěno pouzdro matice, která je stejně jako šroub normalizovaná a v pouzdru je nalisována ze strany zatížení a při dotisku je tedy vtlačována do pouzdra.

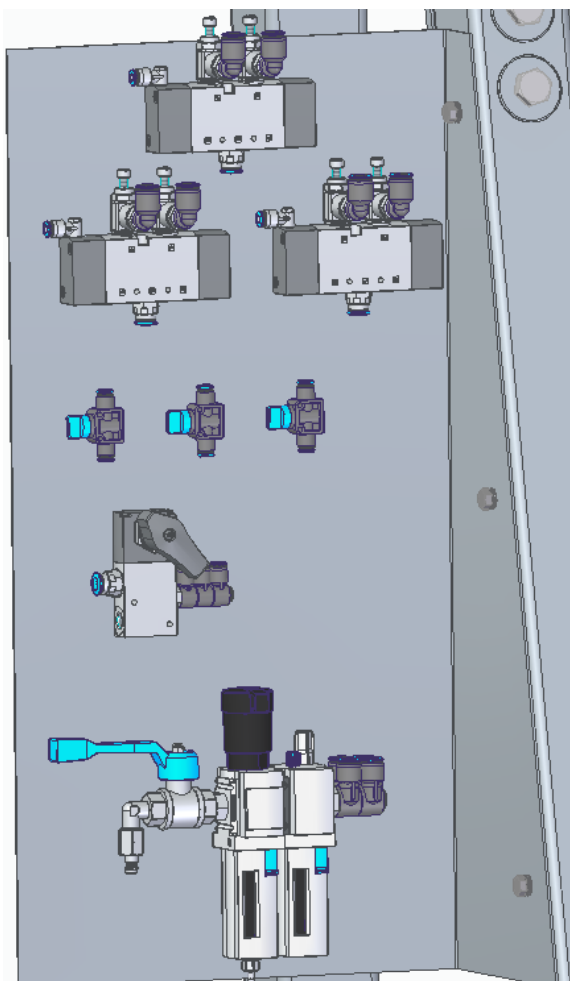
7.4 Pneumatický systém



Obr. 32 Schéma pneumatického systému

Pneumatický systém stroje zabezpečuje chod dvočinných pneumatických válců. Navržené zapojení má výkonovou a ovládací část. Za připojením vzduchu je zařazena běžná jednotka úpravy stlačeného vzduchu, jejíž součástí je filtr s odlučovačem, nastavitelný olejovač, redukční ventil a manometr. Pro konkrétní případ není nutné ani vhodné vzduch mazat z důvodu stálých náplní pneumatických prvků. Mazání tak není zapotřebí a již by nebylo možné od něj později upustit. Po napojení vzduchu je systém natlakován ve stavu, který je znázorněn na obr. 32. Pneumatické válce jsou takto zataženy do výchozího stavu pro lisování, přičemž po dobu klidu stroje budou pravděpodobně vysunuty vlastní vahou horní čelisti. Za jednotkou úpravy vzduchu se systém větví a rozděljuje tlak do tří 5/2 cestných ventilů, přes které prochází vzduch do válců. Tlak je rovněž veden do hlavního ovládacího 3/2 cestného ventilu z něhož přes uzavírací ventily jde ovládací tlak do pneumaticky ovládaných 5/2 cestných ventilů. Tři zavírací ventily umožňují libovolně zvolit, které válce budou vysunuty a které zůstanou ve výchozí poloze. Takto je systém navržen, aby bylo možné lisovat korpusy i rámy s různými rozměry a počty příček bez odpojení,

posunutí či demontáže některé z lisovacích jednotek. Rychlost vysouvání i zasouvání je možné regulovat za pomoci škrťacích ventilů.



Obr. 33 Ovládací panel stroje

Panel je navržen kolmý k zemi, z důvodu připojení vzduchu a funkce jednotky úpravy vzduchu. Připojení zdroje vzduchu ke stroji je provedeno pomocí rychlospojky, za níž je umístěn uzavírací kulový ventil. Z jednotky úpravy vzduchu vede rozbočka, kdy je jedno vedení do hlavního ovládacího ventilu vlevo nad jednotkou (zleva), a do 5/2 cestných ventilů nahoře. Z hlavního ventilu vede rozbočka do tří uzavíracích ventilů pneumatického ovládání a dále do ovládání 5/2 cestných ventilů. Škrčení je prováděno škrťacími ventily nasazenými přímo na tyto ventily. Jsou patrné na obr. 33 zcela nahoře. S výjimkou vstupní přípojky jsou veškerá šroubení nástrčná pro závity R nebo G $\frac{1}{4}$ a průměry hadiček 10 mm (výkonové vedení) a 6 mm (řízení).

8 KONTROLNÍ VÝPOČTY A NÁVRH LISU

Do kontrolních výpočtů jsou zahrnuty pouze funkční části lisovacího zařízení a zařízení dotisku a součásti s nimi přímo související.

8.1 Lisovací zařízení

8.1.1 Volba pneumatického válce:

Dle kapitoly 2.1 je volen válec, který dosáhne síly potřebné pro dosažení tlaku 0,6 MPa na lepených plochách při maximálních rozměrech korpusu a tloušťce materiálu. Rozměry jsou voleny dle obr. 23. Tloušťka desek dle konkrétních požadavků a určení lisu zejména pro lisování lamina je volena 18 mm.

Rozměry korpusu (dle Obr. 23):

$$l_{k1} = 2500; l_{k2} = 1200; l_{k3} = 600 \text{ mm}$$

kde l_{k1}, l_{k2}, l_{k3} jsou příslušné rozměry korpusu dle schématu.

Parametry lisování (dle požadavků na konstrukci lisu a kapitoly 2.1):

$$p_p = 0,6 \text{ MPa}; t_{max} = 18 \text{ mm}$$

kde p_p je žádaný tlak lisování a t_{max} je maximální uvažovaná síla materiálu korpusu.

Výpočet potřebné síly pneumatického válce:

$$p_p = \frac{F_{vmin}}{S_{lmax}} = \frac{F_{vmin}}{l_{k3} \cdot t_{max}} \Rightarrow F_{vmin} = p_p \cdot l_{k3} \cdot t \quad (1)$$

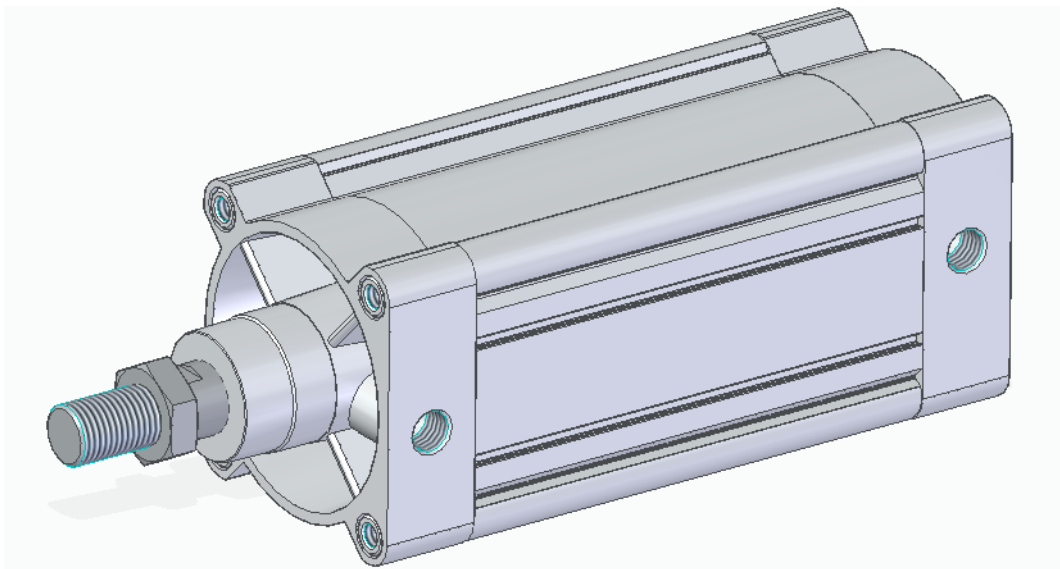
$$= 0,6 \cdot 600 \cdot 18 = 6480 \text{ N}$$

kde F_{vmin} je minimální požadovaná lisovací síla jednoho lisovacího válce při provozním tlaku 0,6 MPa a S_{lmax} je maximální plocha lisování při požadovaném tlaku 0,6 MPa pro jeden válec.

Vzhledem k dostupným pneumatickým válcům je volen válec s průměrem 125 mm a silou 7363 N při daném provozním tlaku 0,6 MPa. Pro vyšší sílu s ohledem na větší tloušťky desek u stejně velkého korpusu v případě dalších materiálů by bylo nutné použít výrazně dražší válce s velkou silou. Je možné sílu válce dále zvýšit zvětšením provozního tlaku, neboť válce jsou konstruovány až do tlaku 1MPa, tedy 10 bar a běžné kompresory rovněž dokážou poskytovat tlak vyšší než 6 bar. V části teorie bylo řečeno, že tlak pro konkrétní lepení udává výrobce nebo lze tlaky obecně dohledat pro daný typ lepidla. Při tloušťkách

desek větších než 18 mm je zejména potřebné tento tlak znát a pro daný rozměr korpusu zjistit jednoduchým výpočtem (F/S). Pokud není tlak dostatečný, spojení je třeba zvážit vzhledem k jeho provedení (drážka, kolíky, aj.). Pracovní zdvih je vzhledem k manipulaci s korpusem, jeho částmi mezi čelistmi i vzhledem k poměrně rychlému možnému pohybu pneumatického pístu volen 160 mm. Oproti hydraulickým lisům na trhu, které mají zdvih zpravidla okolo 100 mm, je tato hodnota volena s výhodou vyšší. Nárůst pořizovací ceny válce je v tomto ohledu zanedbatelný.

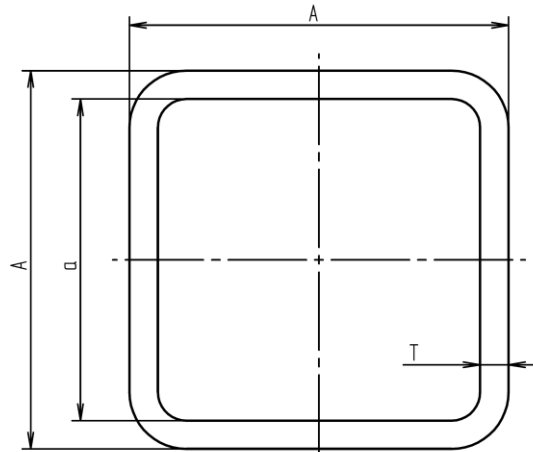
Je volen válec **FESTO DSBC-125-160-PA-N3** (katalogový list v příloze P1).



Obr. 34 Pneumatický válec FESTO DSBC-125-160-PA-N3 (model FESTO)

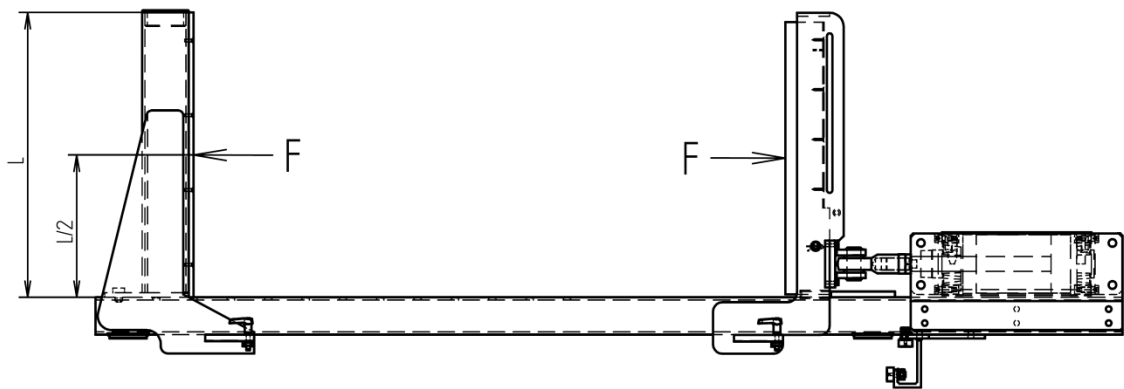
8.1.2 Výpočet příčnicku lisovací jednotky

Dle předpokladů pro dané zařízení je volen uzavřený čtvercový profil o vnějším rozměru 80 x 80 mm. Materiál profilu je S355J2H (obdobná 11 503). [3]



Obr. 35 Profil příčnicku lisovací jednotky

Tíhová síla od korpusu i celku sestavy je v tomto případě zanedbána vzhledem k velikosti lisovací síly a volené bezpečnosti k . Oslabení profilu otvory pro zapadnutí čepu spodní čelisti vzhledem ke zvýšené bezpečnosti je rovněž zanedbáno. Liniové zatížení v případě rovnoměrného rozložení tlaku na čelistech je nahrazeno lisovací silou v polovině největší uvažované hloubky korpusu a tedy délky čelisti. Jednotlivé čelisti a jejich uchycení na profilu budou navrženy dále.



Obr. 36 Působení lisovací síly

Příčnick lisovací jednotky bude namáhán tahem (normálová síla N) a ohybem (ohybový moment M_o). Lisovací síla je volena dle již popsaného $F = 20 \text{ kN}$.

$$N = F = 20 \text{ kN} \quad (2)$$

$$M_o = F \cdot \frac{l}{2} = F \cdot \frac{l_{k3}}{2} = 20 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,6}{2} = 6000 \text{ Nm} \quad (3)$$

Výpočet tloušťky stěny profilu:

Výchozí vztah tvoří pevnostní podmínka pro kombinované zatížení tahem a ohybem.

$$\sigma_v = \sigma_t + \sigma_o = \frac{F}{S} + \frac{M_o}{W_o} = \frac{F}{A^2 - a^2} + \frac{M_o \cdot 6 \cdot A}{A^4 - a^4} \leq \frac{Re}{k} \quad (4)$$

kde $A = 80 \text{ mm}$; $Re = 355 \text{ MPa}$; $k = (1,7 \div 2)[22]$

Vzhledem k výše popsanému je volena bezpečnost ještě vyšší $k = 2,5$.

Úpravou pro získání vnitřního rozměru profilu

$$Re \cdot a^4 + F \cdot k \cdot a^2 + M_o \cdot 6 \cdot A \cdot k + F \cdot A^2 \cdot k - Re \cdot A^4 = 0$$

Řešením rovnice $a = 66,2 \text{ mm}$

$$T = \frac{A - a}{2} = \frac{80 - 66,2}{2} = 6,9 \text{ mm} \quad (5)$$

Volena tloušťka stěny profilu $T = 8 \text{ mm}$, tedy uzavřený čtvercový profil 80 x 8.

8.1.3 Zavěšení lisovací jednotky

Zavěšení lisovací jednotky je zobrazeno na obr. 30.

Maximální hmotnost korpusu:

Je vycházeno z maximálních rozměrů korpusu při maximální tloušťce desek a materiálu o nejvyšší běžné hustotě. Maximální rozměry nábytkového korpusu jsou popsány výše. Pro tyto účely je volena tloušťka materiálu vyšší, než je zvolena v úvodu. Takto je tloušťka volena pro případ lisování velkého překližkového korpusu. Maximální hustota materiálu je volena dle kapitoly 1.2.2.

$$t_{maxP} = 21 \text{ mm}; \rho_{max} = 800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Tvrde vláknité desky dosahují ještě výrazně vyšší hustoty, nicméně se vyrábějí v malých tloušťkách a jejich použití zpravidla není vhodné pro stěny nábytkových korpusů. Uvažovaný korpus se skládá ze dvou desek (horní a dolní) a tří příček (Obr. 23.).

$$\begin{aligned} m &= 2 \cdot m_1 + 3 \cdot m_2 = 2 \cdot V_1 \cdot \rho_{max} + 3 \cdot V_2 \cdot \rho_{max} \\ &= 2 \cdot l_{k1} \cdot l_{k3} \cdot t_{max} \cdot \rho_{max} + 3 \cdot (l_{k2} - 2 \cdot t_{max}) \cdot l_{k3} \cdot t_{max} \cdot \rho_{max} \quad (6) \\ &= 2 \cdot 2,5 \cdot 0,6 \cdot 0,021 \cdot 800 + 3 \cdot (1,2 - 2 \cdot 0,021) \cdot 0,6 \cdot 0,021 \cdot 800 \\ &= 75,34 \text{ kg} \end{aligned}$$

Hodnotu do 80 kg lze považovat za maximální i vzhledem k očekávané ruční manipulaci s korpusem ve dvou osobách. Pro jednu lisovací jednotku (příčnick, čelisti a váhu korpusu) uvažováno zatížení 200 kg.

Síla předpětí v jednom šroubu vycházející z utahovacího momentu:

Dáno:

$F_m = 2000 \text{ N}$, materiál šroubů 8.8, k ; $k_p = 2$, $k_f = 0,15$, $f = 0,1$. Voleny šrouby M8, pro M8 – $d_3 = 6,47 \text{ mm}$ [22]

Utahovací moment šroubu volen $M_u = 20 \text{ Nm}$ (maximum pro M8 8.8 - 24Nm) [22]

$$\begin{aligned} M_u &= F_0 \cdot k_f \cdot d \Rightarrow F_0 = \frac{M_u}{k_f \cdot d} \\ &= \frac{20}{0,15 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 16667 \text{ N} \end{aligned} \quad (7)$$

Počet šroubů vycházející z bezpečnosti proti posunutí:

$$\begin{aligned} k_p &= \frac{i \cdot F_0 \cdot f}{F_m} \Rightarrow i = \frac{k_p \cdot F_m}{F_0 \cdot f} \\ &= \frac{2 \cdot 2000}{16667 \cdot 0,1} = 2,40 \end{aligned} \quad (8)$$

Z konstrukčních důvodů voleny 4 šrouby.

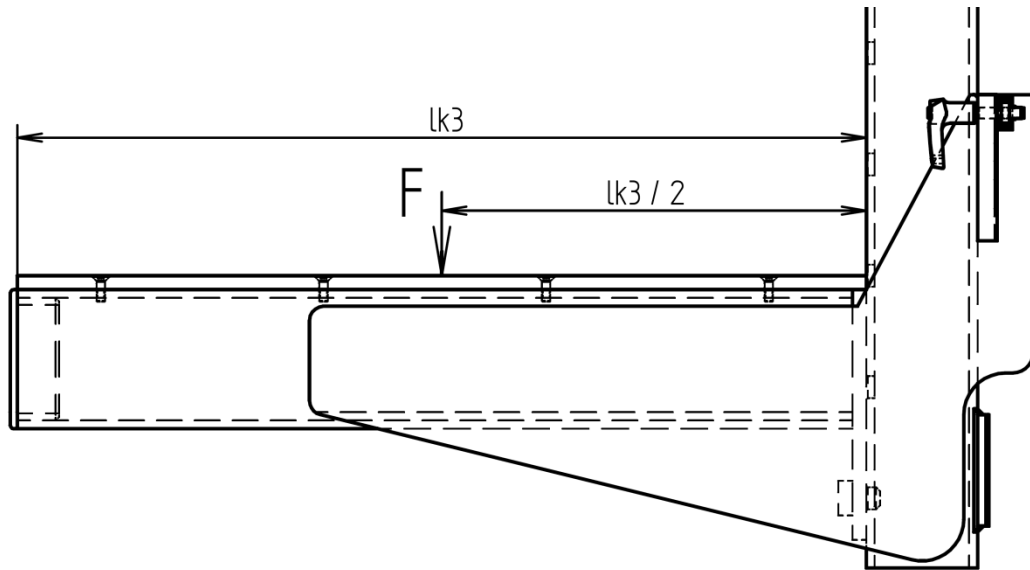
Rolna pojezdu:

Volena je rolna **TEA Technik KR30PP**.

Statická zatížitelnost této rolny je 9000 N, součástí je čep od výrobce, předepsaný utahovací moment matice činí 18,2 Nm. Vzhledem k daným parametrům není třeba provádět kontrolní výpočet.

8.1.4 Výpočet spodní čelisti

Tíha korpusu vzhledem k velikosti lisovací síly a bezpečnosti je stejně jako u příčnicku zanedbána. Zanedbáno je i posílení ramena čelisti bočními plechy, které slouží jako prostředek k vedení a ustavení čelisti na příčnick lisu.



Obr. 37 Zatížení profilu dolní čelisti

Výpočet profilu spodní čelisti:

Spodní čelist je pro výpočet uvažována jako vetknutý nosník namáhaný ohybem. Ohybový moment M_o je vypočten výše.

$$M_o = 6000 \text{ Nm}$$

Pro volbu profilu čelisti je zde vycházeno z minimálního kvadratického ohybového momentu, který musí profil mít. Jeho hodnoty pro konkrétní profily udává výrobce. Volen je uzavřený obdélníkový profil. Výchozí vztah tvoří pevnostní podmínka pro namáhání ohybem.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_o \cdot e}{J_y} = \frac{F \cdot \frac{l_{k3}}{2} \cdot \frac{H}{2}}{J_y} \leq \sigma_{DOV} = \frac{Re}{k} \Rightarrow J_y \geq \frac{F \cdot \frac{l_{k3}}{2} \cdot \frac{H}{2} \cdot k}{Re} \quad (9)$$

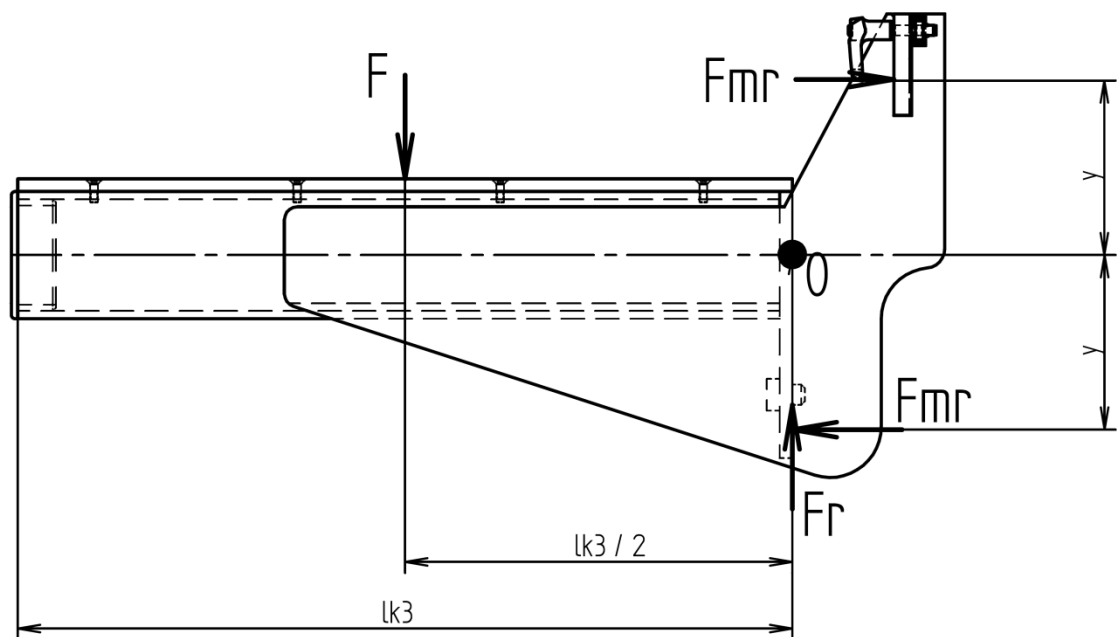
$$= \frac{20000 \cdot \frac{600}{2} \cdot \frac{100}{2} \cdot 2}{355} = 1,69 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

kde H je větší rozměr voleného profilu ve směru ohybové síly a J_y je příslušný kvadratický moment průřezu.

Volen profil 100 x 80 x 4 kde $J_y = 1,89 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$ [3]

Na spodní čelist pro kontrolní výpočet působí uvažovaná lisovací síla F v polovině její délky, tedy pro lisovací tlak rovnoměrně rozložený mezi čelistmi. Reálné zatížení bude odlišné v tom smyslu, že celková lisovací síla pneumatického válce působí v ose válce, tedy těsně u příčnicku a uchycení čelisti a další síla je vyvozena excentrem horní čelisti na

konci čelistí. Z hlediska působení na dolní čelist je za daných podmínek možné uvažovat první zmíněný model. Síla excentru na konci čelisti má poloviční velikost jako uvažovaná lisovací síla F (ohybový moment zatěžující dolní čelist je shodný). Celková síla pneumatického válce pak působí bezprostředně u příčnicku (ve velmi malé vzdálenosti). S ohledem na konstrukční řešení (posílení dolní čelisti bočními plechy) a volenou bezpečnost (zvýšenou v případě uchycení a příčnicku) není nutné uvažovat zvýšení momentu ani velikosti síly na dolní čelist. Velikost třecí síly v uchycení je výpočtem stanovena a uvažována pro výpočet velikosti čepu. Pro čep je rovněž uvažováno zatížení dle maximálního reálného.



Obr. 38 Dolní čelist uvolněná

Výpočet reakčních sil působících proti ohybovému momentu z rovnic rovnováhy:

(Rozměr y je volen $y = 140 \text{ mm}$)

$$\sum M_0 = 0: F \cdot \frac{l_{k3}}{2} - 2 \cdot F_{mr} \cdot y = 0 \Rightarrow F_{mr} = \frac{F \cdot \frac{l_{k3}}{2}}{2 \cdot y} \quad (10)$$

$$= \frac{20000 \cdot \frac{600}{2}}{2 \cdot 140} = 21429 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0: F - F_r = 0 \Rightarrow F_r = F \quad (11)$$

$$= 20000 \text{ N}$$

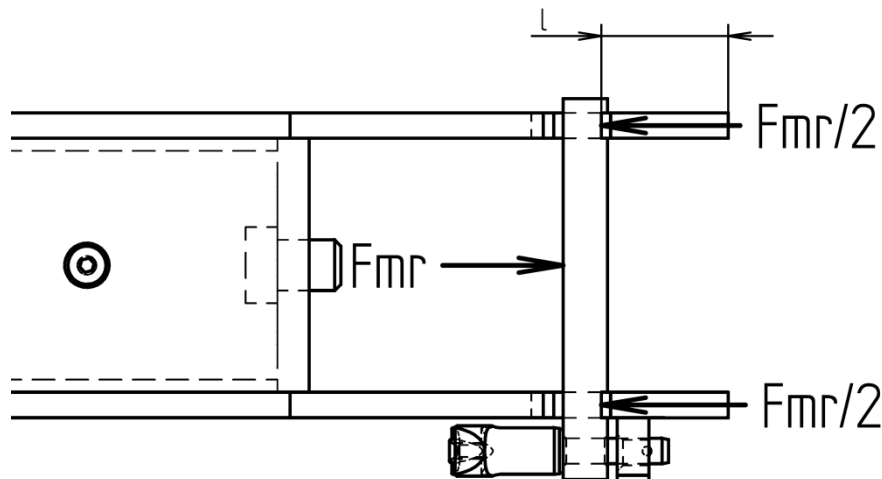
Výpočet minimální styčné plochy na příčniku z otláčení stykových ploch (síly F_{mr}):

Materiál je volen shodný jako u příčniku lisovací jednotky. Pro daný materiál S355J2H se hodnoty dovoleného tlaku ve stykových plochách mohou pohybovat v rozmezí $p_{dov} = (35 \div 200) \text{ MPa}$ [22]. Vzhledem ke konstrukci stroje a čelisti (funkční pohledová část opatřená nátěrem) je volen dovolený tlak ve stykové ploše $p_{dov} = 35 \text{ MPa}$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_{mr}}{A \cdot h} \leq p_{dov} \Rightarrow h \geq \frac{F_{mr}}{p_{dov} \cdot A} \quad (12)$$

$$= \frac{21429}{35 \cdot 80} = 7,65 \text{ mm}$$

kde A je šířka profilu příčniku a h je druhý rozměr styčné plochy.

Výpočet minimální styčné plochy zarážky v drážce vidlice z otláčení:

Obr. 39 Zarážka dolní čelist

Výpočet otláčení ploch v drážkách vidlice bočních plechů:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_{mr}}{2 \cdot h \cdot b} \leq p_{dov} \Rightarrow h = \frac{F_{mr}}{2 \cdot p_{dov} \cdot b} \quad (13)$$

$$= \frac{21429}{2 \cdot 35 \cdot 8} = 38,27 \text{ mm}$$

kde b je tloušťka bočních plechů.

Výška zarážky z konstrukčních důvodů a snížení otláčení lakované plochy profilu volena $h = 80 \text{ mm}$.

Kontrola vidlice zarážky:

Minimální rozměr l je vypočten z pevnostních podmínek pro ohyb a smyk.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_{mr} \cdot \frac{h}{2} \cdot 6}{2 \cdot l^2 \cdot b} \leq \frac{Re}{k} \Rightarrow l \geq \sqrt{\frac{F_{mr} \cdot h \cdot 6 \cdot k}{Re \cdot 2 \cdot b}} \quad (14)$$

$$= \sqrt{\frac{21400 \cdot \frac{h}{2} \cdot 6 \cdot 2}{333 \cdot 2 \cdot 10}} = 39,2 \text{ mm}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F_{mr}}{2 \cdot l \cdot b} \leq \frac{Re \cdot 0,6}{k} \Rightarrow l \geq \frac{F_{mr} \cdot k \cdot}{2 \cdot b \cdot Re \cdot 0,6} \quad (15)$$

$$= \frac{21400 \cdot 2}{2 \cdot 10 \cdot 333 \cdot 0,6} = 10,7 \text{ mm}$$

Hloubka vidlice zarážky je volena $l = 40 \text{ mm}$.

Výpočet třecí síly působící proti lisovací:

Součinitel smykového tření pro daný je styk $f = (0,15 \div 0,20)$. Volen $f = 0,15$ [22]

$$F_T = F_{mr} \cdot 2 \cdot f \quad (16)$$

$$= 21429 \cdot 2 \cdot 0,15 = 6429 \text{ N}$$

Výpočet čepu:

Rozměr čepu je vypočten z podmínky pevnosti ve smyku a otláčení stykových ploch.

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{(F + F_e - F_T) \cdot 4}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{dov} = \frac{Re \cdot 0,6}{k} \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{(F + F_e - F_T) \cdot 4 \cdot k}{\pi \cdot Re \cdot 0,6}} \quad (17)$$

$$= \sqrt{\frac{(20000 + 10000 - 6429) \cdot 4 \cdot 2}{\pi \cdot 333 \cdot 0,6}} = 17,33 \text{ mm}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F + F_e - F_T}{d \cdot T} \leq p_{dov} \Rightarrow d \geq \frac{F + F_e - F_T}{T \cdot p_{dov}} \quad (18)$$

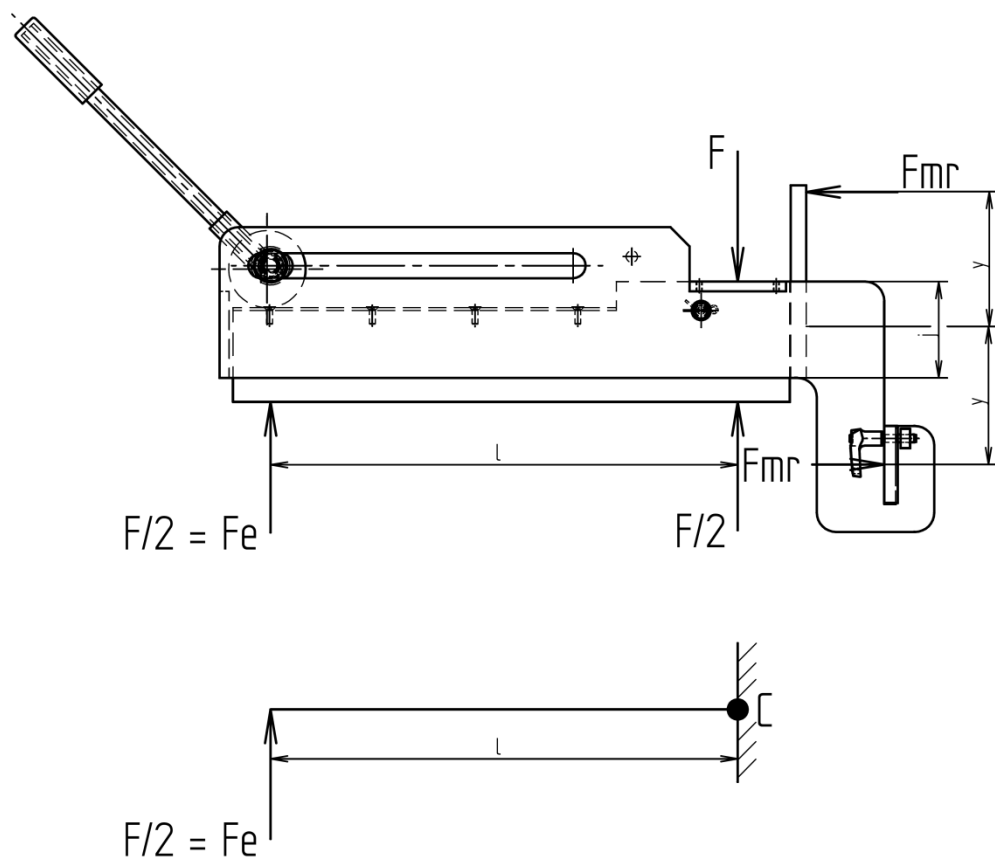
$$= \frac{20000 + 10000 - 6429}{8 \cdot 200} = 14,73 \text{ mm}$$

kde T je volená tloušťka stěny příčnicku.

Je volen průměr čepu $d = 18 \text{ mm}$.

8.1.5 Výpočet horní čelisti

Výpočet horní čelisti je prováděn s uvažovanou silou excentrického dotlaku $F_e = 10 \text{ kN}$ ($F_e = F/2$) namáhající čelist na ohyb. Čelist je namáhána ohybem, kdy síla způsobí největší ohyb v případě umístění excentru na konci čelisti při lisování maximálně velkého korpusu. Ekvivalentní zatížení by byla celková lisovací síla F umístěná v polovině délky čelisti, tedy při rovnoměrném lisování korpusu. Pro korpus je teoreticky možné uvažovat sílu válce $F/2$, kdy polovinu potřebné síly vyvine dotlak excentrem na dosednuté a „zapříčené“ čelisti. Proti reakci zde působí třecí síla ve vedení čelisti a lis by tak byl schopen teoreticky vyvinout větší lisovací sílu, než je síla válce. V případě zanedbání tohoto tření a velikosti celkové síly F válce by měla působit polovina reakce pod uchycením válce a polovina reakce pod excentrem a čelist by tedy měla vyvíjet rovnoměrný tlak. Tento zjednodušený model bude uvažován pro výpočet, kdy je zásadní namáhání horní čelisti ohybem, jež způsobuje síla dotlaku na konci čelisti. Síly působící v místě uchycení pod válcem v malé vzdálenosti od příčnicku jsou z hlediska ohybu horní čelisti a vzhledem k řešení a bezpečnosti čelisti spodní zanedbány.



Obr. 40 Horní čelist uvolněná a zjednodušení pro výpočet na ohyb

Průřez horní čelisti a hlavní rozměry:

Dané hodnoty:

$$F_e = 10 \text{ kN}; l = 600 \text{ mm}; b = 10 \text{ mm}; k = 2$$

$$Re = 355 \text{ MPa (S355J2, ekv. 11503) [3]}$$

kde l je délka čelisti, b je tloušťka plechu boků čelisti a k je volená bezpečnost.

$$\begin{aligned} \sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_e \cdot l \cdot 6}{2 \cdot j \cdot h^2} \leq \frac{Re}{k} \Rightarrow j &\geq \sqrt{\frac{F_e \cdot l \cdot 3 \cdot k}{Re \cdot b}} \\ &= \sqrt{\frac{10000 \cdot 600 \cdot 3 \cdot 2}{355 \cdot 10}} = 100,7 \text{ mm} \end{aligned} \quad (19)$$

Výška čelisti (jejích bočních plechů) je vzhledem k vypočtené hodnotě a bezpečnosti volena $j = 100 \text{ mm}$.

Z hlediska opory čelisti na příčnicku je čelist teoreticky shodná (zrcadlově) s dolní čelistí. Je uvažována však odlišnost provedení.

Výpočet opěrné destičky přední části z podmínky pevnosti v ohybu:

Dané hodnoty (shodné s dolní čelistí):

$$F_{mr} = 21429 \text{ N}; y = 140 \text{ mm}; k = 2; A = 80 \text{ mm};$$

$$Re = 333 \text{ MPa (S355J0 1.0553; ekv. 11503) [22]}$$

kde F_{mr} je opět reakční síla působící proti momentu od lisovací síly na ramenu y . A je šířka plechu vycházející z šířky příčnicku, na kterém je čelist uchycena.

$$\begin{aligned} \sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_{mr} \cdot y}{A \cdot t_p^2} \leq \frac{Re}{k} \Rightarrow t_p &= \sqrt{\frac{F_{mr} \cdot y \cdot k}{A \cdot Re}} \\ &= \sqrt{\frac{21429 \cdot 140 \cdot 2}{80 \cdot 333}} = 15,0 \text{ mm} \end{aligned} \quad (20)$$

Volena tloušťka plechu $t_p = 16 \text{ mm}$.

Výpočet uchycení k pneumatickému válci:

Uchycení vypočteno z hlediska stříhu a otláčení čepu.

Dané hodnoty:

$$d_l = 30 \text{ mm}; Re = 295 \text{ MPa (E335 1.0060, ekv. 11600) [22]}$$

kde d_l je průměr lisovacího čepu.

$$\begin{aligned} \tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F \cdot 4}{2 \cdot \pi \cdot d_l^2} &\leq \frac{Re \cdot 0,6}{k} \Rightarrow k = \frac{Re \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot d_l^2}{F \cdot 2} \\ &= \frac{295 \cdot 0,6 \cdot \pi \cdot 30^2}{20000 \cdot 2} = 12,5 \end{aligned} \quad (21)$$

Čep z hlediska stříhu vyhovuje.

$$\begin{aligned} p = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 \cdot t_v \cdot d_l} &\leq p_{DOV} \Rightarrow t_v \geq \frac{F}{2 \cdot d_l \cdot p_{DOV}} \\ &= \frac{20000}{2 \cdot 30 \cdot 100} = 3,3 \text{ mm} \end{aligned} \quad (22)$$

Z konstrukčních důvodů volena tloušťka plechu vidlice tlačného nástavce $t_v = 12 \text{ mm}$.

Výpočet čepu excentrického dotisku:

Čep je určen dle výpočtu na stříh a otláčení. Pro výpočet na stříh je z hlediska oslabení drážkou pro pero volena zvýšená bezpečnost $k = 2,5$. Čep je navržen pro excentr i v případě použití hydraulického systému stroje se silou excentru F_e . Samotný excentr je pak navržen pro pneumatický pohon se silou F_u a pro větší sílu by musel být změněn.

Dané hodnoty:

$$k = 2,5; Re = 295 \text{ MPa (E335 1.0060, ekv. 11600) [22]}$$

$$\begin{aligned} \tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F_e \cdot 4}{\pi \cdot d_e^2} &\leq \tau_{DOV} = \frac{Re \cdot 0,6}{k} \Rightarrow d_e \geq \sqrt{\frac{F_e \cdot 4 \cdot k}{Re \cdot 0,6 \cdot \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{10000 \cdot 4 \cdot 2,5}{295 \cdot 0,6 \cdot \pi}} = 13,4 \text{ mm} \end{aligned} \quad (23)$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_e}{d_e \cdot b} \leq p_{DOV} \Rightarrow d_e \geq \frac{F_e}{b \cdot p_{DOV}} \quad (24)$$

$$= \frac{10000}{10 \cdot 100} = 10 \text{ mm}$$

Minimální průměr čepu excentru je volen z podmínky pevnosti ve smyku. Z konstrukčních důvodů je volen čep průměru $d_e = 20 \text{ mm}$. Excentr bude spojen s čepem prostřednictvím pera z důvodu možného zatažení maticí z boku čelisti momentovým klíčem.

Výpočet pera:

Dané hodnoty:

$$M_k = 40 \text{ Nm}; g = 5 \text{ mm (pro } d_e = 14 \text{ mm)}; t_1 = 2,1; p_{DOV} = 100 \text{ MPa [22]}$$

Kde M_k je moment na čepu, g je šířka pera a t_1 je výška otláčení pera. Délka pera je vyčíslena z namáhání na stříh a otláčení.

$$F_s = \frac{M_k}{\frac{d_e}{2}} \quad (25)$$

$$= \frac{40 \cdot 2}{0,014} = 5714 \text{ N}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F_s}{b \cdot l} \leq \frac{Re \cdot 0,6}{k} \Rightarrow l \geq \frac{F_s \cdot k}{Re \cdot 0,6 \cdot b} \quad (26)$$

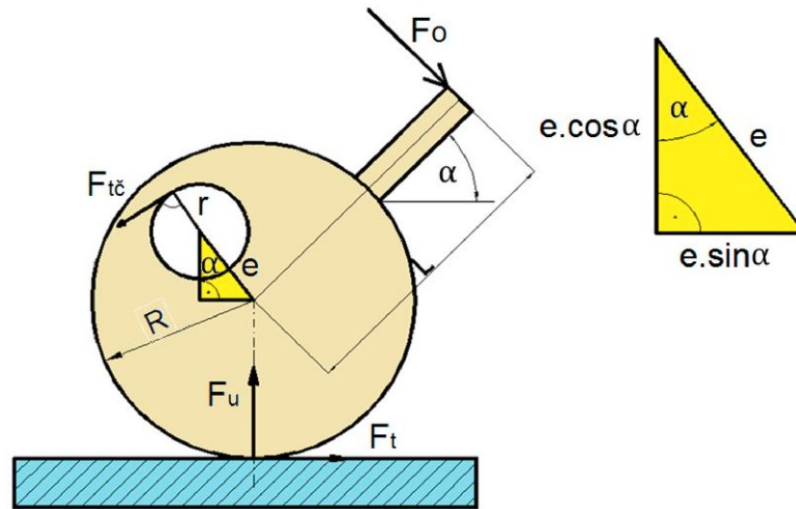
$$= \frac{5714 \cdot 2}{295 \cdot 0,6 \cdot 5} = 12,9 \text{ mm}$$

$$p_d = \frac{F}{S} = \frac{F_s}{t_1 \cdot l} \leq p_{DOV} \Rightarrow l \geq \frac{F_s}{t_1 \cdot p_{DOV}} \quad (27)$$

$$= \frac{5714}{2,1 \cdot 100} = 27,2 \text{ mm}$$

Délka pera je volena z hlediska otláčení normalizovaná $l = 32 \text{ mm}$.

Výpočet ovládací síly výstředníku:



Obr. 41 Excentricita výstředníku [31]

Vztah pro výpočet ovládací síly vychází z momentové rovnice rovnováhy k čepu.

$$F_o = \frac{F_u \cdot (f_{\xi} \cdot r_{\xi} + f \cdot (R + e \cdot \cos\alpha)) + e \cdot \sin\alpha}{L} \quad (28)$$

$$= \frac{3682 \cdot (0,1 \cdot 0,01 + 0,15 \cdot (0,04 + 0,005 \cdot \cos 45^\circ)) + 0,005 \cdot \sin 45^\circ}{0,3}$$

$$= 136 \text{ N}$$

Daná ovládací síla je přijatelná.

Samosvornost výstředníku:

Podmínkou je větší moment od třecí síly než moment síly upínací.

$$M_{t\check{r}} \geq M_u$$

$$F_u \cdot f \cdot (R + e \cdot \cos\alpha) \geq F_u \cdot e \cdot \sin\alpha$$

$$f \geq \frac{e \cdot \sin\alpha}{(R + e \cdot \cos\alpha)} \quad (29)$$

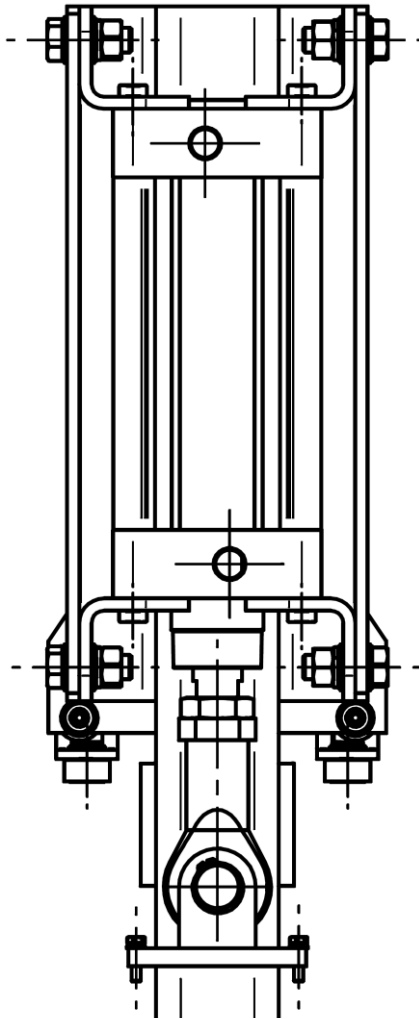
$$= \frac{0,005 \cdot \sin 45^\circ}{(0,04 + 0,005 \cdot \cos 45^\circ)} = 0,08 = f_{min}$$

Skutečný uvažovaný součinitel smykového tření $f = 0,15$. [22]

$$f \geq f_{min} \rightarrow 0,15 > 0,08$$

Výstředník je v dané poloze samosvorný.

8.1.6 Výpočet uchycení lisovacího válce:



Obr. 42 Upevnění pneumatického válce

Výpočet šroubového spojení upevňovací patky s bočním plechem:

Pro lisovací válec voleno patkové upevnění shodné s originálním příslušenstvím výrobce nebo originální, kdy jsou voleny dva páry patek na jeden válec.

Dle normy ISO 15552 je pro výpočet volena maximální síla válce při provozním tlaku 10 bar, která činí 12272 N. Voleny 4 upevňovací patky, dle výrobce voleny šrouby M16 (2 na každé patce, celkem 8).

Dané hodnoty:

$$F_{lp} = 12272 \text{ N}, i = 8, k; k_p = 2, k_f = 0,15, f = 0,1, d_3 = 13,55 \text{ mm}; \text{materiál šroubů 8.8} \Rightarrow Re = 640 \text{ MPa}$$

Utahovací moment šroubu volen $M_u = 100 \text{ Nm}$ (maximum pro M 16 8.8 - 197Nm) [22]

$$M_u = F_0 \cdot k_f \cdot d \Rightarrow F_0 = \frac{M_u}{k_f \cdot d} \quad (30)$$

$$= \frac{100}{0,15 \cdot 16 \cdot 10^{-3}} = 41667 \text{ N}$$

$$k_p = \frac{i \cdot F_0 \cdot f}{F_{lp}} \quad (31)$$

$$= \frac{8 \cdot 41667 \cdot 0,1}{12272} = 2,72$$

Pro dané spojení je určena pouze dvojice patek, z konstrukčních důvodů jsou voleny 4.

Výpočet uchycení přídržných plechů ve spojení bočního plechu s příčnickem:

Zde je volena lisovací síla odpovídající hydraulickému válci z důvodu možnosti uchycení jiného pohonu lisu a zachování stejných přídržných plechů.

Dáno:

$F = 20000 \text{ N}$, materiál šroubů 8.8 $\Rightarrow Re = 640 \text{ MPa}$, k ; $k_p = 2$, $k_f = 0,15$, $f = 0,1$,

Voleny šrouby M8, $d_3 = 10,16 \text{ mm}$

Utahovací moment šroubů volen $M_u = 24 \text{ Nm}$ (maximum pro M8 8.8 - 24 Nm) [22]

$$M_u = F_0 \cdot k_f \cdot d \Rightarrow F_0 = \frac{M_u}{k_f \cdot d} \quad (32)$$

$$= \frac{24}{0,15 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 20000 \text{ N}$$

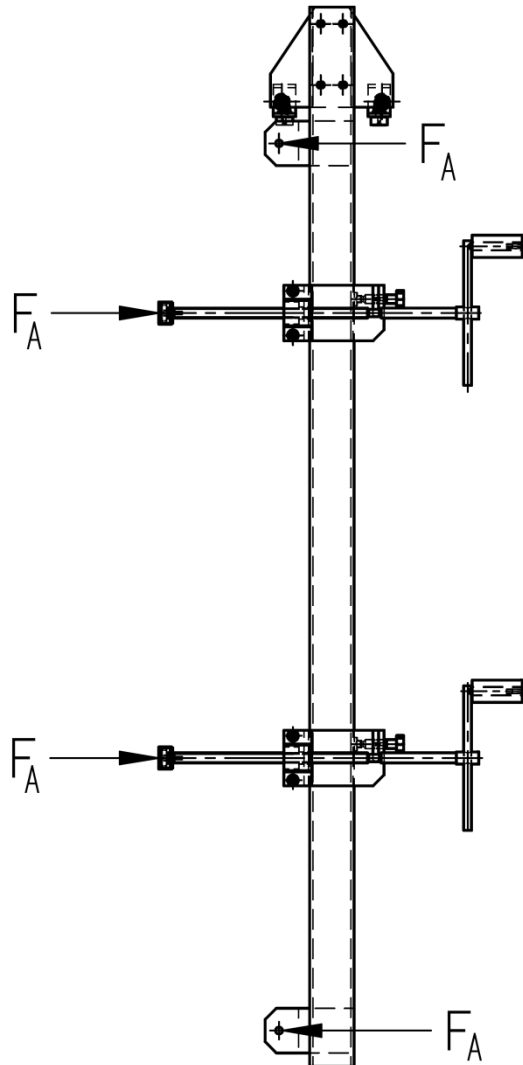
$$k_p = \frac{i \cdot F_0 \cdot f}{F} \Rightarrow i = \frac{k_p \cdot F}{F_0 \cdot f} \quad (33)$$

$$= \frac{2 \cdot 20000}{20000 \cdot 0,1} = 20,0$$

Volen počet šroubů $i = 20$. Voleny šrouby M8 (a ne větší) z důvodu zašroubování do otvoru se závitem v uzavřeném profilu síly stěny 8 mm.

8.2 Boční dotisk:

Dotisk je volen mechanický prostřednictvím ručně ovládaných pohybových šroubů.



Obr. 43 Boční dotisk uvolněný

8.2.1 Výpočet šroubu dotisku:

Dané hodnoty:

$F_A = 3000 \text{ N}$; $l_p = 300 \text{ mm}$; $F_p = 150 \text{ N}$; $f = 0,1$; $k = 2$; ocel E295 (11500); Dovo-
lené napětí $\sigma_{Ddov} = 120 \text{ MPa}$ [22]

kde F_A je síla jednoho dotisku, l_p je maximální pracovní zdvih a F_p je ovládací síla.

Výsledná síla s volenou bezpečností:

$$F_v = F_A \cdot k = 3000 \cdot 2 = 6000 \text{ N} \quad (34)$$

Velikost šroubu vypočtená z podmínky pevnosti v tlaku:

$$\begin{aligned} \sigma_D = \frac{F}{S} = \frac{F_v \cdot 4}{\pi \cdot d_3^2} \leq \sigma_{Ddov} \Rightarrow d_3 &= \sqrt{\frac{F_v \cdot 4}{\pi \cdot \sigma_{Ddov}}} \\ &= \sqrt{\frac{6000 \cdot 4}{\pi \cdot 120}} = 7,98 \text{ mm} \end{aligned} \quad (35)$$

Z důvodu vzpěru volen šroub Tr 18 x 4 ($d_3 = 13,5 \text{ mm}$).

Samosvornost šroubu:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Psi &= \frac{P}{\pi \cdot d_2} \\ &= \frac{4}{\pi \cdot 16} = 0,076 \Rightarrow \Psi = 4,55 \end{aligned} \quad (36)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = f = 0,1 \Rightarrow \varphi = 5,71 \quad (37)$$

$$\Psi < \varphi \rightarrow 4,55 < 5,71$$

Šroub je samosvorný.

Počet závitů matice:

$$H_1 = \frac{d_{jm} - D_1}{2} \quad (38)$$

$$= \frac{18 - 14}{2} = 2 \text{ mm}$$

$$z = \frac{F_v}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_{dov}} \quad (39)$$

$$= \frac{6000}{\pi \cdot 16 \cdot 2 \cdot 80} = 0,75$$

Výška matice:

$$m = z \cdot P = 0,75 \cdot 4 = 3 \text{ mm} \quad (40)$$

Volena matice normalizované výšky $m = 27 \text{ mm}$.

Výpočet šroubů uchyení matice:

$$F_A = 3000 \text{ N}, i = 2, k; k_p = 2, k_f = 0,15, f = 0,1, d_3 = 8,16 \text{ mm},$$

materiál šroubů 8.8 => $Re = 640 \text{ MPa}$

Utahovací moment šroubu volen $M_u = 40 \text{ Nm}$ (maximum pro M 10 8.8 – 47 Nm) [22]

Síla předpětí v jednom šroubu vycházející z utahovacího momentu:

$$\begin{aligned} M_u &= F_0 \cdot k_f \cdot d \Rightarrow F_0 = \frac{M_u}{k_f \cdot d} \\ &= \frac{40}{0,15 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 26667 \text{ N} \end{aligned} \quad (41)$$

Bezpečnost spoje proti posunutí:

$$\begin{aligned} k_p &= \frac{i \cdot F_0 \cdot f}{F_A} \\ &= \frac{2 \cdot 26667 \cdot 0,1}{3000} = 1,8 \end{aligned} \quad (42)$$

Kontrola šroubu na vzpěr:

Určující charakteristikou pro výpočet je štíhlost.

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{2 \cdot l_p \cdot 4}{d_3} \\ &= \frac{2 \cdot 300 \cdot 4}{13,5} = 177,8 \end{aligned} \quad (43)$$

$\lambda \geq 100 \Rightarrow$ Výpočet kritické síly dle Eulera:

$$\begin{aligned} F_{KR} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot l_p^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \pi \cdot d_3^4}{4 \cdot l_p^2 \cdot 64} \\ &= \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot 13,5^4}{4 \cdot 300^2 \cdot 64} = 9387 \text{ N} \end{aligned} \quad (44)$$

$$F_{KR} \geq F \rightarrow 9387 > 6000$$

8.2.2 Návrh páky:**Třecí moment v závitech:**

$$M_{t1} = \frac{d_2}{2} \cdot F_v \cdot \operatorname{tg}(\Psi + \varphi) \quad (45)$$

$$= \frac{16}{2} \cdot 6000 \cdot \operatorname{tg}(4,55 + 5,71) = 8688 \text{ Nmm} = 8,7 \text{ Nm}$$

Třecí moment mezi korunkou a šroubem:Střední průměr korunky volen $d_k = 30 \text{ mm}$.

$$M_{t2} = \frac{d_k}{2} \cdot F_v \cdot f \quad (46)$$

$$= \frac{0,03}{2} \cdot 6000 \cdot 0,1 = 9 \text{ Nm}$$

Délka páky:

$$M_p \geq M_{t1} + M_{t2}$$

$$F_p \cdot R = M_{t1} + M_{t2} \Rightarrow R = \frac{M_{t1} + M_{t2}}{F_p} \quad (47)$$

$$= \frac{8,7 + 9}{150} = 0,12 \text{ m}$$

Průměr páky:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_p \cdot R \cdot 32}{\pi \cdot d_p^3} \leq \sigma_{dov} = \frac{Re}{k} \Rightarrow d_p \geq \sqrt[3]{\frac{F_p \cdot k \cdot R \cdot 32}{\pi \cdot Re}} \quad (48)$$

$$= \sqrt[3]{\frac{150 \cdot 2 \cdot 120 \cdot 32}{\pi \cdot 200}} = 12,2 \text{ mm}$$

Volen průměr páky $d_p = 14 \text{ mm}$.**8.2.3 Návrh uchycení příčnicku:****Výpočet čepů bočního dotisku:**

Čep je vypočten z pevnostních podmínek pro stříh a otláčení.

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F_A \cdot 4}{\pi \cdot d_c^2} \leq \tau_{dov} = \frac{0,6 \cdot Re}{k} \Rightarrow d_d = \sqrt{\frac{F_A \cdot k \cdot 4}{\pi \cdot 0,6 \cdot Re}} \quad (49)$$

$$= \sqrt{\frac{10 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 4}{\pi \cdot 0,6 \cdot 330}} = 11,3 \text{ mm}$$

voleno $d_d = 12$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_A}{d_d \cdot T} \leq p_{dov} \Rightarrow T = \frac{F_A}{d_d \cdot p_{dov}} \quad (50)$$

$$= \frac{3000}{12 \cdot 80} = 3,13 \text{ mm}$$

Z hlediska dovoleného tlaku volena síla stěny $T = 6 \text{ mm}$

Výpočet profilu bočního dotisku:

Pro výpočet je uvažován případ, kdy by byly umístěny oba dotisky vedle sebe uprostřed příčnicku. Rozměr profilu vypočten z podmínky pro pevnost v ohybu.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{2 \cdot F_A \cdot \frac{l_d}{2} \cdot e}{J_y} \leq \frac{Re}{k} \Rightarrow J_y = \frac{2 \cdot F_A \cdot \frac{l_d}{2} \cdot e \cdot k}{Re} \quad (51)$$

$$= \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1595}{2} \cdot 40 \cdot 2}{355} = 108 \text{ cm}^2$$

Volen profil s nejbližším vyšším kvadratickým momentem průřezu $J_y = 116 \text{ cm}^4$ obdélníkový uzavřený profil 80 x 60 x 6.

Volba profilu opěrného bočního trámce:

Opěrný boční tráмец na opačném konci lisu volen dle potřebné hloubky jedné strany a shodné šířky s příčnickem dotisku. Nejbližší vyšší kvadratický moment průřezu je pro základní tloušťku stěny $J_y = 131 \text{ cm}^2$ pro obdélníkový profil 200 x 80 x 3. [3]

Kontrola šroubů trámce:

$F_{lp} = 6000 \text{ N}$, $i = 4$, k ; $k_p = 2$, $k_f = 0,15$, $f = 0,1$, $d_3 = 8,16 \text{ mm}$,
materiál šroubů 8.8 $\Rightarrow Re = 640 \text{ MPa}$

Utahovací moment šroubu volen $M_u = 40 \text{ Nm}$ (maximum pro M 10 8.8 – 47 Nm) [22]

$$M_u = F_0 \cdot k_f \cdot d \Rightarrow F_0 = \frac{M_u}{k_f \cdot d} \quad (52)$$

$$= \frac{40}{0,1 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 40000 \text{ N}$$

$$k_p = \frac{i \cdot F_0 \cdot f}{F_{lp}} \quad (53)$$

$$= \frac{4 \cdot 40000 \cdot 0,1}{6000} = 2,67$$

Šroubové spojení vyhovuje.

9 POLOŽKOVÝ ROZPOČET STROJE

Položkový rozpočet stroje zobrazuje tabulka níže (Tab. 9). Obsahuje položky pořízené jako hotový produkt, například pneumatické válce či rolny pojezdů, a položky vyráběné, jako jsou části rámu stroje nebo lisovací čelisti. V případě položek vyráběných je uvedena pouze cena materiálu, kterou uvádí dodavatel (v konkrétní kalkulaci je to firma Ferona), protože nelze zodpovědně odhadnout či zjistit výrobní náklady. Cena materiálu vychází z rozměrů a hmotnosti polotovarů součástí a může být odlišná s ohledem na jiného dodavatele zhotovitele, podmínky pro pořízení materiálu (množstevní slevy nebo skladové zásoby), změny cen v průběhu času aj. K uvedené ceně stroje je nutné připočítat vlastní náklady na výrobu (v případě zhotovení nutných položek vlastními silami) nebo oslovit konkrétní výrobní firmu. Z výše popsaných důvodů je uvedená celková cena stroje do značné míry přibližná. Lze stále předpokládat výslednou cenu zařízení i vzhledem k provedení stroje výhodnější, než nabízejí výrobci na trhu za podobné stroje s daným vybavením. S ohledem na pneumatický pohon, určení a koncepci, stroj však přímé porovnání s jiným lisem nachází těžko.

Tab. 9 Položkový rozpočet stroje 1/2

| Skupina součástí | Součást | Typ | Cena za množství (Kč) | Množství (ks) |
|------------------|--------------------|-----|-----------------------|---------------|
| Rám | Profil 1 | V | 1863,57 | 2 |
| | Profil 2 | V | 2132,19 | 1 |
| | Profil 3 | V | 1560,52 | 1 |
| | Profil 4 | V | 1181,38 | 1 |
| | Profil 5 | V | 596,42 | 2 |
| | Profil 6 | V | 1367,94 | 1 |
| | Profil 7 | V | 308,29 | 1 |
| | Profil 8 | V | 616,58 | 1 |
| | Šibenice | V | 2176,22 | 2 |
| | Profil plachtování | V | 271,08 | 1 |
| | Tyče plachtování | V | 178,65 | 4 |

K – Položka, jež je započítána jako koupený hotový produkt.

V – Položka, jejíž cena je uváděna pouze za použitý materiál a bude vyráběna.

Ceny jsou uváděny bez DPH a souhrnně za uvedený počet kusů.

Tab. 10 Položkový rozpočet stroje 2/2

| Skupina součástí | Součást | Typ | Cena za množství (Kč) | Množství (ks) |
|--------------------|------------------------------------|--------|-----------------------|---------------|
| Funkční zařízení | Kulové nástavce | K | 4110,00 | 1 |
| | Čepy kulového nástavce | K | 50,31 | 3 |
| | Pojzdové rolny | K | 2518,56 | 6 |
| | Šrouby (pohybové) a matice dotisku | K | 1014,30 | 6 |
| | Tlačné šrouby | K | 319,92 | 3 |
| | Zástrčné čepy západek | K | 230,64 | 3 |
| | Příčnick boční | V | 1032,68 | 3 |
| | Příčníky lisovací | V | 5227,29 | 3 |
| | Držáky pohonu | V | 1542,14 | 3 |
| | Příložky válce (pár) | V | 493,38 | 3 |
| | Příruby lisovací | V | 127,54 | 4 |
| | Horní čelisti | V | 2139,63 | 16 |
| | Vložky horní čelisti s čepy | V | 448,96 | 6 |
| | Dolní čelisti | V | 2602,55 | 3 |
| | Závěsné konzoly | V | 476,21 | 3 |
| | Západky čelistí | V | 188,42 | 3 |
| | Excentry | V | 126,11 | 2 |
| | Čepy excentru | V | 107,04 | 2 |
| | Trubky excentru | V | 169,74 | 2 |
| | Držáky dotisku | V | 136,93 | 2 |
| | Pouzdra matice dotisku | V | 234,63 | 2 |
| | Páky dotisku | V | 36,02 | 6 |
| | Zástrčné čepy dotisku | V | 216,12 | 2 |
| Kluzné destičky | V | 986,70 | 14 | |
| Pneumatický systém | Pneumatické válce | K | 23565,87 | 3 |
| | Jednotka úpravy stlač. vzduchu | K | 2391,10 | 1 |
| | Ventil 3/2 cestný ovládací | K | 1551,46 | 1 |
| | Ventily uzavírací | K | 4535,58 | 3 |
| | Ventily 5/2 cestné | K | 1047,48 | 3 |
| | Propojovací technika | K | 1410,05 | - |
| Spojovací materiál | Šrouby, podložky, matice | K | 2108,58 | - |
| Ostatní | Kola podvozku aplc-700f | K | 3092,57 | 4 |
| | Napínací šrouby | K | 377,62 | 2 |
| | Plech konzoly ovládání | V | 262,20 | 1 |
| CELKEM | | | 77131,17 | |

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navržení funkčního korpusového lisu, který vyhovuje konkrétním požadavkům konečného uživatele. Zejména se jednalo o požadavek na pneumatický pohon, jenž ve stejné aplikaci na trhu v této chvíli není. Požadavky na mobilitu na úrovni dílny, konkrétní maximální rozměr lisovaného korpusu a přestavitelnost lisovacího zařízení lze považovat u daných strojů za běžné a z hlediska funkce a používání stroje zcela opodstatněné. V potaz byly brány nejen konkrétní požadavky jednoho výrobce, ale také potřeby malých výrobců nábytku i jiných výrobků celkově. Důležitým faktorem pro návrh stroje byla přijatelná pořizovací cena, která zároveň s nutnou mobilitou vyžadovala co nejnížší hmotnost lisu a byla významná pro celou koncepci. Se zmíněnými požadavky byl kladen velký důraz také na kvalitu a trvanlivost a na co největší všestrannost a určitou ucelenost daného zařízení. Cíl práce se dá tedy rovněž popsat jako nalezení vhodného kompromisu, řešení, které všem těmto požadavkům vyhoví.

Celková koncepce stroje byla zvolena s ohledem na konstrukce lisů dostupných na trhu v podstatě shodně, neboť se jedná o vhodné řešení z hlediska obsluhy a prostorového využití, byť má tato koncepce i své nevýhody, zejména při rozprostření lisovacího tlaku. Konkrétní stroj byl celkově uzpůsoben více pro lisování nábytkových korpusů, kdy se jinak téměř vždy jedná o lisy pro rámy, kde je třeba další přídavné vybavení. Důraz byl tak kladen na stabilitu lisovacího zařízení s ohledem na dlouhé čelisti, vedení a uchycení těchto čelistí. Funkční lože stroje bylo o něco více zakloněno a stroj byl navržen pro uchycení bezpečnostního závaží s ohledem na vyložení korpusu a čelistí. Hlavní inovací pro řešený typ nábytkářských lisů však stále představuje pneumatický pohon tohoto zařízení. Z pohledu mobility byl zvolen podvozek se sdruženými koly, jež představují elegantní řešení, které umožňuje pevné ustavení stroje na místě i jednoduchou manipulaci. Pro toto řešení byl přizpůsoben i rám, kde kola obsluze překáží minimálně a stroj je poměrně nízko nad zemí, což mimo jiné také zvyšuje bezpečnost. Žádná část rámu pak není ani při používání stroje jinak opřena o zem a krom patek kol není třeba další obsluhy. Hmotnost zařízení by měla být pro manipulaci přijatelná, nicméně bude stroj vzhledem k poměrně masivnímu provedení přiměřeně těžký. Přestavení lisovacího zařízení je možné u všech funkčních celků. Byl kladen důraz na kvalitu pojezdu i uchycení a na přesné nastavení dotisku, kde je opět možné osadit různé typy pohonu. Pro tento lis byl z důvodu ceny, jednoduchosti i možné přesnosti zvolen pohybový šroub. Výsledná cena stroje se jeví srovnatelná s běžnými lisy na trhu, navrhovaný stroj by je však měl předčit výbavou a některými

technickými řešeními. Stroj by tedy měl představovat pro konkrétního výrobce a danou skupinu uživatelů funkční a užitečný nástroj s výhodným poměrem ceny a užitné hodnoty. Dle potřeby možné jej osadit i dalšími typy pohonu a lze předpokládat dlouhou životnost a zachování své ceny i v případě přesunu od jednoho výrobce k druhému či právě požadavku lisu s jiným typem pohonu.

Při pokračování práce na toto téma by bylo vhodné se znovu zaměřit na další snížení hmotnosti a výrobních nákladů. Práci by bylo možné rozšířit o přesnou definici a kalkulaci výrobních procesů tohoto lisu. Také by bylo velmi přínosné zaměřit se na modifikace uchycení a vedení horní čelisti, kde by nebylo nutné použití mechanického dotla-ku a čelist by byla pro danou lisovací operaci předem nastavitelná. Rovněž by bylo možné se dále zabývat přizpůsobením ovládacích prvků a řízení stroje a vylepšeními možností manipulace s ním.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BORACCHINI, Alfredo, 2018. *Design and Analysis of Connections in Steel Structures: Fundamentals and Examples* [online]. Berlín: Ernst&Sohn [cit. 2021-3-6]. ISBN 978-3-433-60606-3. Dostupné z: <https://www.engbookspdf.com/Steel-Structure/Design-and-Analysis-of-Connections-in-Steel-Structures>
- [2] SVOBODA, Lubo, 2018. Dřevo. *Stavební hmoty* [online]. 4. vyd. Praha: Svoboda, s. 675-717 [cit. 2021-3-7]. ISBN 978-80-260-4972-2. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodal/sh/SH4v1.pdf>
- [3] FERONA a.s.. FERONA a.s. [online]. Copyright © design 2017 [cit. 06.05.2021]. Dostupné z: <https://www.ferona.cz/>
- [4] GROOVER, Mikell P, 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. 4th edition. Hoboken: John Wiley. ISBN 978-0470-467002.
- [5] Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva, c2018. *Univerzitní informační systém Mendelovy univerzity v Brně* [online]. Brno: Mendelova univerzita v Brně [cit. 2021-3-6]. Dostupné z: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?opora=554>
- [6] MATOVIČ, Anton, 1993. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva: Určeno pro posl. les. fak. obor dřevař a les*. Brno: Vysoká škola zemědělská. ISBN 80-7157-086-9.
- [7] HORÁČEK, Petr, 2008. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. 2.*, přeprac. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-169-2.
- [8] THALLON, Rob, 2008. *Graphic Guide to Frame Construction*. 3rd edition. Newtown: The Taunton Press. ISBN 978-1-60085-023-3.
- [9] PARR, Andrew, 2011. *Hydraulics and Pneumatics: A Technician's and Engineer's Guide*. 3rd edition. Oxford: Elsevier. ISBN 978-0-08-096674-8.
- [10] JANKOVSKÝ, Miroslav, Ludmila STASZKOVÁ a Jaromír LACHMAN, 1999. *Chemie dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-0559-2.
- [11] NUTSCH, Wolfgang, 2012. *Konstrukce nábytku: nábytek a zabudované skříně*. 2., přeprac. vyd. Přeložil Václav BARTOŠ. Praha: Grada. Stavitel. ISBN 978-80-247-4244-1.
- [12] PECINA, Pavel a Josef PECINA, 2006. *Materiály a technologie - dřevo*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-4013-0.

- [13] BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA, 2012. *Materiály na bázi dřeva* [online]. Praha: ČESKÁ ZEMEDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE [cit. 2021-3-6]. ISBN 978-80-213-2251-6. Dostupné z: <http://upload.epax.cz/materialy.pdf>
- [14] SPECK, James A., 2015. *Mechanical Fastening, Joining, and Assembly* [online]. 2nd edition. BocaRaton: CRC Press [cit. 2021-3-6]. ISBN 978-1-4822-7655-8. Dostupné z: <https://www.engineeringbookspdf.com/mechanical-fastening-joining-and-assembly-2nd-edition-by-james-a-speck/>
- [15] DILLINGER, Josef, 2007. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Praha: Europa-Sobotáles. ISBN 978-80-86706_19-1.
- [16] NIS - Nábytkářský informační systém. NIS - Nábytkářský informační systém [online]. Copyright ©2013 [cit. 06.05.2021]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/makroskopicka-stavba-dreva/>.
- [17] GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ, 2009. *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 978-80-7375-312-2.
- [18] JURNÍČEK, Jakub, 2013. *Návrh a realizace laboratorní úlohy řízení elektro-pneumatického manipulátoru Festo*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Stanislav Věchet.
- [19] *Návrh a realizace laboratorní úlohy řízení elektro-pneumatického manipulátoru Festo* [online], 2013. Brno [cit. 2021-3-11]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=66038. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Stanislav Věchet.
- [20] KOPÁČEK, Jaroslav, 1998. *Pneumatické mechanismy*. Dot. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. ISBN 80-707-8306-0.
- [21] NOVOTNÝ, František a Marcel HORÁK, 2019. PNEUMATICKÉ POHONY: PŘEHLED POHONŮ PRO AUTOMATIZAČNÍ TECHNIKU. *Technická univerzita v Liberci: Fakulta strojní* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci [cit. 2021-3-7]. Dostupné z: http://www.ksr.tul.cz/ksr/podklady/ARS_PNEUPOHONY.pdf
- [22] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA, 2017. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [23] POŽGAJ, Alexander, 1993. *Štruktúra a vlastnosti dřeva*. Bratislava: Príroda. ISBN 80-070-0600-1.

- [24] RAE, Andy, 2001. *The Complete Illustrated Guide to Furniture & Cabinet Construction*. Newtown: The Taunton Press. ISBN 978-1-56158-402-4.
- [25] U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2007. *The Encyclopedia of Wood*. 2nd edition. New York: Skyhorse. ISBN 9781602390577.
- [26] KOUŘIL, Jan a František BUBEN, 2020. *Truhlářství: tradice z pohledu dneška*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing. Stavitel. ISBN 978-80-271-1206-7.
- [27] HOADLEY, R. Bruce, 2000. *Understanding Wood: Craftsman's Guide to Wood Technology*. 2nd edition. Newtown: The Taunton Press. ISBN 978-1561583584.
- [28] FOREST PRODUCTS LABORATORY, 2010. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material* [online]. Madison: United States Department of Agriculture [cit. 2021-3-6]. ISBN Forest Products Laboratory. Dostupné z: https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf
- [29] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK, 2013. *Základy konstruování*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-839-7.
- [30] VOLEK, František, 2009. *Základy konstruování a části strojů I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7318-654-8.
- [31] VY_52_INOVACE_I-04-08 Výstředník – excentrický upínač. Copyright © 2021 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 06.05.2021]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/14855797/>.
- [32] VLČEK, Jiří, c2001-2021. Automatizace 2: 3. Pneumatické řízení. *TZBinfo* [online]. Praha: Topinfo [cit. 2021-1-8]. Dostupné z: https://www.tzbinfo.cz/docu/texty/0001/000102_at2.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | | |
|-------------------|----------|--|
| a | (m) | Rozměr profilu (dle příslušného schématu) |
| A | (m) | Rozměr profilu (dle příslušného schématu) |
| b | (m) | Tloušťka bočních plechů čelistí |
| d | (m) | Průměr čepu dolní čelisti |
| D_1 | (m) | Průměr matice dotisku nejmenší |
| d_2 | (m) | Průměr šroubu střední |
| d_3 | (m) | Průměr pohybového šroubu nejmenší |
| d_{ε} | (m) | Průměr čepu |
| d_d | (m) | Průměr čepu bočního dotisku |
| d_e | (m) | Průměr čepu excentru |
| d_{jm} | (m) | Průměr šroubu jmenovitý |
| d_l | (m) | Průměr čepu uchycení na válec |
| d_k | (m) | Střední průměr korunky dotisku |
| d_p | (m) | Průměr páky dotisku |
| e | (m) | Excentricita / vzdálenost povrchu průřezu od neutrální osy ohybu |
| E | (Pa) | Modul pružnosti v tahu |
| f | - | Součinitel smykového tření pro daný styk |
| F | (N) | Síla (obecně) / lisovací síla |
| F_0 | (N) | Síla předpětí v jednom šroubu |
| F_A | (N) | Síla jednoho dotisku |
| f_{ε} | - | Součinitel tření v čepu |
| F_e | (N) | Síla excentru |
| F_{lp} | (N) | Síla mezní pneumatického válce |
| F_{KR} | (N) | Kritická síla vzpěru |
| F_m | (N) | Síla působící na závěs lisovací jednotky |
| f_{min} | - | Součinitel tření plochy excentru minimální |
| F_{mr} | (N) | Síla reakční působící proti momentu od lisovací síly |
| F_o | (N) | Ovládací síla páky excentru |
| F_p | (N) | Ovládací síla páky dotisku |
| F_r | (N) | Reakční síla v čepu dolní čelisti |
| F_s | (N) | Síla působící na pero čepu excentru |
| F_T | (N) | Síla třecí působící proti lisovací |
| F_u | (N) | Síla vyvíjená excentrem |

| | | |
|------------|-------------------|--|
| F_v | (N) | Výsledná síla s volenou bezpečností |
| F_{vmin} | (N) | Minimální lisovací síla jednoho lisovacího válce |
| F_y | (N) | Síla (výsledná) ve vertikálním směru lisovací jednotky |
| g | (m) | Šířka pera |
| h | (m) | Výška styčné plochy vidlice zarážky |
| H | (m) | Větší rozměr voleného profilu ve směru ohybové síly |
| H_1 | (m) | Výška závitů |
| i | - | Počet šroubů |
| I | (m ⁴) | Minimální kvadratický moment průřezu při vzpěru |
| j | (m) | Výška čelisti |
| J_y | (m ⁴) | Kvadratický moment průřezu |
| k | - | Bezpečnost (celková/obecně) |
| k_f | - | Koeficient tření v závitech |
| k_p | - | Bezpečnost proti posunutí |
| l | (m) | Délka čelisti/délka pera čepu excentru |
| l_d | (m) | Délka příčnicku bočního dotisku |
| l_{k1} | (m) | Příslušné rozměry korpusu dle schématu |
| l_{k2} | (m) | Příslušné rozměry korpusu dle schématu |
| l_{k3} | (m) | Příslušné rozměry korpusu dle schématu |
| l_p | (m) | Maximální pracovní zdvih |
| m | (m) | Výška matice |
| m_1 | (kg) | Hmotnost desky korpusu č. 1 |
| m_2 | (kg) | Hmotnost desky korpusu č. 2 |
| m_3 | (kg) | Hmotnost desky korpusu č. 3 |
| M_k | (Nm) | Moment na čepu |
| M_o | (Nm) | Ohybový moment vzniklý lisováním /obecně |
| M_p | (Nm) | Moment na páce dotisku |
| M_{t1} | (Nm) | Třecí moment v závitech |
| M_{t2} | (Nm) | Třecí moment mezi korunkou a šroubem |
| $M_{tř}$ | (Nm) | Moment třecí síly |
| M_u | (Nm) | Utahovací moment šroubu |
| N | (N) | Normálová síla |
| p | (Pa) | Tlak obecně |
| P | (mm) | Rozteč závitů |
| p_{dov} | (Pa) | Dovolený tlak ve stykových plochách |

| | | |
|-----------------|------------------------|--|
| p_p | (Pa) | Požadovaný tlak lisování |
| R | (m) | Poloměr kotouče excentru / délka páky dotisku |
| r_ε | (m) | Poloměr čepu excentru |
| Re | (Pa) | Mez kluzu |
| S | (m ²) | Plocha (obecně) |
| S_{lmax} | (m ²) | Maximální plocha lisování pro jeden válec |
| T | (m) | Tloušťka stěny profilu |
| t_l | (m) | Výška otlacení pera |
| τ_{dov} | (Pa) | Dovolené smykové napětí |
| t_{max} | (m) | Maximální tloušťka materiálu korpusu |
| t_{maxP} | (m) | Maximální tloušťka materiálu korpusu pro výpočet hmotnosti |
| t_p | (m) | Tloušťka plechu opory horní čelisti |
| t_v | (m) | Tloušťka plechu vidlice tlačného nástavce |
| V_1 | (m ³) | Objem desky korpusu č. 1 |
| V_2 | (m ³) | Objem desky korpusu č. 2 |
| V_3 | (m ³) | Objem desky korpusu č. 3 |
| W_o | (m ³) | Modul průřezu v ohybu |
| y | (m) | Vzdálenost působení reakční síly uchycení čelistí |
| z | - | Počet závitů |
| λ | - | Štíhlost |
| φ | (°) | Úhel třecí |
| ψ | (°) | Úhel stoupání |
| σ_D | (Pa) | Napětí |
| σ_{dov} | (Pa) | Napětí dovolené (obecně) |
| σ_{DOV} | (Pa) | Dovolené napětí |
| σ_{Ddov} | (Pa) | Dovolené napětí |
| σ_o | (Pa) | Napětí ohybové |
| σ_t | (Pa) | Napětí tahové |
| σ_v | (Pa) | Napětí výsledné kombinovaného namáhání |
| ρ_{max} | (kg · m ³) | Maximální hustota materiálu |
| τ_s | (Pa) | Napětí střižné |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Řez kmenem stromu a detail řezu [27] | 13 |
| Obr. 2 Tři hlavní směry dřeva se zohledněním směru růstu a letokruhů [25] (přeloženo autorem práce) | 16 |
| Obr. 3 Hustota aglomerovaných materiálů [13] | 19 |
| Obr. 4 Pevnost v ohybu aglomerovaných materiálů [13] | 20 |
| Obr. 5 Výchozí části dřeva pro výrobu materiálů na bázi dřeva [13] | 24 |
| Obr. 6 Dřevěné materiály [13] | 25 |
| Obr. 7 Směry sesychání kmene [26] | 28 |
| Obr. 8 Zásady spojování masivu [26] | 28 |
| Obr. 9 Konstrukce nábytkových korpusů desková (nahore) a rámová (dole) [11] | 32 |
| Obr. 10 Konstrukce nábytkových korpusů sloupková [11] | 33 |
| Obr. 11 Automatický průběžný korpusový lis Homag CABTEQ T-250 (foto epimex.cz) | 34 |
| Obr. 12 Automatický průběžný korpusový lis Bonacin Closer 2500 (foto bonacin.it) | 35 |
| Obr. 13 Korpusový lamelový lis Homag CABTEQ S-200 s manipulačním příslušenstvím (foto epimex.cz) | 36 |
| Obr. 14 Multifunkční lis Feichtner RP 3000 (foto simek.eu) | 37 |
| Obr. 15 Základní obvod [18] | 40 |
| Obr. 16 Výroba (příprava) stlačeného vzduchu [15] | 41 |
| Obr. 17 Jednotka úpravy vzduchu [15] | 42 |
| Obr. 18 Základy pneumatického řízení [32] | 43 |
| Obr. 19 Jednočinný válec (nahore), dvojjinný válec (dole) [15] | 44 |
| Obr. 20 Šroubové spoje [15] | 46 |
| Obr. 21 Druh svaru podle uspořádání dílů [15] | 47 |
| Obr. 22 Druh svaru podle tvaru průřezu [15] | 47 |
| Obr. 23 Zadaný korpus maximálních rozměrů | 50 |
| Obr. 24 Korpusový lis – sestava celku | 52 |
| Obr. 25 Opěrný trámec, řešení rámu a krajní poloha lisovací jednotky | 53 |
| Obr. 26 Dolní část lisu | 54 |
| Obr. 27 Horní čelist | 55 |
| Obr. 28 Horní čelist – řešení uchycení a lisování | 56 |
| Obr. 29 Dolní čelist | 56 |

| | |
|--|----|
| Obr. 30 Zavěšení lisovací jednotky a zadní úchyt čelisti | 58 |
| Obr. 31 Boční dotisk | 59 |
| Obr. 32 Schéma pneumatického systému | 60 |
| Obr. 33 Ovládací panel stroje | 61 |
| Obr. 34 Pneumatický válec FESTO DSBC-125-160-PA-N3 (model FESTO) | 63 |
| Obr. 35 Profil příčnicku lisovací jednotky | 64 |
| Obr. 36 Působení lisovací síly | 64 |
| Obr. 37 Zatížení profilu dolní čelisti | 67 |
| Obr. 38 Dolní čelist uvolněná | 68 |
| Obr. 39 Zarážka dolní čelist | 69 |
| Obr. 40 Horní čelist uvolněná a zjednodušení pro výpočet na ohyb | 71 |
| Obr. 41 Excentricita výstředníku [31] | 75 |
| Obr. 42 Upevnění pneumatického válce | 76 |
| Obr. 43 Boční dotisk uvolněný | 78 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. 1 Vlhkost dřeva [12] | 14 |
| Tab. 2 Nároky na vlhkost výrobků [12]..... | 14 |
| Tab. 3 Rozdělení dřev podle hustoty při $w = 12\%$ [6]..... | 15 |
| Tab. 4 Hodnoty meze pevnosti v tlaku ve směru vláken vybraných dřevin [17] | 16 |
| Tab. 5 Průměrné hodnoty konvenční meze pevnosti dřeva v tlaku napříč vláken u vybraných dřevin při vlhkosti 12 a 30 % [17]..... | 17 |
| Tab. 6 Mez pevnosti vybraných dřev v ohybu při vlhkosti 12 % a nad mezí hygroscopicity [17] | 17 |
| Tab. 7 Hodnoty pevnosti dřeva ve smyku u vybraných druhů dřev [17] | 18 |
| Tab. 8 Skupiny tvrdosti dřeva (NIS)[16] | 18 |
| Tab. 9 Položkový rozpočet stroje 1/2 | 84 |
| Tab. 10 Položkový rozpočet stroje 2/2 | 85 |

SEZNAM PŘÍLOH

PI – Katalogový list pneumatického válce Festo DSBC-125-160-PA-N3

PII – Výkresová dokumentace:

| | |
|--------------------|---------------------------|
| T6BPT-SME-21-S-00 | SESTAVA LISU |
| T6BPT-SME-21-S-01 | SESTAVA DOTISKU |
| T6BPT-SME-21-S-011 | PODSESTAVA DOTISKU |
| T6BPT-SME-21-S-02 | SESTAVA LISOVACÍ JEDNOTKY |
| T6BPT-SME-21-01 | PROFIL 1 |
| T6BPT-SME-21-02 | PROFIL 2 |
| T6BPT-SME-21-03 | PROFIL 3 |
| T6BPT-SME-21-04 | PROFIL 4 |
| T6BPT-SME-21-05 | PROFIL 5 |
| T6BPT-SME-21-06 | PROFIL 6 |
| T6BPT-SME-21-07 | PROFIL 7 |
| T6BPT-SME-21-08 | PROFIL 8 |
| T6BPT-SME-21-09 | ŠIBENICE |
| T6BPT-SME-21-10 | PŘÍČNÍK LISOVACÍ |
| T6BPT-SME-21-11 | PŘÍČNÍK BOČNÍ |
| T6BPT-SME-21-12 | DRŽÁK DOTISKU |
| T6BPT-SME-21-13 | ČELIST HORNÍ |
| T6BPT-SME-21-14 | ČELIST DOLNÍ |
| T6BPT-SME-21-15 | KONZOLA ZÁVĚSNÁ |
| T6BPT-SME-21-16 | EXCENTR |
| T6BPT-SME-21-17 | KONZOLA LISOVACÍ |

PIII Elektronická forma:

3D model korpusového lisu

PŘÍLOHA P I: KATALOGOVÝ LIST PNEUMATICKÉHO VÁLCE

FESTO DSBC-125-160-PA-N3

katalogový list

Obj. číslo: 1722457

Objednací kód: DSBC-125-160-PA-N3



technické údaje

| Parametr | Hodnota |
|---|---|
| zdvih | 160 mm |
| Ø pístu | 125 mm |
| zkratka typového označení | DSBC |
| tlumení | pružné tlumicí kroužky/desky na obou stranách |
| montážní poloha | libovol. |
| konstrukční výstavba | píst pístnice profilová trubka |
| snímání poloh | pro přibližovací čidla |
| Provozní tlak | 0.2 ... 10.0 bar |
| činnost | dvojit. |
| provozní médium | stlačený vzduch podle ISO 8573-1:2010 [7:4:4] |
| upozornění k provoznímu /řídícímu médiu | mazaný provoz je možný (od mazání pak již nelze upustit!) |
| třída odolnosti korozi KBK | 1 - silné nároky na odolnost korozi |
| okolní teplota | -20 ... 80 °C |
| energie nárazu v koncové poloze | 3,3 J |
| teor. síla při 6 barech, chod zpět | 6881 N |
| teor. síla při 6 barech, chod vpřed | 7363 N |
| způsob upevnění | s vnitřním závitem s příslušenstvím volitelně: |
| připojení pneumatiky | G1/2 |
| upozornění k materiálu | ve shodě s ROHS |
| informace o materiálu víka | tlakový odlitek z hliníku, lakováno |
| informace o materiálu trubky válce | tvárná hliníková slitina, hladce eloxováno |
| informace o materiálu stíracího kroužku na pístnici | TPE-U(PU) |