

Konstrukce přípravku pro měření přidržnosti povrchových vrstev

Peter MIKULA

Bakalářská práce
2016

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Peter Mikula**

Osobní číslo: **T140048**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukce přípravku pro měření přidržnosti povrchových vrstev**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše v dané oblasti
2. Návrh konstrukčního řešení
3. Technologický postup výroby

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bc práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milan Žaludek, Ph.D.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 29. ledna 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

Příjmení a jméno: Mikula Peter

Obor: Technologické zařízení

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 10.4.2016



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevyjádřené zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezahnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

¹⁹ 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, § 60 Školní dílo.

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihledne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou testování stavebních vícevrstevných materiálů, jejich výrobou, složením a uplatněním. Pojednává se zde zejména o dřevěných sendvičových, potažmo překližkových deskách, zejména pak návrhem testovacího přípravku pro odtrhovou zkoušku soudržnosti materiálu. Teoretická část je zaměřena na výrobu překližkových desek, dále pak na jejich využití a testování vhodnými mechanickými zkouškami. Praktická část obsahuje návrh testovacího přípravku a obrazovou dokumentaci pro výrobu přípravku vhodného pro tyto zkoušky. Vytyčeným cílem této práce je optimalizovat a navrhnout zmíněný přípravek pro širší použití v praxi, zejména pro rozšíření testovacích možností zkušebního stroje Zwick 1456, užívaného v laboratoři UTB.

Klíčová slova: adheze, přilnavost, překližka, dýha, kompozit, sendvič, nátěr, zkouška tahem, odtrhová zkouška

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with the testing of building multilayer materials, their production, composition and application. It discusses mainly of wooden sandwich, actually plywood boards especially by the design of a test fixture used for tearing test of the material cohesiveness. The theoretical part is aimed at the manufacture of plywood boards their utilization and testing by appropriate mechanical tests. The practical part contains a design of test fixture and visual (image) documentation for manufacture of fixtures suitable for these tests. The aim of this thesis is to optimize and design mentioned fixture for wider use in practice especially for extension testing capabilities of the test machine Zwick 1456, used in the UTB laboratory.

Keywords: adhesion, adhesiveness, plywood, veneer, composite sandwich, paint, tensile test, tearing test

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Milanovi Žaludkovi, Ph.D. za pomoc, vstřícnost a ochotu při tvorbě této závěrečné bakalářské práci, a také za jeho přínosné přednášky a konzultace. Poděkování patří také mé rodině a to zejména manželce za její bezmeznou trpělivost a podporu v průběhu studia.

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

OBSAH

ÚVOD	12
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 DŘEVO	14
1.1 STRUKTURA A SLOŽENÍ DŘEVA.....	14
1.2 FYZIKÁLNÍ A MECHANICKÉ VLASTNOSTI DŘEVA.....	16
1.2.1 Barva dřeva	16
1.2.2 Hustota dřevní hmoty	16
1.2.3 Objemová hmotnost dřeva	16
1.2.4 Vlhkost	16
1.2.5 Tepelné, elektrické a akustické vlastnosti	18
1.2.6 Trvanlivost dřeva	19
1.2.7 Mechanické vlastnosti	20
1.3 DRUHY DŘEVA A ŘEZIVA PRO STAVEBNÍ ÚČELY	20
1.3.1 Jehličnaté dřeviny.....	21
1.3.2 Listnaté dřeviny.....	21
1.3.3 Exotické dřeviny	22
1.3.4 Třídění dřeva	22
1.3.5 Druhy řeziva.....	22
1.4 MATERIÁLY NA BÁZI DŘEVA	24
1.4.1 Desky z rostlého dřeva	26
1.4.2 Překližované desky.....	26
1.4.3 Dřevovláknité desky.....	28
1.4.4 Třískové desky	29
1.4.5 OSB desky.....	29
1.4.6 Lepené lamelové dřevo	30
1.4.7 Vrstvené dřevo	31
1.4.8 Vrstvené dřevo z dýhových pásů a z dlouhých třísek	32
1.4.9 Kombinované materiály	32
1.4.10 Plněné plasty	32
1.4.11 Zhuštěné dřevo	33
1.4.12 Modifikované dřevo	33
1.5 TEORIE LEPENÍ	34
1.5.1 Adheze.....	35
1.5.1.1 Mechanická vazba.....	35
1.5.1.2 Chemická (specifická) vazba	35
1.5.1.3 Polarita povrchu látek	36
1.5.2 Koheze.....	36
1.5.3 Pevnost lepeného materiálu.....	36
1.5.4 Shrnutí teorie lepení:	37
1.6 DRUHY LEPIDEL A JEJICH POUŽITÍ.....	37
1.6.1 Základní dělení lepidel.....	37
1.6.2 Obecný postup volby lepidla.....	38
1.6.2.1 Chemická podstata lepených materiálů	38
1.6.2.2 Savost materiálů.....	39
1.6.2.3 Technologie lepení:.....	39

1.6.2.4	Rychlost lepení:	40
1.6.2.5	Otevřená doba:	40
1.6.2.6	Pevnost spoje:	40
1.6.2.7	Teplotní odolnost spoje:.....	40
1.6.2.8	Vodovzdornost spoje:	41
1.6.2.9	Ohebnost nebo rigidita (nepoddajnost) spoje:	41
1.6.2.10	Mechanické napětí ve spoji před vytvrzením lepidla:.....	42
MECHANICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ		43
1.6.3	Mechanické namáhání.....	43
1.7	ODTRHOVÁ PEVNOST	47
1.7.1	Definice	47
1.7.2	Smysl a význam odtrhové zkoušky	48
1.7.3	Jak provádět odtrhovou zkoušku.....	48
1.7.4	Postup provedení odtrhové zkoušky	49
1.8	ZKUŠEBNÍ STROJE.....	51
1.8.1	Přístroj OP1	51
1.8.2	Přístroj OP2.....	52
1.8.3	Přístroj OP3.....	53
1.8.4	Stroj Zwick 1456.....	55
1.8.4.1	Kleštinové čelisti.....	57
1.8.4.2	Klínové upínací čelisti	57
1.8.4.3	Pružinové čelisti.....	58
1.8.4.4	Upínací přípravky pro zkoušky ohybem.....	58
II PRAKTICKÁ ČÁST		61
2	PŘEDPISY A NORMY PRO PROVÁDĚNÍ ZKOUŠEK.....	62
2.1	DEFINICE ZKOUŠEK DLE NORMY ČSN EN 311 - DESKY ZE DŘEVA PŘÍDRŽNOST POVRCHU - ZKUŠEBNÍ METODA	62
2.1.1	Základní definice.....	62
2.2	DEFINICE ZKOUŠEK DLE NORMY ČSN EN ISO 4624 - NÁTĚROVÉ HMOTY ODTRHOVÁ ZKOUŠKA PŘILNAVOSTI.....	63
2.2.1	Základní definice.....	63
3	PŘÍPRAVEK	65
3.1	NÁVRH PŘÍPRAVKU	65
3.2	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	74
3.3	TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY PŘÍPRAVKU.....	75
3.3.1	Strojové vybavení.....	75
3.3.1.1	Technologický postup výroby pro přílohu I.....	76
3.3.1.2	Technologický postup výroby pro přílohu II.....	77
3.3.1.3	Technologický postup výroby pro přílohu III.....	79
3.3.1.4	Technologický postup výroby pro přílohu IV	80
3.3.1.5	Technologický postup výroby pro přílohu V.....	81
3.3.1.6	Technologický postup výroby pro přílohu VI	82
3.3.1.7	Technologický postup výroby pro přílohu VII.....	83
3.3.1.8	Technologický postup výroby pro přílohu VIII.....	84
3.3.1.9	Technologický postup výroby pro přílohu IX	85
3.3.1.10	Technologický postup výroby pro přílohu X.....	87
3.3.1.11	Technologický postup výroby pro přílohu XI.....	88

3.3.1.12 Technologický postup výroby pro přílohu XII	89
ZÁVĚR	90
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	91
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	92
SEZNAM OBRÁZKŮ	93
SEZNAM TABULEK	95
SEZNAM PŘÍLOH	96

ÚVOD

V této bakalářské práci se zabývám problematikou a studiem týkající se zpracování stavebních vícevrstvých materiálů, jejich složením, povrchové úpravy a mechanickými zkouškami. Zaměřím se zejména na dřevěné – překližkové, sendvičové a jiné lepené desky, jejich povrchovou úpravou a návrhem testovacího přípravku pro mechanickou odtrhovou zkoušku. Tento přípravek by měl splňovat požadované normy pro dané použití. Jedná se tedy o normu ČSN EN 311 desky ze dřeva – přídržnost povrchu – zkušební metoda a také norma ČSN EN ISO 4624 nátěrové hmoty – odtrhová zkouška přilnavosti. V teoretické části je obsažen popis výroby překližkových desek, jejich uplatnění a použití, dále zahrnuji popis základních vybraných mechanických zkoušek, vhodných pro uvedené materiály, zejména pak metodiku a postup zkoušení dle výše uvedených norem. Praktická část obsahuje návrh dokumentace pro výrobu přípravku vhodného pro tyto zkoušky. Informace byly průběžně konzultovány s odborníky z firmy WOODEXPERT s.r.o., kteří se specializují na odborné technické posudky stavebních konstrukčních prvků na bázi dřeva. Tato společnost působí na mezinárodní scéně a spolupracuje s předními evropskými zkušebními ústavy, v neposlední řadě také s ústavem výrobního inženýrství na UTB ve Zlíně. Tímto jsem využil spolupráce a cenné poznatky, které se daly zhodnotit v této práci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DŘEVO

Dřevo patří k nejstarším stavebním materiálům. Bylo používáno zřejmě již od pravěku. I když se nejstarší dřevěné stavby nedochovaly, můžeme jejich podobu usuzovat z dřevěných staveb v soudobých kulturách.

V současné době zaznamenávají dřevěné konstrukce celosvětově velký rozvoj. Hlavními důvody tohoto vývoje jsou výhodné konstrukční vlastnosti dřeva, zejména lehkost, snadná opracovatelnost a dobré izolační vlastnosti. Stále více jsou využívány i dobré vlastnosti lepených dřevěných prvků a kompozitních materiálů na bázi dřeva. Svůj podíl na stoupající oblibě dřeva mají také požadavky na ochranu životního prostředí, protože právě dřevo je jedním z mála stavebních materiálů, které jsou schopny se přirozeně obnovovat.

Pro soudobé dřevěné konstrukce je typické použití prostorových nosných soustav, umožňujících překlenout velké rozpětí a tvorbu geometricky složitých tvarů. Nové technologie jsou založeny na aplikaci prvků lepeného průřezu a prvků vyrobených z nových materiálů, případně prvků vyrobených kombinací různých materiálů, a na použití nových typů spojovacích prostředků.

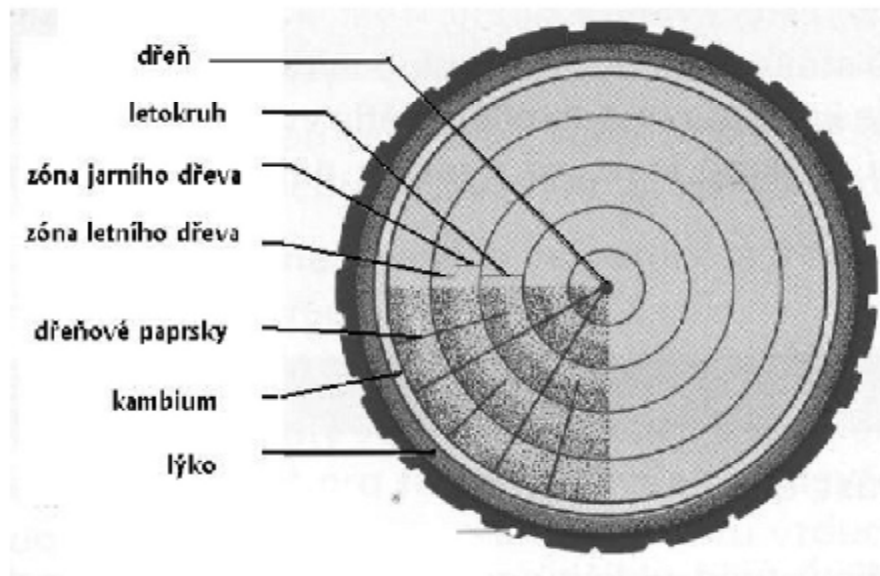
Zatímco většina v současnosti užívaných stavebních materiálů je vyráběna z neobnovitelných zdrojů a jejich výroba je energeticky vysoce náročná, dřevo roste a spotřebovává oxid uhličitý, čímž přispívá ke zpomalování nárůstu jeho obsahu v ovzduší. Dřevo z dobře obhospodařovaných lesů patří k obnovitelným surovinám a jeho používání je šetrné k životnímu prostředí. Jelikož dřevo je snadno dostupná a obnovitelná surovina, může být využíváno jako plnohodnotná náhrada řady dražších surovin.

V první části této práce bych tedy věnoval několik stránek popisu této suroviny. Myslím, že i přesto, že je dřevo považováno za běžnou komoditu, málokdo ví o něm i ta nejzákladnější fakta, které bych ve stručnosti dále zmínil.

1.1 Struktura a složení dřeva

Dřevo je definováno jako substance mezi dřevní a kůrou stromu nebo keře, obsahující lignin a celulózu. Dříví je definované jako dřevo v podobě stojících nebo pokácených stromů, nebo ve formě jejich prvního zpracování. Pojem kulatina je užíváno pro dlouhé oblé dříví. Složení dřeva na příčném řezu se nazývá skladba (struktura) dřeva. Na povrchu kmene je vrstva kůry, její spodní část se nazývá lýko. Pod kůrou leží tenká mikroskopická vrstva buněk zvaná kambium, což je vrstva dělivých buněk, které tvoří v živém stromě zevně

buňky lýka a dovnitř kmene buňky dřeva. Za jedno vegetační období vzniká zřetelně oddělená přírůstková vrstva dřeva zvaná letokruh. Každý letokruh je tvořen vrstvou jarního a letního dřeva. Jarní dřevo bývá řidší a světlejší než dřevo letní. Vnější vrstva dřeva, která u živého stromu obsahuje živé buňky a vede roztoky, se nazývá běl. Běl bývá zpravidla světlejší než vnitřní část kmene. Vnitřní vrstva dřeva, obsahující odumřelé buňky, se nazývá jádro. Ve středu kmene je dřeň, tvořená hlavně měkkými pletivy. (1)



Obr. 1 Příčný řez kmenem

Základní součástí dřeva jsou buňky, které mají zpočátku tvar nízkého hranolku, později jsou protáhlé a tvoří vláknitou strukturu dřeva. Typické buňky v kmeni jehličnatých dřevin jsou tracheidy dlouhé 2 – 5 mm a široké jen 0,03 – 0,04 mm. Dřevo se skládá hlavně z celulózy (cca 50 %), hemicelulózy (cca 22 %) a ligninu (cca 22 %), které tvoří buněčné stěny. Zbylých 6 % jsou látky, vytvářející vnitřek buněk a patří k nim pryskyřice, tuky, vosky, třísloviny, barviva, alkaloidy a látky minerální.

Chemicky se všechny druhy dřeva skládají ze stejných prvků, a to přibližně ve stejném množství. Organické látky, tvořící převážnou část dřeva, obsahují kolem 50 % uhlíku, 43 % kyslíku, 6 % vodíku a 0,3 % dusíku. Zbytek do 100 % (tj. cca 0,7 %) tvoří látky minerální, obsahující draslík, sodík, vápník, fosfor, hořčík aj. (2)

1.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva

Fyzikální a mechanické vlastnosti různých druhů dřeva se mohou poměrně výrazně lišit. Pro speciální účely se proto dovážejí exotická dřeva. Často je důležitý i jejich odlišný vzhled.

1.2.1 Barva dřeva

Čím je dřevo tmavší, tím obsahuje větší množství pryskyřic a tříslovin, které činí dřevo odolnější vůči hnilobě. Obecně platí, že čím je dřevo tmavší, tím je trvanlivější.

1.2.2 Hustota dřevní hmoty

Hustota vlastní dřevní hmoty je stejná pro všechny dřeviny, činí přibližně 1500 kg.m^{-3} . Tato hodnota odpovídá hustotám hlavních složek dřeva, celulózy (s hustotou 1580 kg.m^{-3}) a ligninu (hustota 1400 kg.m^{-3}).

1.2.3 Objemová hmotnost dřeva

Objemová hmotnost závisí na druhu dřeva a jeho vlhkosti, s rostoucí vlhkostí vzrůstá. Objemová hmotnost dřeva v suchém stavu u běžných dřevin se pohybuje od 400 kg.m^{-3} do 700 kg.m^{-3} .

Tab. 1 Rozdělení dřevin podle objemové hmotnosti v suchém stavu

Dřevina	Objemová hmotnost (kg/m^3)	Příklad dřeviny
Velmi lehké	do 400	topol
Lehké	400 - 500	jedle, smrk, borovice
Mírně těžké	500 - 600	vrba, modřín, mahagon
Středně těžké	600 - 700	bříza, jasan, dub, buk
Těžké	700 - 1000	akát, habr
Velmi těžké	nad 1000	eben

1.2.4 Vlhkost

Vlhkost je podle ČSN EN 844 – 4 definována jako hmotnost vody ve dřevě, vyjádřená v procentech hmotnosti absolutně suchého dřeva. Absolutně suché dřevo, tj. dřevo, které neobsahuje žádnou vlhkost, se podle téže normy získá sušením dřeva do konstantní hmotnosti při $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ v odvětrávané sušárně.

Přirozeně vyschlé dřevo není úplně suché, jeho vlhkost se mění v závislosti na teplotě a vlhkosti vzduchu. Časem nastává mezi vlhkostí dřeva, poměrnou vlhkostí vzduchu a teplotou rovnovážný stav (hygroskopická rovnováha).

Čerstvě poražené dřevo má vlhkost 40 až 170 % (průměrně kolem 100 %), dřevo proschlé na vzduchu, jehož vlhkost je v rovnováze s přirozenými atmosférickými podmínkami okolí, má obvykle vlhkost nižší než 20 %.

Pro technologické zpracování dřeva je důležité sesychání a bobtnání dřeva. Sesychání definuje norma ČSN EN 844 – 4 jako zmenšování rozměrů dřeva způsobené snižováním jeho vlhkosti, bobtnání je proces opačný. Sesycháním (bobtnáním) se mění všechny rozměry, a tudíž i objem a plocha dřeva a je nutno s ním při zpracovávání dřeva počítat. Změny rozměrů závisí mimo jiné i na způsobu a rychlosti vysoušení.

Dřevo sesychá (bobtná) jinak ve směru vláken, jinak v radiálním směru a jinak v tečném směru. Absolutně vysušené dřevo seschne v podélném směru o 0,05 až 0,7 % (průměrně o 0,2 %), v radiálním směru o 2,2 % až 8,5 % (průměrně 5 %), ve směru tečném o 3 až 16 % (nejčastěji kolem 15 %), ve svém objemu o 5 až 21 %. Toto nestejně sesychání způsobuje tvarové změny. Objemové změny vlivem vlhkosti jsou pro jednotlivé dřeviny vyjadřovány pomocí součinitele vlhkostní deformace α . Podle hodnot sesychání můžeme dřeva rozdělit na málo sesychavá (tis, olše, vrba, topol, kaštan), středně sesychavá (borovice, smrk, jedle, dub, jilm, jasan, javor) a hodně sesychavá (modřín, bříza, buk, habr, lípa). Některé hodnoty součinitele vlhkostní deformace jsou uvedeny v tab.2. (2)

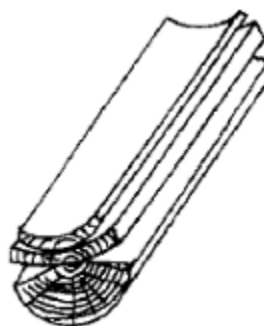
Tab. 2 Průměrné hodnoty součinitele vlhkostní deformace při změně vlhkosti dřeva o 1%

Dřeviny	Součinitel vlhkostní deformace α		
	kolmo na vlákna		rovnoběžně s vlákny α_l
	tangenciálně α_t	radiálně α_r	
Jehličnaté	0,25	0,12	0,01
Listnaté	0,4	0,2	0



Obr. 2 Tvarové změny prvků způsobené sesycháním

1) tangenciální 2) radiální 3) mezilehlé 4) dřeňové



Obr. 3 Tvarové změny prvků způsobené kroucením při sesychání

1.2.5 Tepelné, elektrické a akustické vlastnosti

Tepelná vodivost dřeva je malá a zvětšuje se s objemovou hmotností, vlhkostí a teplotou dřeva. Ve směru vláken je dřevo dvakrát vodivější než kolmo na vlákna. Součinitel tepelné vodivosti pryskyřičného dřeva při vlhkosti 15 % se pohybuje kolem $0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a kolmo na vlákna kolem $0,075 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Teplotní roztažnost dřeva je také poměrně malá a dilatační spáry jsou nutné pouze kvůli objemovým změnám vlivem vlhkosti.

Dřevo v suchém stavu prakticky nevede proud, se vzrůstající vlhkostí se však elektrická vodivost prudce zvětšuje.

Dřevo má vynikající akustický útlum a ozvučnost, proto je také nenahraditelné při výrobě hudebních nástrojů. Pro svoji schopnost odrážet a pohlcovat zvuk se používá při akustických úpravách.

1.2.6 Trvanlivost dřeva

Zpravidla platí, že dřeviny s tmnějším jádrem jsou trvanlivější než dřeviny se světlým nebo nevýrazným jádrem. Trvanlivost dřeva nejvíc závisí na prostředí, ve kterém je dřevo použito a na druhu dřeva. Trvanlivost dřeva nejvíce zkracuje kolísavá vlhkost, zvláště tehdy, je-li dřevo v částečném styku s půdou. Trvanlivost dřeva uloženého na vzduchu pod střechou, bez styku s půdou je uvedena v tabulce 3.

Tab. 3 Dřevo uložené na vzduchu bez styku s půdou

Druh dřeva	Průměrná trvanlivost v letech
Buk	5 - 95
Borovice	90 - 120
Dub	100 - 200
Modřín	90 - 120
Smrk	50 - 75

1.2.7 Mechanické vlastnosti

Předností dřeva je jeho lehkost, snadná opracovatelnost a spojovatelnost a velká pevnost. Hodnoty pevností ve směru vláken a kolmo na vlákna se výrazně liší.

Modul pružnosti těže dřeviny roste s objemovou hmotností a klesá s vlhkostí dřeva. Moduly pružnosti při namáhání tahem, tlakem a ohybem se od sebe liší jen nepatrně, a proto se udávají jedinou hodnotou. Hodnoty modulu pružnosti kolmo k vláknům jsou asi desetkrát až dvacetkrát nižší než hodnoty modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny.

System tříd pevnosti dřeva pro stavební konstrukce stanovuje norma ČSN EN 338. V normě jsou uvedeny charakteristické hodnoty pevností, modulů pružnosti a hustoty pro jednotlivé třídy a pravidla pro přiřazování základních souborů dřeva (tj. kombinací druhu, původu a jakostní třídy dřeva) ke třídám pevnosti. (2)

1.3 Druhy dřeva a řeziva pro stavební účely

Dřeviny lze dělit podle různých hledisek, botanicky se dělí na jehličnaté a listnaté, obě tyto skupiny pak lze dělit na dřeviny tvrdé a měkké, mezi nimiž však není přesná hranice, dále je lze dělit např. podle původu na domácí a dovezené apod.

Fyzikální a mechanické vlastnosti jednotlivých druhů dřeva se liší nejen podle druhu dřeviny, ale i v rámci jednoho druhu, neboť vliv na vlastnosti dřeva mají i podmínky růstu – podnebí, hustota okolního porostu, typ půdy apod. Liší se i vlastnosti dřeva z jednoho stromu podle toho, ze které části stromu řezivo pochází.

Obecně lze říci, že jehličnaté dřeviny rostou rychleji, proto je jehličnaté dřevo měkčí, méně trvanlivé, ale také lacinější.

Obchodní názvy kulatiny a řeziva popisuje norma ČSN EN 13556. Norma uvádí základní vědecké a obchodní názvy dřevin a zavádí jejich popis zkratkou, skládající se z vědeckého názvu a z místa původu (např. smrk obecný, *Picea abies*, pocházející z Evropy má zkratku PCAB EU). (3)

1.3.1 Jehličnaté dřeviny

Jehličnaté dřeviny tuzemského původu na stavbě převládají. Nejvíce se používá smrk.

Smrk má měkké, poměrně lehké a pryskyřičné dřevo s dlouhými vlákny. Smrkové dřevo je poměrně pružné a pevné, za sucha velmi dobře štípatelné. Málo se bortí a sesychá. V interiéru je velmi trvanlivé, venku málo odolné. Barva dřeva je žlutohnědá, bez tmavě zbarveného jádra. Používá se na prakticky všechny druhy stavebního řeziva – jako konstrukční dřevo i na stavebně-truhlářské výrobky.

Jedle má dřevo podobných vlastností jako dřevo smrkové. Zpracovatelnost dřeva je o něco horší, pevnost o něco nižší než u smrku. Z hlediska pravidelnosti růstu bývá zpravidla lepší než smrk. V suchu je jedlové dřevo velmi trvanlivé, méně odolné je v exteriéru. Vysoce trvanlivé je ve vodě. Dřevo je žlutobílé a je dobře štípatelné. Používá se stejně jako smrkové dřevo.

Borovice má dřevo měkké, ale tvrdší než smrk, lehké až středně těžké, křehčí a málo pružné. Má velký obsah pryskyřice, proto je velmi trvanlivé i ve vlhku, zejména ve vodě. Dřevo je bílé barvy se žlutočerveným jádrem. Mívá poměrně velký obsah suků, které mohou časem vypadávat.

Modřín má středně těžké dřevo, poměrně měkké, i když tvrdší než smrk či borovice. Barva je žlutobílá s červenohnědým jádrem. Má výbornou trvanlivost jak v suchu, tak i ve vlhku a ve vodě. Je vhodný k použití tam, kde jsou vysoké požadavky na bezpečnost a trvanlivost a také v místech s proměnlivou vlhkostí a teplotou. Dále se používá na stavebně-truhlářské výrobky.

1.3.2 Listnaté dřeviny

Buk je z listnatých dřevin u nás nejpoužívanější. Má tvrdé dřevo, těžké a dobře štípatelné. Dřevo je pevné, ale málo pružné, značně sesychá a praská. V exteriéru je málo trvanlivé, zato v suchu a ve vodě velmi trvanlivé. Barvu má bílou až okrovou.

Dub má tvrdé, těžké, velmi pevné a pružné dřevo, dobře štípatelné a vysoce trvanlivé. Má úzkou bělouš a široké hnědé jádro. Dělají se z něj jakostní vlysy a náročné stavebně-truhlářské výrobky.

Dřevo z ostatních druhů listnatých dřevin se na stavební konstrukce prakticky nepoužívá. Jasan, javor, bříza a lípa se používají na truhlářské a řezbářské práce.

1.3.3 Exotické dřeviny

Ostatní druhy dřevin se ve stavebnictví používají mnohem méně a většinou jako dekorační prvky nebo pro speciální účely (např. sauny, žaluzie). Stále častěji se i u nás uplatňují exotické dřeviny jako je abachi, aburn, americká olše, americká třešeň, americký jasan, americký javor, americký ořech, badi, bangirai, bilinga, bongosi, cedr, eben, eukalyptus, finská borovice, framire, hemlock, ilomba, itauba, khaya, kasipo, koto, mahagon, massaranduba, meranti, niangon, oregon, pinie, ramín, saraya, sipo, švédská bříza, teak a další podle požadavku zákazníka.

S tím jak se zákazníci stávají stále náročnější, je možné v segmentu cizokrajných dřev pozorovat nárůst spotřeby. Zdaleka už nejde jen o drobné prvky, jakými jsou ramínové žaluzie. Z tmavočerveného meranti jsou dnes běžně nabízena okna nebo dveře. Pro pergoly a zahradní architekturu vůbec je kromě teakového dřeva nabízeno i malajské bangirai. Výrobky z posledních dvou dřev jsou přirozeně povětrnostně stálé. Není nutné je lakovat ani jinak upravovat. (2)

1.3.4 Třídění dřeva

Dřevo vykazuje, proti umělým konstrukčním materiálům (např. oceli), poměrně vysokou variabilitu vlastností. Na rozdíl od umělých konstrukčních materiálů, jejichž jakost může být při výrobě ovlivněna podle účelu použití, lze u rostlého dřeva zabezpečit požadovanou jakost pouze tříděním.

Vizuální třídění dřeva je založeno na kontrole viditelných charakteristik dřeva, jako jsou např. suky, šířka letokruhů, odklon vláken, trhliny, oblíny a zakřivení, zbarvení a hniloba, které ovlivňují mechanické vlastnosti dřeva.

Norma ČSN 73 2824-1 zavádí třídy jakosti S 13, S 10, S 7. Pojem třída pevnosti se používá pro klasifikaci dřeva na základě strojního třídění. Třídy pevnosti jsou uvedeny v normě ČSN EN 338.

1.3.5 Druhy řeziva

Podle normy ČSN EN 844-3 je řezivo definováno jako produkt vyráběný z kulatiny nebo výřezů podélným dělením a je eventuálně zkrácen a/nebo opracován a dosahuje určité rozměrové přesnosti.

Řezivo lze dělit podle dřeviny, podle tvaru a rozměrů příčného průřezu, podle způsobu výroby, účelu použití a jakosti dřeva.

Podle způsobu výroby se řezivo dělí na neomítané a omítané. Pojmem neomítané se rozumí řezivo s rovnoběžnými plochami a jedním nebo dvěma neopracovanými boky. Omítané řezivo se vyrábí rovnoběžným obráběním neomítaného řeziva a je definováno jako řezivo s pravoúhlým příčným průřezem s dovolenými oblinami, které nepřekročí pevně stanovený obsah.

Podle rozměrů se řezivo dělí na latě, prkna, fošny a hranoly. Prvky s průřezem menším než 10 cm² se někdy označují jako lišty.

Druhy, rozměry a značení řeziva uvádí norma ČSN 73 2824-1. Řezivo se podle této normy označuje takto: druh řeziva + označení normy - třída + v jakém stavu tříděno - druh dřeva (např. Hranol ČSN 73 2824-1 - S10 TS - SM, kde TS znamená tříděno v suchém stavu a SM znamená dřevo smrkové).

Tab. 4 Řezivo podle příčného průřezu

Druh	Tloušťka d, případně výška h	Šířka b
Lať	$d \leq 40 \text{ mm}$	$b < 80 \text{ mm}$
Prkno	$d \leq 40 \text{ mm}$ b	$b \geq 80 \text{ mm}$
Fošna	$d > 40 \text{ mm}$	$b > 3d$
Hranol	$b \leq h \leq 3b$	$b > 40 \text{ mm}$

Historické názvy se používají pro částečně omítané prvky. Dřevěné prvky se dvěma proti-lehlými neomítnutými stranami jsou polštáře, prvky s jednou neomítnutou stranou jsou trámy.

Prvky tvořené seříznutou oblinou jsou krajiny a mají dnes spíše charakter odpadu. Používaly se na dočasné ploty, nebo krmelce a přístřešky.

Fošny a prkna jsou tak zvané deskové řezivo. U deskového řeziva je třeba rozlišovat pravou a levou stranu. Pravá strana je ta která je přivrácená k původnímu středu kmene.

Řezivo se má sušit pravou stranou nahoru a při montáži prkenné podlahy schodišťových stupňů má být pravá strana nahoře. Je to příznivější z hlediska tvarových změn.

Pro podlahové prvky platí norma ČSN EN 49 2120, která podlahové prvky rozděluje na palubky, parkety, parketové vlasy a lamely, mozaikové parkety, lamparkety, podlahové tabule a podlahové panely. Norma ČSN EN 13756 uvádí a definuje termíny dřevěných

podlahovin a norma ČSN EN 14342 definuje a specifikuje odpovídající charakteristiky dřevěných a parketových podlah a vhodné zkušební metody pro stanovení těchto charakteristik pro jejich použití v interiéru jako podlahoviny. Vztahuje se také na dřevěné dýhované podlahoviny.

Požadavky na jednotlivé typy podlahových prvků pak jsou popsány v samostatných normách (např. ČSN EN 13226 pro parketové vlasy, ČSN EN 13488 pro mozaikové parkety, ČSN EN 13227 pro lamparkety apod.)

K dalším pilařským výrobkům patří pražce, dlažební kostky apod. (2)

1.4 Materiály na bázi dřeva

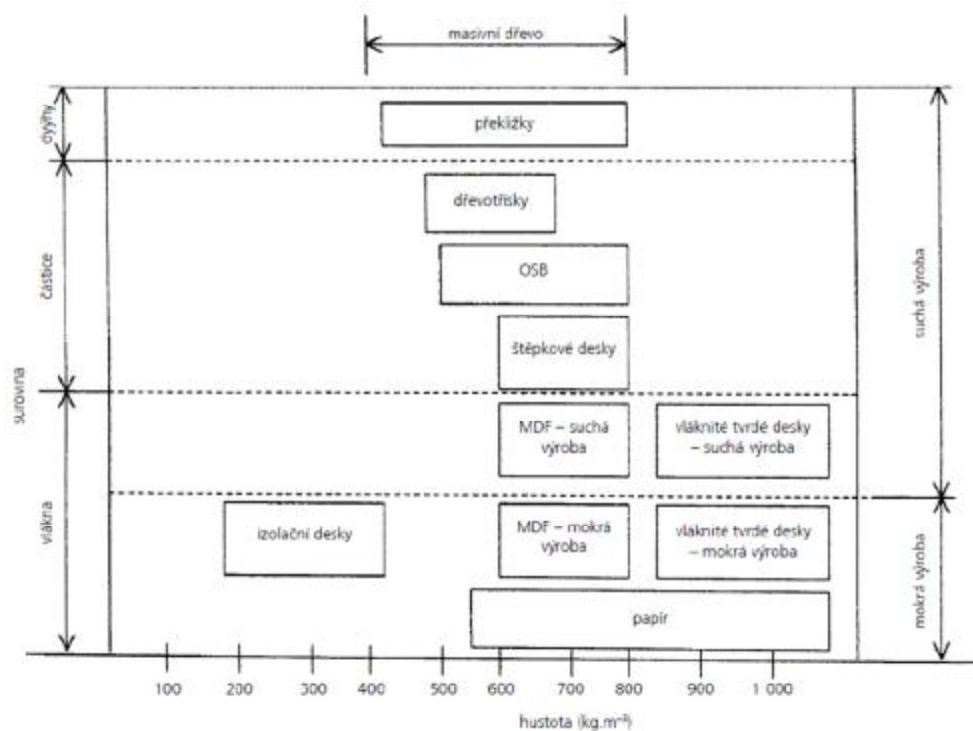
Při použití dřeva v podobě masivního řeziva mohou být zužitkovány pouze mohutnější stromy a i z nich jenom některé jejich části. Navíc během růstu stromu vznikají ve dřevě různé nepravidelnosti a vady, které nelze v masivních prvcích použít.

Pokud se však dřevní hmota rozdělí na menší částice a ty se opět spojí, lze tyto vady a nepravidelnosti potlačit a navíc lze využít i menší části stromů (např. tenké větve apod.). Tímto způsobem se vyrábí celá řada materiálů na bázi dřeva, které mohou mít lepší vlastnosti než masivní dřevo.

Výhodou materiálů na bázi dřeva je vysoce efektivní využití dřevní hmoty, převážně nízká objemová hmotnost (okolo 500 kg.m⁻³) při vysoké pevnosti, snadná opracovatelnost a spojování, objemová stálost a vyšší požární odolnost a odolnost proti biologickým škůdcům.

Mezi materiály na bázi dřeva patří:

- desky na bázi dřeva (desky z rostlého dřeva, desky překližované, vrstvené, vláknité, třískové, cementotřískové a desky OSB)
- lepené lamelové dřevo
- zhuštěné dřevo
- modifikované dřevo
- kompozity, kombinující dřevo s jinými materiály



Obr. 4 Rozdělení deskových materiálů na bázi dřeva

Desky na bázi dřeva definuje norma ČSN EN 13986, která také udává některé základní požadavky na tyto desky. Pro všechny desky na bázi dřeva definuje tři třídy vlhkosti, do kterých se zařazují desky podle místa užití. Jedná se o užití v suchém prostředí - třída 1 (vlhkost materiálu odpovídá teplotě 20 °C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 65 % pouze po několik týdnů v roce), ve vlhkém prostředí – třída 2 (vlhkost materiálu odpovídá teplotě 20°C a relativní vlhkost okolního vzduchu přesahuje 85 % pouze po několik týdnů v roce) a ve venkovním prostředí - třída 3 (klimatické podmínky vedou k vyšší vlhkosti než u třídy 2). (2)

Dále ČSN EN 13986 uvádí požadavky na třídy reakce na oheň, na součinitel difúzního odporu, tepelnou vodivost a obsah formaldehydu (obecně třída E1 nebo E2).

Evropské normy pro desky na bázi dřeva také zavádějí dobrovolné barevné značení desek 2 barvami, první barva určuje způsob použití (bílá pro všeobecné použití a žlutá pro nosné desky), druhá barva určuje podmínky užití (modrá pro suché, zelená pro vlhké a hnědá pro venkovní prostředí).

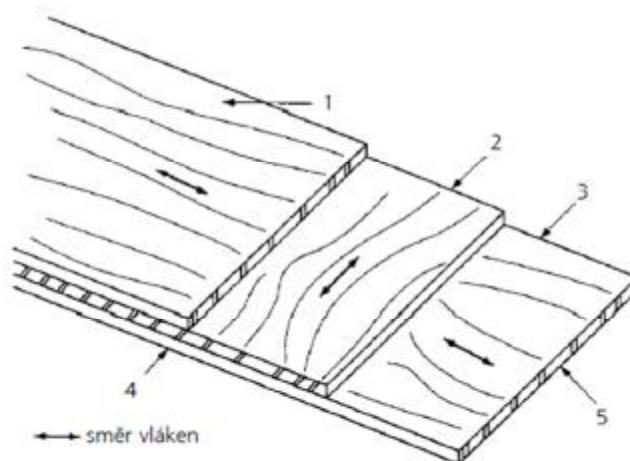
1.4.1 Desky z rostlého dřeva

Podle normy ČSN EN 12775 je deska z rostlého dřeva definována jako deska, složená z dílců, slepených navzájem na užších stranách a u vícevrstvých desek také na plochách. Desky mohou být jednovrstvé nebo vícevrstvé, Jako dílce se používají latě (s tloušťkou < 40 mm a šířkou < 80 mm), prkna (tl. 10-40 mm, š. > 80 mm), lamely (tl. 3 -10 mm, š. > 25 mm), hranolky (tl. > 40 mm, š. < 80 mm) nebo fošny (tl. > 40 mm, š. > 80 mm). Desky mohou být velkoformátové (délka min. 3 m, šířka min.1 m) nebo stře-doformátové (buďto s délkou menší než 3 m nebo šířkou menší než 1 m). Desky z rostlého dřeva se označují symbolem SWP. Normy ČSN EN 13353 je dělí na desky pro nosné nebo nenosné účely pro použití v suchém, vlhkém a venkovním prostředí a uvádí požadavky na jejich vlastnosti.

1.4.2 Překližované desky

Rozdělení překližovaných desek uvádí norma ČSN EN 313-1. Podle konstrukce norma rozlišuje překližky, jádrové desky (laťovky a dýhovky) a složené desky. Podle trvanlivosti se překližované desky dělí na desky pro použití v suchém prostředí, ve vlhkém prostředí a ve venkovním prostředí. Podle úpravy povrchu se desky dělí na nebroušené, broušené, povrchově upravené a opláštěvané (např. dýhou, filmem, impregnovaným papírem).

Překližky jsou desky ze vzájemně slepených vrstev, přičemž směr vláken na sobě ležících vrstev je většinou kolmé. Typická tloušťka desek je 3 – 7 mm, Jedna vrstva může být tvořena jednou dýhou (tenkým listem dřeva o max. tloušťce 7 mm), popř. více dýhami nebo sesazenkami (tj. 1, 2, nebo více dýh, spojených k sobě na stranách nebo čelech) s rovnoběžným směrem vláken. Počet vrstev bývá převážně lichý a vrstvy, jež jsou od středu uloženy souměrně, mívají stejný směr (symetrická překližka).



Obr. 5 Skladba překližky

1) vrchní vrstva 2) jádro 3) spodní vrstva 4) podélná hrana 5) příčná hrana

Jádrové desky jsou definovány jako překližované desky s jednou středovou vrstvou. Středová vrstva bývá silnější a u dýhovek je tvořena loupanými dýhami, uspořádaným kolmo k rovině desky (příčměž většina nebo všechny jsou navzájem slepeny), u laťovek je z latí z plného dřeva o šířce 7 - 33 mm (vzájemně slepených nebo neslepených).

Složené překližované desky jsou desky, jejichž střední vrstva není z masivního dřeva nebo dýh a má většinou charakter podpurné konstrukce. Může být např. voštinová. Z obou stran jádra jsou nejméně dvě navzájem zkřížené vrstvy.

Překližky typu HDO (High Density Overlay) a MDO (Medium Density Overlay) jsou na povrchu opatřeny vrstvou reaktoplastu, který zajišťuje velmi hladký a otěruvzdorný povrch. Používají se především jako bednění.

Norma ČSN EN 12369-2 uvádí charakteristické hodnoty pro navrhování konstrukcí z překližovaných desek. Norma zavádí třídy překližovaných desek podle pevnosti v ohybu F3, F5, F10, F15, F20, F25, F30, F40, F50, F60, F70 a F80, kde číslo je dolní mezní hodnotou pevnosti v ohybu v MPa a podle modulu pružnosti E5, E10, E15, E20, E30 až 120, E170, kde číslo je 1/100 dolní mezní hodnoty modulu pružnosti v MPa. Pro konkrétní překližovanou desku se uvádí 4 třídy v tomto pořadí: pevnost podél / pevnost napříč – modul podél / moment napříč (např. F10/20 E 30/40). (1)

1.4.3 Dřevovláknité desky

Dřevovláknité desky definuje norma ČSN EN 316 jako desky tloušťky 1,5 mm a více, vyrobené z lignocelulózových vláken (rozvlákněním štěpků nebo odřezků) použitím ohřevu nebo tlaku. Spojení vláken je dosaženo buď zplstnatěním vláken a jejich přirozenou lepi-
vostí, nebo syntetickou pryskyřicí přidávanou k vláknům. Výroba probíhá mokrým nebo suchým procesem.

Při mokrém procesu se vlákna naředí vodou a po přidání přísad (pro zlepšení pevnosti, odolnosti proti vlhku a hmyzu) se hmota odvodňuje a lisuje. Vlákna při výrobě mají vlh-
kost větší než 20 %.

Při suchém procesu se vlákna s vlhkostí menší než 20 % obalují práškovými lepidly, proudem vzduchu se navrství do surové matrace. Pak se matrace předlisuje a za horka se z ní lisují jednotlivé desky.

Norma ČSN EN 316 rozděluje vláknité desky podle způsobu výroby a podle hustoty.. (viz tab. 4.165) Při používání je nutno vláknité desky označit typem desky a dále značkou, udávající podmínky užití a účel užití (viz tab. 4. 163). Příklad označení: HB.HLA2 –zvlášť zatížitelná nosná tvrdá deska pro užití ve vlhké prostředí pro všechny kategorie trvání zatížení. Požadavky na vláknité desky stanovují normy EN 622-1 až 5.

Vláknité desky, vyráběné suchým procesem (MDF i HDF) se mimo jiné používají pro výrobu laminátových podlah, nabízených dnes často jako náhrada dřevěných parketových vlysů. Povrchová úprava (dřevěná kresba) je u těchto výrobků řešena nalisovanou fototape-
tou, napuštěnou melaminformaldehydovou pryskyřicí.

Hygienickou a ekologickou slabinou dřevovláknitých desek je 8 – 12 % pojiva, které obsahuje zbytkový formaldehyd a ztěžuje likvidaci odpadu z těchto desek spalováním. Jako perspektivní se proto jeví pokusy o náhradu syntetických pojiv přírodními enzymy typu oxidáz a hydroláz.

Jako zdroj vláken pro desky pojené aktivovanými enzymy jsou vhodné měkké a rychle rostoucí dřeviny, obilná a řepková sláma, len a konopí. Desky střední hustoty 750 – 950 kg.m⁻³, pojené hydrolázou, přitom vykazují velmi dobré pevnostní charakteristiky a nízkou nasákavost.

1.4.4 Třískové desky

Třískové desky definuje norma ČSN EN 13986 jako deskové materiály vyrobené slisováním a ohřevem malých částic dřeva (třísek, hoblin, pilin) nebo jiných lignocelulózových materiálů ve formě částic (pazdeří, konopí, bagasa) a s přidavkem polymerního lepidla. Jsou zpravidla tvořena třemi vrstvami, dvě povrchové vrstvy jsou tvořeny jemnými mikro-třískami, střední vrstva je tvořena třískami hrubšími.

Norma ČSN EN 309 dělí třískové desky podle:

- procesu výroby - plošně lisované, kalandrované, výtlačně lisované plné nebo odlehčené
- stavu povrchu - surové, broušené, lakované, povrchově upravené nalisováním tuhého materiálu, např. dýhy nebo impregnované fólie
- tvaru - rovné, profilované
- velikosti a tvaru částic - třískové nebo z jiných částic
- účelu použití - pro všeobecné účely, pro vnitřní vybavení, pro nosné a nenosné účely v suchém nebo vlhkém prostředí

Norma ČSN EN 312 rozděluje podle podmínek užití a účelu desky do sedmi tříd P1 až P7 a uvádí požadavky na pevnost v ohybu, modul pružnosti, rozlupčivost a bobtnání pro jednotlivé třídy. Požadavek na vlhkost těchto desek při dodání je 5 – 13 %, na obsah formaldehydu třída E1 nebo E2.

Norma ČSN EN 14755 je věnována výtlačně lisovaným třískovým deskám, které rozděluje na desky s objemovou hmotností větší než 550 kg.m^{-3} typu ES (extruded solid) bez otvorů a typu ET (extruded tubes) s otvory a na desky s objemovou hmotností nižší než 550 kg.m^{-3} typu ESL (extruded solid light) a ETL (extruded tubes light).

1.4.5 OSB desky

OSB desky, neboli desky z orientovaných plochých třísek (Oriented Strand Board) norma ČSN EN 13986 definuje jako vícevrstvé desky, vyrobené z plochých třísek předem určeného tvaru a tloušťky a lepidla. Třísky v povrchových vrstvách jsou orientovány rovnoběžně s délkou nebo šířkou desky, třísky ve střední vrstvě mohou být orientovány náhodně nebo obecně kolmo k třískám povrchových vrstev. Tyto desky se vyrábějí z velmi kvalitních dřevin, např. z borovice lesní. Ploché třísky v deskách OSB mají délku 50 – 75 mm a

šířku menší než polovina jejich délky. Tloušťky desek jsou v rozmezí 6 – 40 mm. Desky jsou běžně lepeny fenolformaldehydovou pryskyřicí, která činí přibližně 2,5 % hmotnostního podílu, je-li použita v práškové formě, používá se však i pojivo polyuretanové.

Požadavky a klasifikaci OSB desek uvádí norma ČSN EN 300, která je rozděluje do tříd:

- OSB/1 - desky pro všeobecné účely a pro vnitřní vybavení pro použití v suchém prostředí
- OSB/2 - nosné desky pro použití v suchém prostředí
- OSB/3 - nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí
- OSB/4 - zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí

OSB desky mají nižší objemovou hmotnost než překližky a třískové desky, lepší opracovatelnost a vyšší pevnost. OSB desky potažené speciální fólií a boky zatmelenými vodotěsným polyuretanovým tmelem se používají na náročné stavební bednění.

Charakteristické hodnoty pro navrhování OSB, třískových a vláknitých desek jsou shrnuty v normě ČSN EN 12369-1.

1.4.6 Lepené lamelové dřevo

Lepené lamelové dřevo je podle ČSN EN 386 definováno jako konstrukční prvek vytvořený slepením dřevěných lamel s převážně rovnoběžnými vlákny. Norma rozlišuje horizontálně a vertikálně lamelované lepené dřevo (s lepenými plochami kolmými k delší a ke kratší straně průřezu).

Lepené lamelové dřevo se vyrábí jako homogenní (všechny lamely v průřezu mají stejnou jakost a dřevinu) nebo kombinované (vnější a vnitřní lamely průřezu mají odlišnou jakost a dřevinu).

Jednotlivé lamely jsou obvykle spojovány zubovitými spoji.

Protože lepení je považováno za nejdokonalejší spojení dřeva, používají se lepené konstrukce poměrně často. Lepené prvky mají řadu výhod, např. do méně namáhaných částí průřezu je možné použít dřevo nižších tříd, řezivo malých rozměrů, skládáním průřezu z většího počtu kusů je možné v podstatě vyloučit vady dřeva, což umožňuje značně zvýšit namáhání, při použití vhodných průřezů lze ušetřit 25 až 30 % dřeva. Lepené dřevo má také lepší rozměrovou stálost než masivní dřevo stejného průřezu. Lamelové prvky mají

velmi dobrou požární odolnost, rychlost ohoření lepeného lamelového dřeva je udávána 0,5 – 0,7 mm za minutu bez ztráty únosnosti.

Lepené lamelové dřevo se často používá na sportovní haly, stadiony, výstavní pavilony a také tam, kde se uplatní jeho nízká objemová hmotnost při vysoké pevnosti (nízké náklady na dopravu).

V České republice jsou v současné době vyráběny prvky s maximálními rozměry 35 m x 2 m x 0,24 m, obloukové prvky s poloměrem do 2,2 m o pevnostech GL 24 a GL 28 . Zvláštním typem výrobku z lepeného dřeva jsou duté lepené sloupy, které je možno použít jako stožáry vysokého napětí i jako nosné prvky.

Lepené vrstvené dřevo se vyrábí ve čtyřech standardních třídách pevnosti – GL 24, GL 28, GL 32 a GL 36. Charakteristické hodnoty některých vlastností pro tyto třídy podle normy ČSN EN 1194 jsou uvedeny v tabulce. Pro zvýšení únosnosti prvků z lepeného dřeva je možno vyztužit uvnitř pásy s vlákny vysoké pevnosti, popřípadě k nim přilepit jiné materiály (dřevo jiného druhu, materiály na bázi dřeva, skleněné nebo uhlíkové vlákna, ocel).

1.4.7 Vrstvené dřevo

Vrstvené dřevo je materiál podobný překližce. Norma ČSN EN 14279 jej definuje jako soubor vrstvených dýh s převážně rovnoběžnými vlákny. Tím se liší od překližek, u kterých se směr vláken střídá.. Tloušťka dýh se pohybuje od 2,5 do 6 mm, minimální počet vrstev je pět. Jako pojivo se užívají fenolové pryskyřice. Vytvrnutí probíhá za vysokého tlaku a teploty kolem 145 °C.

Po vytvrnutí jsou prvky rozřezány na trámy a prkna, popř. lze vrstvené dřevo použít na příruby i stojiny I-nosníků. Vrstvené dřevo má velmi dobré parametry pevnosti a tuhosti.

Pevnost v ohybu vrstvených prvků se pohybuje kolem 50 MPa a průměrný modul pružnosti kolem 14 000 MPa. Vrstvené dřevo má vysokou objemovou stálost.

Norma ČSN EN 14 374 zavádí tři třídy vrstveného dřeva

- LVL/1 - pro použití v suchém prostředí
- LVL/2 - pro použití ve vlhkém prostředí
- LVL/3 - pro použití ve venkovním prostředí

a uvádí požadavky na výchozí materiál (dýhy), kvalitu lepení, rozměry a tolerance, požadavky na zkoušky (pevnosti, modulu pružnosti, hustoty a vlhkosti) a na deklaraci reakce na

oheň, uvolňování formaldehydu a přirozené odolnosti proti biologickému napadení. Prvky z vrstveného dřeva mohou být použity v konstrukci s vrstvami ve svislém i vodorovném směru. Vrstvené dřevo je možno použít na nejnáročnější inženýrské konstrukce (např. na haly s velkým rozpětím).

1.4.8 Vrstvené dřevo z dýhových pásů a z dlouhých třísek

Vrstvené dřevo z dýhových pásů (anglicky se označuje PSL = parallel strand lumber) se vyrábí z dýh, nařezaných na pásy 20 – 30 mm široké a dlouhé až 2400 mm. Rozřezání na pásy umožňuje vyřadit vadná místa. Dřevěné částice jsou pokryty lepidlem, poté jsou v kontinuálním lisu orientovány podélným směrem a zhutněny. Vytvrzují se pomocí mikrovlnného ohřevu.

Prvky z tohoto materiálu jsou téměř rovnocenné prvkům ze železobetonu. Vyrábějí se s výškou od 300 do 500 mm a šířkou kolem 300 mm. Délka může být v podstatě jakákoliv, omezení je dáno jen přepravními možnostmi (běžně do 20 m). Pevnost tohoto materiálu v ohybu je přibližně stejná jako u vrstveného dřeva, v tlaku a ve smyku je jeho pevnost vyšší.

Podobně jako vrstvené dřevo z dýhových pásů je vyráběn i další typ vrstveného dřeva, pouze namísto dýhových pásů jsou použity dlouhé třísky, široké až 30 mm a dlouhé až 300 mm. Tento materiál je označován zkratkou LSL (laminated strand lumber) nebo OSL (oriented strand lumber) a může mít jak deskový, tak nosníkový charakter. Jeho pevnost je srovnatelná s lepeným lamelovým dřevem. Jednotlivé typy materiálů na bázi dřeva je možno navzájem kombinovat, nejčastěji u I-nosníků. Jako stojiny potom nejčastěji slouží třískové desky nebo vrstvené dřevo, na příruby se používá masivní dřevo, vrstvené dřevo nebo LSL. (2)

1.4.9 Kombinované materiály

Dřevěné částice lze kombinovat s různými nedřevěnými materiály, např. s plasty, sítou a cementem. Vznikají tak kompozitní materiály se zvláštními vlastnostmi a relativně nízkou cenou.

1.4.10 Plněné plasty

Speciálním typem kombinovaných materiálů jsou plasty (např. polypropylen, polyetylen) s obsahem dřevěných částic. Dřevěné částice v těchto materiálech mohou sloužit jako plnivo

(dřevěná moučka) nebo výztuž (vlákna, štěpky, třísky). Plněné plasty mohou obsahovat až 70 % dřevních částic, běžnější je však obsah 50 %. Místo dřevních částic mohou být použity i jiné částice na celulóze bázi (např. bambus, sláma apod.).

Výhodou těchto materiálů je variabilita vlastností, které lze dosáhnout vhodnou volbou surovin a přísad a velmi snadné zpracování do požadovaného tvaru (nejčastěji extrudováním). Obecně mají vyšší pevnost (zejména v ohybu) než samotné plasty a vyšší modul pružnosti, mají však poměrně vysokou teplotní roztažnost. Jejich další výhodou je podstatně nižší nasákavost a odolnost vůči hnilobě. Používají se na povrchové úpravy objektů (jako obkladové desky), okenní a dveřní rámy, průmyslové podlahy apod. Historicky nejstarším plastem využívajícím jako plnivo dřevěnou moučku byl bakelit. (4)

1.4.11 Zhuštěné dřevo

Zhuštěné dřevo je materiál, jehož objemová hmotnost je zvětšena lisováním, a tím vzroste i jeho pevnost. Lisování probíhá při teplotách 140 až 160 °C a tlaku 10 až 15 MPa, rychlost lisování je cca 1 mm za minutu. Při procesu zhušťování lze dřevo i různě tvarovat, např. ohýbat či rolovat. Zhuštěné dřevo se nejčastěji používá v podobě překližek s objemovou hmotností kolem 1400 kg.m⁻³. Tyto překližky se převážně používají jako tenké příložky, stojiny I-nosníků a vložky do exponovaných spojů dřevěných konstrukcí.

1.4.12 Modifikované dřevo

Modifikace je chemická úprava dřeva, při které jsou hydroxylové skupiny OH (obsažené v celulóze, hemicelulóze a ligninu) nahrazeny jinými skupinami. Hydroxylová skupina totiž hraje zásadní roli v tom, jak dřevo přijímá vlhkost. Vlhkost je přitom hlavní příčinou biologické degradace dřeva.

Pokud je hydroxylová skupina nahrazena jinou skupinou, pak dřevo zůstává trvale suché a jeho trvanlivost a biologická odolnost se výrazně zvětšují.

Nejčastější modifikací dřeva je acetylace, při které je vodík hydroxylové skupiny nahrazen větší skupinou -COCH₃. Tato úprava se provádí anhydridem kyseliny octové. Dřevo ošetřené touto metodou má trvanlivost při kontaktu s půdou až 25 let, rovnovážná vlhkost dřeva nepřesáhne 10 %, takže objemové změny vlivem vlhkosti (bobtnání a sesychání) jsou výrazně menší (až o 80 %), zlepší se i akustické vlastnosti dřeva. Další metodou úpravy dřeva je teplotní modifikace. Norma ČSN P CEN/TS 15679 definuje tepelně modifikované dřevo (označené TMT) jako dřevo, u kterého došlo po vystavení teplotě vyšší než 160 °C

za sníženého přívodu kyslíku ke změně materiálu jeho buněčných stěn a tím i ke změně jeho fyzikálních vlastností. Vlastnosti dřeva musí být trvale změněny po celém průřezu dřeva.

Při teplotní modifikaci jsou pomocí zvýšených teplot a tlaku z dřevných buněk odstraněny hydroxylové skupiny. V současnosti se používá i mikrovlnný ohřev. Nasákavost dřeva poklesne až o 40 %, a tím se zmenší i objemové změny. Tepelně modifikované dřevo má vyšší odolnost vůči biologické degradaci, má však horší mechanické vlastnosti.

Účinnost modifikace se vyjadřuje pomocí koeficientu smrštění ASE (antishrink efficiency):

$$ASE = \frac{S2 - S1}{S1} \times 100,$$

kde $S1$, $S2$ jsou koeficienty objemového smrštění dřeva nemodifikovaného ($S1$) a modifikovaného ($S2$) a počítají se podle vzorce:

$$S = \frac{V2 - V1}{V1} \times 100$$

kde $V1$ je objem suchého dřeva a $V2$ dřeva plně nasyceného vodou. Prvky z modifikovaného dřeva je vhodné používat zejména v exteriéru, např. jako okenní a dveřní rámy, lepené prvky pro mostní konstrukce apod. (2)

1.5 Teorie lepení

Lepení znamená spojení dvou různých ploch prostřednictvím lepidla, které má dobrou přilnavost k oběma plochám. Každé lepidlo je v okamžiku lepení v kapalném stavu, protože jedině tak může zajistit dokonalé přilnutí k povrchům lepeného materiálu. (5)

Pevnost slepeného spoje závisí na čtyřech parametrech:

- na přilnavosti lepidla k lepenému povrchu (adheze)
- na soudržnosti hmoty lepidla, neboli vnitřní pevnosti lepidla (koheze)
- na smáčivosti lepeného povrchu kapalným lepidlem
- na pevnosti (soudržnosti) lepeného materiálu

1.5.1 Adheze

Adheze je základní předpoklad úspěšného lepení. Jestliže lepidlo není schopno dostatečně pevně přilnout k materiálu, spoj nedrží a dochází k rozlepení na rozhraní lepidlo – lepený materiál. V tomto případě je vnitřní soudržnost lepidla (koheze) i vlastní pevnost materiálu vyšší než přilnavost (adheze). Na to proč vznikají adhezní síly existují dva teoretické modely vazby mezi lepidlem a lepeným povrchem:

- mechanická vazba
- chemická (nebo také specifická) vazba

1.5.1.1 Mechanická vazba

Uplatňuje se jen u členitých nebo porézních povrchů. Kapalné lepidlo zatéká při lepení do pórů a prohlubní a po jeho ztuhnutí se vytvoří jakýsi pevný zámek mezi hmotou lepidla a lepeného materiálu. Mechanická vazba je velmi důležitá při lepení materiálů jako jsou dřevo, papír, keramika nebo pěnové plasty. Při lepení leštěných hladkých ploch je mechanická vazba zanedbatelná.

1.5.1.2 Chemická (specifická) vazba

Uplatňuje se u porézních i zcela hladkých povrchů. Tato teorie je založena na působení slabých van der Waalsových elektrických přitažlivých sil mezi molekulami lepidla a lepeného materiálu, ale zejména na přímém chemickém působení lepidla na lepený povrch. Proto se dobře lepí materiály, které mají reaktivní povrch, nebo povrch chemicky upravený tak, aby mohla proběhnout chemická reakce mezi lepidlem a povrchem za vzniku kovalentní vazby. Velmi dobře se lepí oxidované povrchy (kovy, oxidované plasty), povrchy přírodních polymerů (dřevo, papír, celulóza) s volnými chemickými skupinami oxy-, hydroxy-, karbonyl-, karboxymethyl-, amino- ($-O$, $-OH$, $-CO$, $-COCH_3$, $-NH_2$) a jinými. Správně zvolené lepidlo musí obsahovat volné skupiny, schopné reakce s povrchem lepeného materiálu. Jako vysoce reaktivní skupiny se u lepidel vyskytují například skupiny epoxy-, hydroxy-, karboxy- (kyseliny), isokyanáto- a další.

Kromě mechanické a chemické vazby je mimořádně důležitá také smáčivost lepeného povrchu kapalným lepidlem. Jestliže lepidlo není schopno se rovnoměrně rozprostřít po lepeném povrchu, žádná adhezní vazba nevznikne. Smáčivost souvisí s polaritou lepeného povrchu a s povrchovým napětím lepidla a povrchu.

Protože lepidla obsahují spoustu reakce schopných chemických skupin, jsou molekuly lepidla jednostranně elektricky orientovány – jsou polární. Dobře smáčí polární povrchy, dochází zde k podobné přitažlivosti jako mezi severním a jižním pólem dvou magnetů. Polární povrchy jsou například dřevo, papír a jiné deriváty celulózy, mírně povrchově oxidované kovy, přírodní textilie, ale například i sklo a další. Naopak nepolární povrchy jsou mnohé plasty, vosk a syntetické textilie.

1.5.1.3 Polarita povrchu látek

je příčinou vzniku tak zvané povrchové energie, která se vyjadřuje veličinou povrchové napětí. Čím je vyšší hodnota povrchového napětí, tím je pevný povrch nebo kapalina polárnější. Je-li povrchové napětí kapaliny nižší než povrchové napětí pevného povrchu, dojde k rozlítí kapaliny po povrchu (smočení). Je-li naopak povrchové napětí kapaliny vyšší než napětí povrchu, kapalina se nerozlije a kapka kapaliny se drží na povrchu jako kulička. Nesmáčí-li kapalně lepidlo lepený povrch, adheze bude slabá a lepený spoj se rozpadne. Pro vyjádření povrchového napětí se používá jednotka mN.m, dříve dyn/cm. Hodnota obou jednotek je shodná.

Aby bylo možné lepit nepolární plasty, je nutné před lepením jejich povrch upravit tak, aby se stal polárnějším a aby se na něm vyskytovaly reakce schopné chemické skupiny. Proto se například polyethylen (PE) a polypropylen (PP) před lepením povrchově oxidují. Pro oxidaci se používá buď ošlehnutí plamenem, nebo působení silných oxidačních činidel (kyselina chromsírová nebo peroxid vodíku s kyselinou sírovou), ale nejčastěji tak zvaná koronizace elektrickým jiskrovým výbojem. (5)

1.5.2 Koheze

Koheze představuje vlastní pevnost vrstvy lepidla. Jestliže se lepený spoj roztrhne ve vrstvě lepidla, znamená to, že adheze i pevnost lepeného materiálu je vyšší než koheze. Kohezní pevnost závisí na charakteru lepidla (dvousložkové epoxidy mají vysokou kohezi; měkké akryláty pro výrobu trvale lepidivých samolepicích etiket mají nízkou kohezi) a na tepelném namáhání lepeného spoje (většina jednosložkových lepidel jsou termoplasty – měknou při zvyšování teploty).

1.5.3 Pevnost lepeného materiálu

Pro výrobce lepidel je ideální navrhovat lepidlo pro lepení nesoudržných materiálů (papír, pěnový polyuretan, plst'), protože skoro každé lepidlo má pak větší kohezi než samotný

lepený materiál. Při roztržení spoje dojde k porušení soudržnosti slepeného materiálu (např. papír se roztrhne vedle slepeného spoje).

1.5.4 Shrnutí teorie lepení:

- nejlépe se lepí porézní povrchy polárních materiálů (dřevo, papír)
- povrchové napětí lepidla musí být vždy nižší než povrchové napětí lepeného povrchu, protože jinak nemůže dojít ke smočení povrchu lepidlem
- špatně se lepí nepolární materiály, jako jsou plasty (PE, PP, ABS silikon, PTFE). Jejich povrch je nutné před lepením polarizovat, například koronizací elektrickým výbojem
- nesoudržné materiály lze pevně lepit i měkkými lepidly (například papír lze pevně lepit velmi měkkým akrylátem pro výrobu samolepících etiket). (5)

1.6 Druhy lepidel a jejich použití

Lepidla volíme podle:

- chemického druhu lepených materiálů - lepidlo, které je vhodné pro lepení dřeva nemusí dobře spojovat ocel
- fyzikálních vlastností lepených materiálů - materiály tuhé, měkké, pružné, nesavé, savé...
- požadavku na kvalitu spoje - spoje tvrdé, pružné, vodovzdorné, odolné teplotě, snadno rozlepitelné atd.
- požadavku na technologii - nanášení válcem, štětcem, tryskou; rychlé nebo pomalé lepení atd.

1.6.1 Základní dělení lepidel

Lepidla kapalná:

- reaktivní dvousložková (vytvrzují chemickou reakcí dvou složek): epoxidy, polyuretany, močovinoformaldehydová, fenolformaldehydová aj.
- Reaktivní jednosložková (vytvrzují vulkanizací vzdušnou vlhkostí): polyuretany, kyanoakryláty, silikony

- Rozpouštědlová (vytvrzují odpařením rozpouštědel): kaučuková, polyuretanová, nitrocelulózová aj.
- Vodná roztoková (vytvrzují odpařením vody): škrobová, dextrinová, kaseinová, deriváty celulózy aj.
- Vodná disperzní (vytvrzují odpařením vody a spojením jednotlivých částec polymeru do souvislého filmu)

Lepidla pevná:

- Tavná (do lepidivého stavu se přivedou roztavením, vytvrzují ochlazením)
- Redispergovatelné prášky (rozmícháním ve vodě vznikne disperze, která vytvrzuje odpařením vody a spojením částic polymerů za vzniku souvislého filmu)

Z uvedených skutečností vyplývá, že také pevná lepidla musejí být před lepením převedena do kapalného stavu, aby bylo umožněno smáčení lepených povrchů.

1.6.2 Obecný postup volby lepidla

Parametry, na kterých závisí volba lepidla:

- a) chemická podstata lepeného materiálu (plasty, dřevo, kovy...)
- b) savost lepených materiálů
- c) technologie lepení (nanášení ručně, strojem, za studena, za tepla...)
- d) rychlost lepení (takt výrobní linky)
- e) otevřená doba
- f) pevnost spoje (lepidla fixační nebo permanentní)
- g) teplotní odolnost spoje
- h) vodovzdornost lepeného spoje
- i) tuhost nebo ohebnost lepeného spoje
- j) mechanické namáhání spoje během lepení (před vytvrnutím lepidla)

1.6.2.1 Chemická podstata lepených materiálů

- kovy: reaktivní lepidla (epoxidy, polyuretany), výjimečně kontaktní chloroprenová lepidla

- nepolární plasty (PE, PP): nejlépe svařování, výjimečně sekundové kyanoakryláty po úpravě povrchu primerem nebo pro měkké folie tlakově citlivá lepidla („samolepky“) po úpravě povrchu koronizací
- polární plasty (PET, PVC, termosety): reaktivní lepidla (epoxidy, polyuretany), při lepení na savé podklady také disperzní nebo rozpouštědlová lepidla
- papír: PVAc disperze, akrylátové disperze, škrobová a kaseinová lepidla
- dřevo: PVAc disperze, klíh, močovinová lepidla, fenolická lepidla, epoxidy

1.6.2.2 Savost materiálů

- oba materiály nesavé: jen reaktivní lepidla tuhnoucí chemickou reakcí složek A + B (epoxidy, polyuretany, kyanoakryláty) případně tavná lepidla tuhnoucí ochlazením taveniny (EVA kopolymery, polyamidy, polyuretany). Pro méně namáhané spoje se používají kontaktní chloroprenová nebo disperzní lepidla nebo tlakově citlivá lepidla (samolepky).
- jeden materiál savý, druhý nesavý: disperzní nebo rozpouštědlová lepidla
- oba materiály savé: disperzní nebo rozpouštědlová lepidla

1.6.2.3 Technologie lepení:

- ruční nános: pistolí (rozpouštědlová nebo disperzní), štětec nebo stěrka (rozpouštědlová nebo disperzní nebo reaktivní), speciální dávkovače bez přístupu vzduchu (kyanoakryláty, polyuretany, silikony)
- strojní nános: stříkání (všechny druhy i tavná lepidla), válečky a kotouče (všechny druhy, málo často reaktivní lepidla), speciální dávkovače (reaktivní lepidla)

Podle technologie se volí vhodná viskozita lepidla.

- lepení za studena (disperze, rozpouštědlová lepidla)
- lepení za tepla (některá reaktivní lepidla, např. močovinová, fenolická, PUR, tavná lepidla)
- lepení po tepelné aktivaci (polyuretany, akrylátové disperze, EVA disperze)

1.6.2.4 Rychlost lepení:

- relativně pomalá lepidla (obuvnická kontaktní, podlahářská, čalounická pro velké plochy – všude tam, kde dlouho trvá nanášení na větší plochy)
- relativně rychlá lepidla (sekundové kyanoakryláty, čalounická lepidla, papírenská lepidla)

1.6.2.5 Otevřená doba:

- neomezená otevřená doba: tlakově citlivá lepidla (anglická zkratka PSA) - samolepky
- dlouhá otevřená doba: speciální kontaktní lepidla (obuvnictví, podlahoviny), některá reaktivní lepidla (močovinová, epoxidová, některé dvousložkové polyuretany)
- krátká otevřená doba: PVAc disperze na dřevo a papír, kyanoakryláty, čalounická rozpouštědlová lepidla

1.6.2.6 Pevnost spoje:

- fixační (dočasný nebo pomocný spoj) : kaučuková rozpouštědlová nebo disperzní lepidla, některé akrylátové disperze, některé samolepky
- permanentní: reaktivní lepidla, většina rozpouštědlových a disperzních lepidel, speciální samolepky
- Zde záleží také na pevnosti lepeného materiálu. Stejně lepidlo může slepit fixačně dřevo, ale permanentně papír nebo plst'.

1.6.2.7 Teplotní odolnost spoje:

- nízká: tlakově citlivá lepidla – samolepky (akryláty, tavná lepidla) od -30 do 50-70°C
- střední: rozpouštědlová a disperzní permanentní lepidla - do 80-100°C
- vysoká: dvousložková rozpouštědlová nebo disperzní lepidla nebo reaktivní lepidla – do 120-140°C, silikony do 200°C
- velmi vysoká: anorganické tmely na bázi vodního skla apod. – do 600°C

Teplotní odolnost spoje se testuje různými způsoby. Závísí i na předpokládaném použití (rozdílné požadavky má například lepení kartónových krabic, čalounění a automobilových konstrukčních prvků...).

1.6.2.8 Vodovzdornost spoje:

- nízká: lepidla z přírodních materiálů (klíh, škrob, dextrin, deriváty celulózy), močovinová
- střední: disperzní PSA, rozpouštědlová a disperzní lepidla
- vysoká: speciální disperzní lepidla (PVAc, akryláty, PUR), reaktivní lepidla (fenolická, PUR, epoxidy, silikony)

Tento parametr závisí na tom, které materiály se lepí. Savé materiály (papír, dřevo) propouštějí vodu k lepenému spoji, proto jsou nároky na lepidlo vyšší. Naopak nesavé materiály jsou vždy lepeny reaktivními lepidly, která jsou proti vodě odolnější než nezesíťovaná lepidla používaná pro savé materiály. (5)

Lepení dřeva

Epoxidy = resorcinolová > fenolformaldehydová = polyuretanová > melaminformaldehydová ≥ PVAc disperzní > močovinoformaldehydová = klišová

Lepení papíru

PVAc disperzní > klišová ≥ kasein > škroby > vodní sklo ≥ dextrin

Lepení podlahových krytin a obkladů

Polyuretanová > rozpouštědlová chloroprenová ≥ rozpouštědlová kaučuková ≥ disperzní akrylátová > disperzní PVAc

1.6.2.9 Ohebnost nebo rigidita (nepoddajnost) spoje:

- měkká: trvale lepidivé samolepky (speciální akryláty, speciální tavná lepidla)
- pružná a ohebná: kaučuková lepidla (NR, SBR, CR, PUR kaučuky), akrylátové a PUR disperze
- tuhá (rigidní): dvousložkové PUR, epoxidy, PVAc disperze, fenolická, škroby a kasein

- křehká: močovinová, kyanoakryláty, vodní sklo, většina jednosložkových reaktivních PUR

1.6.2.10 Mechanické napětí ve spoji před vytvrzením lepidla:

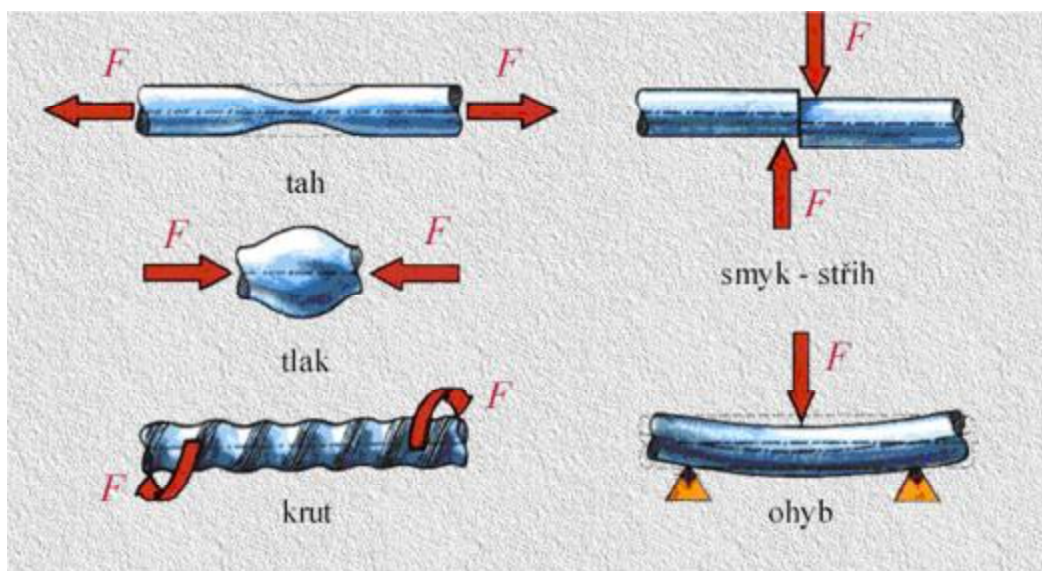
- není napětí, spoj může zůstat v lisu nebo ve svorkách: reaktivní lepidla, disperzní lepidla
- je napětí, spoj se musí udržet pohromadě hned po slepení (lepení na šikmé plochy, lepení čalounění, výroba obuvi): kontaktní rozpouštědlová nebo disperzní lepidla
- je napětí, spoj se musí udržet pohromadě chvíli po uvolnění stisku : tavná lepidla, papírenská PVAc lepidla (výroba krabiček a sáčků).

Výběr lepidla je komplexní záležitost. Je nutné posoudit všechna uvedená hlediska. V některých oborech (podlahářství, čalounictví) se samozřejmě pravidelně opakují obdobné požadavky a pak již není nutné posuzovat všechny vlivy. (5)

MECHANICKÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ

Pro materiály je důležité, aby byly schopny odolávat těm druhům namáhání, která na ně budou během jejich životnosti působit. Jedná se především o tah a tlak, dále střih, krut, ohyb a vzpěr. Pouze ve výjimečných případech jsou součásti namáhány jen jedním druhem zátěže. Většinou se jedná o namáhání složené, kdy na součást působí zároveň např. tlak, ohyb a krut. Jestli materiál uvedená namáhání vydrží, případně jestli vydrží namáhání složené, zjišťujeme zkouškami mechanických vlastností. Materiál, který má bez porušení odolávat dlouhou dobu opakovanému namáhání, musí mít ještě další vlastnosti, především pevnost a pružnost, dále tvrdost a tvárnost případně houževnatost a další vlastnosti. Tyto mechanické vlastnosti ověřujeme zkouškami mechanických vlastností materiálů.

Mechanické vlastnosti dřeva můžeme obecně shrnout jako schopnost dřeva odolávat účinkům vnějších sil. Mechanické vlastnosti dřeva lze rozdělit do tří skupin a to na základní, odvozené a technologické. Mezi základní lze zařadit pružnost, pevnost, plastičnost a houževnatost dřeva. Mezi odvozené vlastnosti řadíme tvrdost, odolnost proti tečení, odolnost proti trvalému zatížení a odolnost proti únavovému lomu. (1)



Obr. 6 Namáhání

1.6.3 Mechanické namáhání

Děj, při kterém dochází k interakci mezi působícími silami a dřevem. Výsledkem jsou dočasné nebo trvalé změny tvaru tělesa, jejichž měřítkem je velikost poměrné deformace.

Významná je interakce mezi vlhkostním a mechanickým namáháním v závislosti na čase, která významně ovlivňuje neformovatelnost dřeva při různých druzích namáhání. Při mechanickém namáhání dřevo reaguje na základě vazeb mezi chemickými složkami dřeva, anatomické stavby a také geometrie tělesa. Odezvou dřeva na mechanické namáhání je napětí.

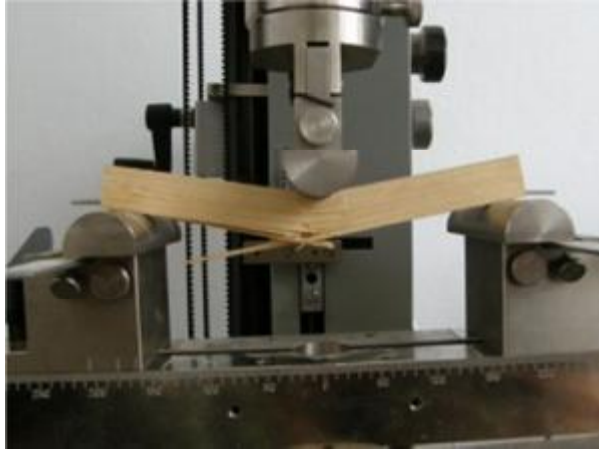
Napětí je definováno jako velikost vnitřní síly, která je vztažná na jednotku plochy tělesa, jestliže síly působí kolmo na průřezovou plochu tělesa, jedná se o normálové napětí (napětí v tlaku a tahu). Působí-li síly v rovině průřezu, vzniká tangenciální napětí (napětí ve smyku). Kombinace normálového a tangenciálního napětí je ohyb.

$$s = \frac{F}{S}$$

Obr. 7 Vzorec napětí

Deformací tělesa rozumíme změnu tvarů a rozměrů dřeva, vyvolanou působením mechanických sil. Deformace je spojena s posunutím bodů v tělese. Podle odezvy na vyvolané napětí se deformace dělí na:

- Deformace pružné, které jsou vratnou změnou rozměrů a tvarů dřeva a odezní okamžitě po ukončení působení vnějších sil.
- Deformace pružné v čase, kdy vznik této deformace a návrat do původního stavu, po odeznění vnějších sil, je provázen časovou prodlevou.
- Deformace plastické, což je trvalá a nevratná změna rozměrů a tvarů dřeva, kdy po odstranění působení vnějších mechanických sil dostává těleso nový tvar a rozměry.



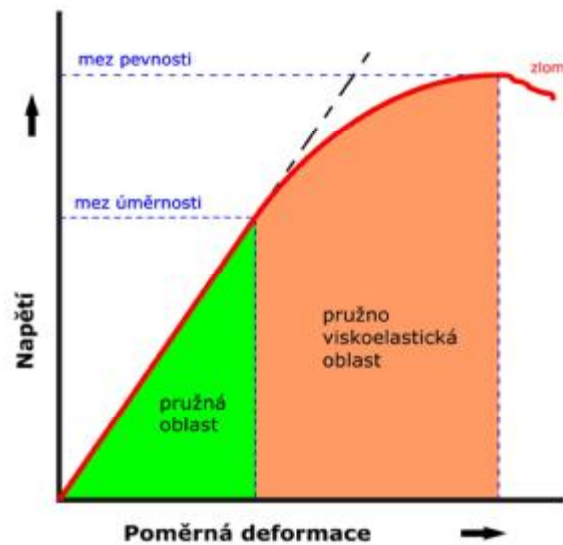
Obr. 8 Zkouška ohybové pevnosti

Moduly pružnosti se určují většinou experimentálně, jelikož pro většinu materiálů dosud neexistují jejich teoretické rovnice. Obvykle jsou tyto moduly zjišťovány na zkušebních strojích, kde je současně měřena deformace a působící silové zatížení. Průměrná hodnota modulu pružnosti pro dřevo v tahu a tlaku ve směru vláken pro domácí dřeviny se udává v rozpětí 10 000–15 000 MPa při průměrné absolutní vlhkosti 12%. Napříč vláken je tato hodnota až 25x menší. (6)



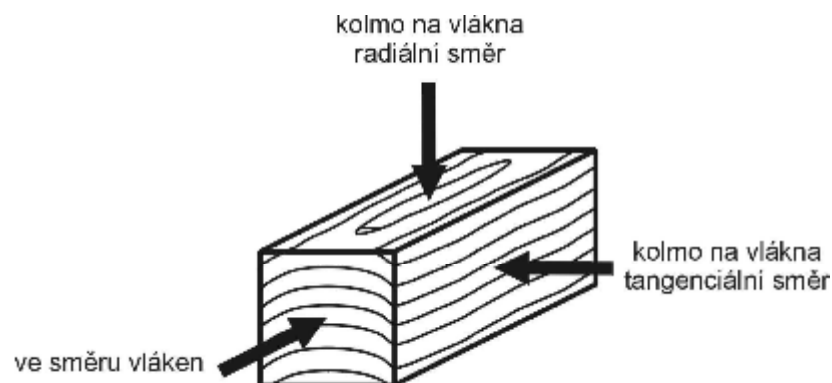
Obr. 9 Zkouška ohybem

Dále je znázorněn diagram pro dřevo při zkoušce na tlak podél vláken. Diagram můžeme rozdělit na dvě oblasti. První je lineární část po mez úměrnosti, tou druhou je pak nelineární část ležící nad touto mezí úměrnosti až po mez pevnosti. Pokud tedy začneme zatěžovat tělísko určitou silou, vyvoláme v něm napětí, se kterým bude lineárně narůstat deformace a to až do meze úměrnosti, kterou tato oblast končí.



Obr. 10 Pracovní diagram dřeva při zkoušce na tlak podél vláken

Mez úměrnosti je takové napětí, kdy v tělese vznikají pouze deformace pružné, případně pružné v čase. Po ukončení silového působení tyto deformace zcela zanikají a těleso se vrací do původního stavu. Mez úměrnosti je tedy v pracovním diagramu právě to místo, kde přímka grafu přechází v oblast křivky. Tvar křivky přitom vypovídá o růstu napětí nad mezí úměrnosti. Za touto pomyslnou hranicí se dostáváme do oblasti plastické deformace, kdy po ukončení působení vnější síly tyto deformace nezanikají a mají trvalý charakter. V průběhu grafu nadále dochází k růstu křivky (napětí) a limitním bodem se stává jeho maximum, které je označováno jako mez pevnosti. V tomto bodě dojde k porušení struktury dřeva - zlom. Je to tedy nejvyšší hodnota napětí, kterému je dřevo schopno odolat bez porušení celistvosti tělesa. (6)



Obr. 11 Směry zkoušení vlastnosti dřeva

Dále se provádějí zkoušky, jako jsou např.:

- Ohýbání (ohýbání s volným uložením materiálu, ohýbání s pásnicí)
- Ohýbatelnost
- Plasticita
- Plastifikace
- Komprimace

1.7 Odtrhová pevnost

1.7.1 Definice

Jde o adhezni napětí v mezní (stykové) vrstvě nebo o kohezni napětí v některé z přítomných vrstev, odtrhává-li se něco od něčeho. Jedná se o objektivní a exaktní zkoušku stavebního materiálu nebo konstrukce. Ke zkoušenému materiálu (vrstvě, souvrství) se vhodným (tím je myšleno materiál, vrstvu nebo souvrství neovlivňujícím) způsobem připojí (přilepí) vhodný (tím je myšleno nedeformující se, tuhý) element, nazývaný obvykle terč (ačkoli střelecký terč připomíná jen svým kruhovým tvarem a navíc ani nemusí být vždy kruhový), který je upraven pro připojení k danému zkušebnímu zařízení.

Zkušebním zařízením se pak vyvozuje na terč (a potažmo i na materiál, vrstvu nebo souvrství pod ním) pokud možno kolmá (k připojené ploše terče) síla, vzrůstající pokud možno předepsanou a definovanou rychlostí až do porušení v některé části zkoušeného systému.

Vhodným měřicím zařízením se přitom určuje velikost působící síly v každém okamžiku zkoušky a hlavně v okamžiku porušení. Velikost působící síly, dělená plošným rozměrem terče, udává pak onu odtrhovou pevnost. Jde tedy vlastně o pevnost v čistém tahu nejslabší části zkoušeného systému. Pokud jsou zachována jistá pravidla, která budou zmíněna dále, poskytuje tato zkouška nejobektivnější hodnotu tahové pevnosti daného systému ze všech známých zkoušek a navíc ji lze aplikovat in situ, tedy na místě, na stavbě, bez ovlivnění různými zásahy, potřebnými k přípravě tahové zkoušky jinými metodami nebo bez nejistoty mezi realitou a výsledky zkušebních těles, je-li kontrola prováděna jejich pomocí. (7)

1.7.2 Smysl a význam odtrhové zkoušky

Jde-li o zkoušku materiálu, jde skutečně pouze o stanovení jeho pevnosti v čistém tahu. Jde-li o souvrství, jde o zjištění nejslabšího článku tohoto souvrství. Může to být pevnost v čistém tahu kterékoli z jeho částí, nebo soudržnost (přilnavost, adheze) mezi některými z přítomných vrstev. Z toho již plyne, kdy a proč takovou zkoušku je třeba provést. Často je předepsána s ohledem na další namáhání (které může být jakéhokoli druhu, od mechanického až třeba opakovaným zmrazováním), např. normou či jiným předpisem nebo požadavkem investora, určitá hodnota tahové pevnosti. Ve většině případů jde o posouzení vlastností souvrství, u nichž je předepsána (ovšem kromě jiného) určitá minimální hodnota tahové pevnosti základní (podkladní) vrstvy systému před pokládáním či nanášením další vrstvy nebo dalších vrstev. Po dokončení (někdy i v průběhu prací u vícevrstvých systémů) je třeba se přesvědčit, nebo je předpisem přímo požadováno se přesvědčit, o kvalitě vykonaných prací. K tomu všemu (opět budiž zdůrazněno, že kromě jiného) slouží jedinečným způsobem právě odtrhová zkouška. Rozhodně žádná jiná mechanická zkouška (např. zkouška tvrdosti Schmidovým kladívkem) nemůže podat objektivnější výsledky o kvalitě zkoušeného materiálu nebo souvrství. Odtrhová zkouška se používá (kromě již zmíněného požadavku na určení objektivní pevnosti materiálu v čistém tahu) především tam, kde se zkoušený systém skládá z více vrstev, jako jsou nátěry a laky, izolační vrstvy, různé podlahoviny, omítky, nástřiky, lepené vrstvy (dlažby, obklady, mozaiky apod.) atd. (6)

1.7.3 Jak provádět odtrhovou zkoušku

Při zkoušce odtrhové pevnosti je třeba dbát (ostatně jako při jakékoli zkoušce, která má mít objektivní vypovídací schopnost) na důsledné splnění řady parametrů a postupů. Tak především plocha, na které se provádí zkouška, musí být přesně a definovaně ohraničena. To se zajišťuje vývrtem (předvrtem), který musí být přesně tak velký, jako jsou použité zkušební terče. Vývrt, který má být nejméně o 5 mm hlubší, než poslední hranice mezi vrstvami nebo než povrch při zkoušce materiálu, zajistí, že k porušení dojde na definované ploše a je možno proto z mezní síly stanovit přesně i mezní napětí, či odtrhovou pevnost. Bez vývrtu nemá odtrhová zkouška žádnou objektivní cenu. Napětí pod terčem se v takovém případě roznáší s rostoucí hloubkou na stále větší plochu a porušení nastává v náhodně nejslabších místech v zasažené oblasti. Velikost zatěžované plochy (a tedy zkušební terče) nemá podstatný (nebo žádný) vliv, pokud se nevybočí ze zásady, že jednak průměr terče musí být alespoň třikrát větší, než největší zrno (nehomogenita) zkoušeného materiálu.

lu a dále, že k porušení dochází při napětí, převyšujícím alespoň pětinu odpovídajícího silového rozsahu zkušebního přístroje. Tak např. při odtrhové zkoušce betonové mazaniny s velikostí zrn do 15 mm musí mít terč průměr alespoň 45 mm a při odtrhové pevnosti 0,8 MPa by maximální silová kapacita přístroje při použití terče o průměru 50 mm měla být nejvýše 8 kN. Při odtrhové pevnosti např. 0,4 MPa a stejné velikosti terče by maximální silová kapacita přístroje neměla přestoupit 4 kN. Proto je vhodné použít spíše než subtilního přístroje větší průměr terče: např. 75 mm, tedy s průměrem 1,5 krát větším, je největší přijatelná silová kapacita přístroje 2,25 krát větší, tedy alespoň 9 kN. U relativně homogenních materiálů nezáleží tedy prakticky vůbec na velikosti zkušební terče, je-li zachována úměrně dostatečná velikost silové kapacity přístroje tak, aby se nejmenší naměřená hodnota pevnosti pohybovala alespoň nad jednu pětinu maximální síly, kterou lze přístrojem vyvodit. Další veličinou, která významně ovlivňuje dosažený výsledek, tedy odtrhovou pevnost, je rychlost zatěžování. Čím pomaleji je zatěžováno, tím se získá nižší hodnota pevnosti a naopak. Nejčastěji je považována za rozumnou rychlost zatěžování 100 N/sec a při všech zkouškách by měla být dodržována, mají-li být výsledky srovnatelné. Zkušební terče musí být, jak již bylo zmíněno, dostatečně tuhé, aby nedocházelo během zatěžování k jejich deformaci a tím nerovnoměrnému rozdělení napětí na stykové ploše, a tedy ani ve zkoušeném systému. Deformace terčů může způsobit zdánlivě nižší hodnoty odtrhové pevnosti, přičemž toto snížení není prakticky definovatelné. Terče musí být proto vyrobeny z materiálu s co nejvyšším modulem pružnosti a určitou minimální tloušťkou či s vyztužením např. žebírky nebo radiálními náběhy. Lepidlo nesmí chemicky ovlivňovat látku, na níž je lepen, ani nesmí významným způsobem fyzikálně měnit zkoušenou látku (např. hloubkovou penetrací). Proto i tomuto hledisku je třeba věnovat přiměřenou pozornost, jinak lze získat udivující výsledky, které ale s odtrhovou pevností zkoušeného systému nemají nic společného.

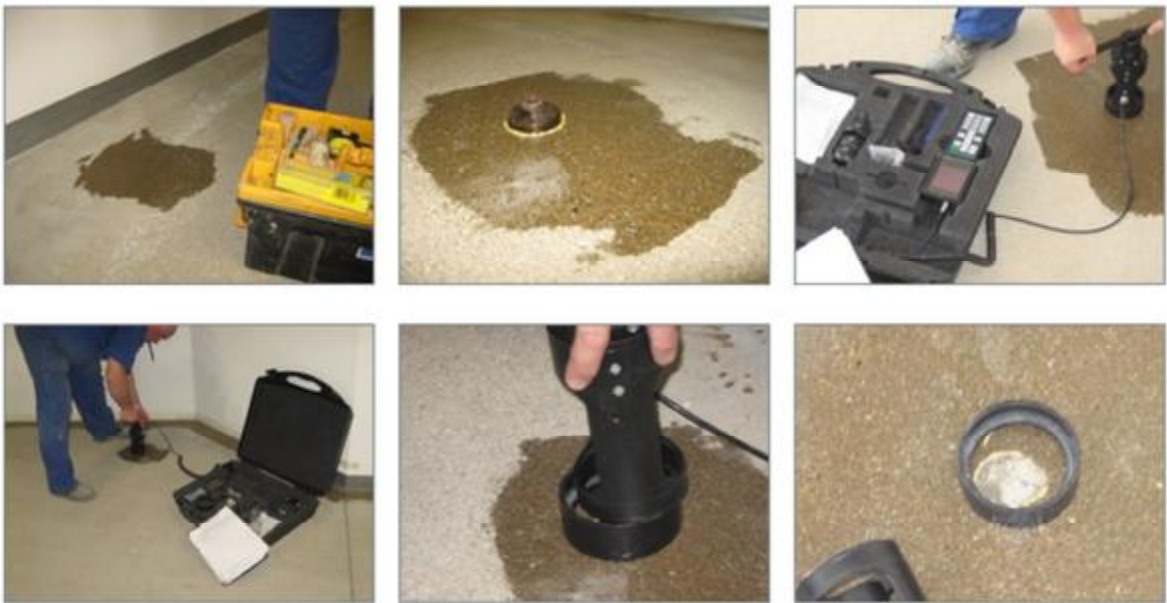
1.7.4 Postup provedení odtrhové zkoušky

Prvním úkonem je provedení vývrtu (někdy nazývaným předvrtem či návrtem) do potřebné hloubky jádrovým vrtákem a to tak, aby vývrt byl co nejpřesnější, tedy odvrtná spára co nejtenčí a v celé hloubce stejná. Toho se dosáhne jednak použitím vrtáku (obvykle diamantového) určeného pro daný materiál, jednak použitím speciálního zařízení k vývrtu. To musí zajistit, aby vyvrtávání probíhalo po celou dobu vrtání ve stejné stopě, tedy aby bylo zajištěno, že nedojde během vrtání k postrannímu posuvu vrtáku, dále, aby vrták, pokud jde o tvrdé materiály, byl stejnoměrně a trvale během celého vrtání chlazen dostatečným

přísunem vody a konečně, aby podle druhu vrtáku i vrtaného materiálu byly jeho otáčky přiměřené. Z uvedeného například plyne, že v žádném případě nelze vývrt řádně provést tzv. z ruky, bez chlazení (ve většině případů) a s vrtačkou bez možnosti měnit otáčky. Před další přípravou zkoušky je třeba povrch dobře mechanicky očistit a, pokud vrtání probíhalo za mokra, vývrt a zkoušené těleso řádně, ale rozumnou teplotou, vysušit. Lze použít s výhodou např. horkovzdušné pistole, nicméně je třeba úzkostlivě dbát na to, aby teplota horkého vzduchu nepřekročila kritickou teplotu vysušovaného materiálu, nad níž již dochází k nevratným chemickým nebo strukturálním změnám.

Na vysušený a očištěný povrch vývrtu se pak nalepí vhodným lepidlem zkušební terč. Vrstva lepidla by měla být co nejslabší a případné přetoky lepidla na okrajích musí být ještě v čerstvém stavu důsledně odstraněny. Zejména je třeba dbát na to, aby lepidlo nevtéklo do vyvrtané spáry. Po úplném vytvrzení (které je různé podle druhu lepidla a je udáno jeho výrobcem, také ovšem v závislosti na podmínkách okolí), které by mělo probíhat za mírného tlaku (tedy s terčí zatíženými přiměřeným závažím), dochází konečně k osazení zkušebního zařízení a uchycení zkušebních terčů k němu. Zde je nutné, aby pokud možno působící síla byla kolmá ke styčné ploše terče s vyšetřovaným materiálem nebo systémem. Často se objevuje v praxi nepřilíš odborně podložený názor, že by přístroj měl stát na jakési podložce co největších rozměrů, opřené třemi výškově aretovatelnými body (nožičkami) o podklad, aby bylo dosaženo (jde-li ovšem o zkoušku na horizontálním povrchu) perfektně horizontálního postavení podložky a tím perfektně vertikálního postavení zkušebního přístroje (a tedy i působení síly). Zastáncům tohoto názoru poněkud uniká, že zkušební terč a jeho podklad, vzdálený značně od podpor přístroje, může být významně nerovnoběžný s podložkou a tím se ze zdánlivé přednosti tohoto řešení stává významná nevýhoda. Naopak, přesný opak této koncepce je smysluplný: čím blíže bude opěrná plocha (nebo body) k terči, tím přesnější bude měření, neboť působící síla bude působit s větší jistotou kolmo ke stykové ploše terče s podkladem. Mírná nerovnost (nehorizontálnost) povrchu přitom nijak nevadí. Je samozřejmé, že obě řešení musí vyvozovat sílu na terč přes funkční kloubové uložení, o tom není pochyb. Druhé řešení přináší ihned další výhodu: celé zařízení se stává významně lehčí, operativnější, snadněji manipulovatelnější a ovladatelnější. Nezbytné je, aby vyvozovaná síla byla měřena elektronicky. Mechanické měření např. hodinkovými indikátory je nepřesné a vždy bude, i když budou deklarovány sebejistější kontrolní ručičky hodinek. Domněnka, že lze získat přesný výsledek tímto způsobem je a zůstane pouhou iluzí. Rychlost zatěžování při ručním zatěžování musí být něja-

kým způsobem měřena a zřetelně indikovatelná. To lze zajistit opět pouze elektronicky. Při zatěžování elektrickým motorem je pak nezbytná zpětná vazba, bez které nelze zabezpečit v průběhu celého měření přesnou hodnotu rychlosti zatěžování. To je opět možné jen elektronicky. Ideálem je, aby bylo možno veškeré informace o mnoha zkouškách provedených v terénu (na stavbě), kde obvykle nejsou nejlepší podmínky pro úřadování, nechat uloženy v měřicí jednotce a pracovat s nimi později, v příjemných podmínkách své kanceláře. (7)



Obr. 12 Průběh odtrhové zkoušky podlahové konstrukce

1.8 Zkušební stroje

Zkušební stroj se dají rozdělit především do dvou základních skupin:

- laboratorní
- terenní

Příkladem takového terenního mobilního zkušebního přístroje může být např. přístroj Comptest OP1/OP2/OP3. (8)

1.8.1 Přístroj OP1

Lehce přenosný, zajišťující dvě nejhlavnější funkce: umožňuje měřit napětí (na displeji v MPa pro terč o průměru 50 mm) při rostoucím i klesajícím zatížení stejně jako určit a za-

znamenat napětí při porušení a dále zvukově indikuje rychlost zatěžování 100 N/sec. K dalším funkcím přístroje patří samozřejmě varování před přetížením a vybitím baterie. X ve zlomku označení přístroje určuje silový rozsah, postupně 3; 7; 11; 15 a 25 kN (označení 0, 1, 2, 3, 4), což odpovídá pro nejobvyklejší průměr terče 50 mm napětí ca 1,5; 3,5; 5,5; 7,5 a 12,5 MPa. Zatěžovací část přístroje OP 1 je shodná se zatěžovací částí ostatních verzí přístrojů a zatěžování lze vyvozovat buď ručně vratidlem (základní vybavení), nebo ručně prostřednictvím převodovky. Do základní výbavy patří deset terčů průměru 50 mm, dva terče průměru 100 mm, adaptér pro tyto terče, nástavec ramen vratidla a baterie 9 V. K měřicí jednotce lze připojit kterýkoli ze silových modifikací zatěžovací jednotky, vyžadující však nové přecejchování celé soustavy. (8)

1.8.2 Přístroj OP2

Je vybaven v základním provedení komplexní měřicí a řídicí jednotkou (v plastovém pouzdře), která umožňuje specifikovat volitelné parametry zkoušky, jako je průměr kruhového terče nebo plocha terče jiného tvaru, rychlost zatěžování, zobrazení síly nebo napětí na barevném mnohořádkovém displeji, grafické zobrazení skutečné a zvolené rychlosti zatěžování (podle něhož lze velice citlivě reagovat při ručním zatěžování) a dále udává řadu dalších potřebných hodnot, vztahujících se ke zkoušce, jako datum a čas měření (s časovou základnou řízenou LCF signálem s přesností jedna miliontina vteřiny za sto let), pořadové číslo měření (v rozsahu 1 až 100). Měřicí jednotka umí podle volby komunikovat v českém nebo anglickém jazyce a pracovat s metrickými nebo anglickými jednotkami. Samozřejmostí je i varování před přetížením, stejně jako údaj o okamžité úrovni nabití akumulátoru. Všechny potřebné údaje o každé zkoušce jsou uvedeny na displeji a zachovány v paměti přístroje, nezávisle na zdroji proudu. Tyto údaje o každé v paměti uložené zkoušce lze vyvolat v digitální nebo grafické formě kdykoli na displeji, nebo vytisknout (např. i přímo na místě zkoušení) po připojení minitiskárny (doplňková výbava), či konečně po připojení k počítači získaná data uložit a zpracovat kdykoli později libovolným způsobem. Zabudovaný akumulátorový zdroj vystačí pokrýt bez dobíjení nejméně 100 kompletních měření. V základním vybavení tohoto typu přístroje je integrovaný dobíjecí člen měřicí jednotky, 5 terčů průměru 50 mm, po jednom terči průměru 75, 100, 125 a 150 mm, adaptéry pro terče průměru 75 a 100 mm, 125 a 150 mm a adaptér pro kruhové nebo čtvercové terče průměru 50 mm větší tloušťky, jmenovitě 10 mm, adaptér pro měření na svislých nebo silně skloněných površích a samozřejmě příslušné propojovací kabely a software měřicí jednotky. Základní zatěžovací systém u tohoto typu je ruční vratidlo, lze však použít

jak ruční převodovku, tak akumulátorový motor s kapacitou akumulátoru až 100 měření (obojí doplňková výbava), pro jehož zapojení a řízení se zpětnou vazbou je měřicí jednotka opatřena. Zatěžovací rozsahy jsou obdobné jako u přístroje OP 1, na měřicí jednotce jsou nastavitelné a jednotlivé silové modifikace se liší pouze typem zatěžovací jednotky. Při změně silové modifikace (zatěžovací jednotky) je přirozeně nutné provést nové přecejchování soupravy. (8)

1.8.3 Přístroj OP3

Obsahuje v základním provedení kromě výbavy přístroje OP2/X téměř všechny další doplňky, jako je např. ruční převodovka (s kličkou), akumulátorový motor s nabíjecím zdrojem, minitiskárna s nabíjecím zdrojem, ale ještě další adaptér pro měření na silně nerovných površích k zajištění vertikálního postavení zatěžovací jednotky. Tento poslední doplněk je sice objektivně zbytečný (jak vysvětleno shora), nicméně uspokojí ty experimentátory, kteří jeho použití pokládají za nezbytné. Měřicí jednotka, která je uložena v hliníkovém pouzdře, je vybavena stejným softwarem jako měřicí jednotka přístroje OP2/X, v dalším inovovaném typu se však počítá s doplňkovým vybavením, které dále zlepší komfort užití. Klávesnice bude vybavena číselnou stupnicí s možností alfanumerického přepnutí (podobně jako u mobilních telefonů), aby bylo možno nejen využít základní statistický software v jednotce vložený, ale i zapisovat k jednotlivým měřením poznámky např. o umístění měřeného místa, o způsobu porušení (k tomu bude též sloužit speciální zabudovaná stupnice), takže veškeré údaje o každém měření budou soustředěny na jednom místě a experimentátor nebude potřebovat žádné další pomůcky (zápisník, psací potřeby atd). Základní vybavení tohoto přístroje je ještě doplněno soupravou lepidel 5×6 g na akrylátové bázi (souprava stačí k přilepení nejméně tří terčů průměru 50 mm). (8)



Obr. 13 Přístroj Comptest OP1



Obr. 14 Univerzální zkušební stroje, ilustrační foto

Příkladem zkušebního stroje pro měření v laboratorních podmínkách může být například špičkový stroj f. ZWICK, konkrétně typ 1456, nebo Shimatzu AG-20 KNG. Těmito univerzálními zkušebními zařízeními disponují laboratoře FT UTB.

Jsou určeny k měření:

- statické a dynamické zatížení
- zkouška tahem
- zkouška tlakem
- ohybové zkoušky

- smykové zkoušky
- creep test (tečení)

Testované materiály jsou především polymery, polymerní kompozity a i jiné. Teplotní rozsah při zkoušce od -70°C do $+290^{\circ}\text{C}$.

1.8.4 Stroj Zwick 1456

Součástí stroje Zwick 1456 je počítač pro vyhodnocování naměřených hodnot pomocí software TestXpert Master, temperační komora a jiné příslušenství, včetně čelistí a přípravků. Dolní část stroje obsahuje stůl pro pevné uchycení čelistí a k horní části stroje se čelisti přichycují k posuvnému nosníku. Maximální rychlost posuvného nosníku (rychlost zatížení) je $800 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$.

Tab. 5 parametry stroje Zwick

Technická specifikace Zwick 1456 (vybrané parametry):	
Maximální zatěžovací síla	20 kN
Hmotnost	150 kg
Výška rámu	1284 mm
Šířka rámu	630 mm
Výška pracovního prostoru	1284 mm
Šířka pracovního prostoru	420 mm



Obr. 15 Zwick 1456 v laboratoři UTB



Obr. 16 Shimadzu AG-20 KNG v laboratoři UTB

Několik příkladů upínacích čelistí pro zkoušky na stroji Zwick:

1.8.4.1 Kleštinové čelisti

Tyto upínací čelisti se používají především pro zkoušky velmi pružných plastů a elastomerů. Jsou založeny na principu nůžek, který umožňuje velké zvýšení svěrací síly během zkoušky.

- Síla sevření je úměrná tažné síle (samosvorné)
- Boční pohyb kleštinových čelistí umožňuje zatěžování vzorků vždy středově k ose tahu
- Konstrukce těchto čelistí zaručuje snadné a rychlé upnutí vzorků
- Díky dobré teplotní odolnosti a menším rozměrům jsou tyto upínací čelisti vhodné také pro využití v klimatizačních a teplotních komorách
- Tento typ upínacích čelistí se často používá jako horní čelist u zkoušek dalším trháním a odlupováním

Čelisti se otevírají a zavírají pomocí páky. Předpětí pružiny drží upínací čelisti otevřené pro vložení vzorku a působení nůžek vytváří sílu předpětí na začátku zkoušky. Díky principu nůžek se tyto čelisti při rostoucí tažné síle automaticky dotahují. To je velkou výhodou u vzorků, které se při zkoušení ztenčují. (9)

1.8.4.2 Klínové upínací čelisti

Tvoří masivní základna s vyměnitelnými či pevnými vložkami a ovládací jednotka sloužící k otevírání a zavírání upínacích čelistí.

- klínové upínací čelisti se hodí zejména pro zkoušení vzorků, které mají sklony se smršťovat. Tyto čelisti se totiž automaticky dotahují, a tak vyrovnávají zmenšenou tloušťku vzorku
- klínové upínací čelisti se symetricky zavírají. Tím se vzorek automaticky polohuje v ose tahu, a odpadá tak potřeba nastavení tloušťky
- velká upínací délka a dobré vedení vložek umožňují udržovat malý měrný tlak vzorku

Díky dobré teplotní odolnosti a menším rozměrům jsou tyto upínací čelisti vhodné také pro využití v klimatizačních a teplotních komorách

Princip „těla nad klínem“ – vysunuté vložky z čelistí:

Klínové upínací čelisti mají díky využití tohoto principu při upínání větší sílu předpětí. Ta se na vzorek přenáší pomocí vřetena posunem těla vůči vložkám. Hlavní upínací síly je dosaženo teprve při zatížení tahem díky klínovému účinku. Tento typ upínacích čelistí má dvě výhody: Vzorky, u kterých se předpokládá, že by mohly prokluzovat, jsou od začátku pevněji sevřeny; upínací délka zůstává stejná, i když se mění tloušťka vzorků. (9)

1.8.4.3 Pružinové čelisti

Tyto upínací čelisti jsou obzvláště vhodné pro zkoušky za velmi malých sil. Jejich hmotnost je v poměru k nominální kapacitě připojeného snímače síly tak malá, že jeho rozsah měření síly nijak neomezuje. Síla sevření vzniká tlakem pružiny, který je možné měnit. Tímto způsobem můžeme zkoušet i citlivé materiály vždy stejnou upínací silou. (9)

1.8.4.4 Upínací přípravky pro zkoušky ohybem

Ohybové zatížení patří v praxi k nejčastějším způsobům namáhání. Důležitou roli zde hrají zaoblení podpor, vzdálenost mezi nimi a tloušťka vzorku. Parametry této zkoušky získáme obvykle díky zkoušce tříbodovým popř. čtyřbodovým ohybem.

- individuálně nastavitelné přípravky pro zkoušky ohybem či kompletní ohýbací zařízení pro testování podle různých norem
- přípravky pro zkoušky ohybem se snadno ovládají, a umožňují tak rychlé a přesné zkoušení i v případě výměny vzorků
- volně nastavitelná vzdálenost podpor umožňuje provádět zkoušky ohybem vzorků rozdílných délek, a dovoluje tak toto ohýbací zařízení využívat pro různé aplikace



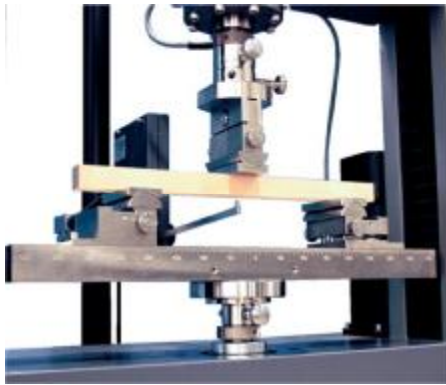
Obr. 17 čelisti klínové



Obr. 18 čelisti pružinové



Obr. 19 čelisti kleštinové



Obr. 20 čelisti pro zkoušku ohybem



Obr. 21 čelisti válcové

Úkolem této práce je navrhnout obdobné čelisti pro odtrhovou zkoušku použitelné primárně pro zkoušení dřevěných výrobků (překližek, dřevěných kompozitů), soudržnost jejich vrstev a dále pro měření soudržnosti vrstev jejich povrchové úpravy. Tomuto se budu věnovat v následující kapitole – v praktické části.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 PŘEDPISY A NORMY PRO PROVÁDĚNÍ ZKOUŠEK

2.1 Definice zkoušek dle normy ČSN EN 311 - Desky ze dřeva Přídržnost povrchu - zkušební metoda

2.1.1 Základní definice

Norma je identická s EN 311:1992. Stanovuje metodu zjišťování soudržnosti povrchových vrstev dřevotřískových desek povrchově neupravených.

Podstata zkoušky:

Ze zkoušené dřevotřískové desky se odeberou zkušební tělesa tvaru čtverce o rozměrech 50 mm x 50 mm. Povrchy zkušebních těles se opatří plochou kruhovou drážkou a na vnitřní obvod drážky se nalepí odtahové těleso. Síla potřebná na odtržení tohoto tělesa z povrchu se změří na trhacím stroji. ČSN EN 311 (49 0159) byla vydána v březnu 1994.

2.2 Definice zkoušek dle normy ČSN EN ISO 4624 - Nátěrové hmoty odtrhová zkouška přilnavosti

2.2.1 Základní definice

Norma popisuje metody stanovení přilnavosti provedením odtrhové zkoušky na jednovrstvém nebo vícevrstvěném nátěrovém systému měřením minimálního tažného napětí potřebného k oddělení nebo odtržení nátěru ve směru kolmém k podkladu.

Mezi významné vlastnosti při hodnocení kvality a ochranných vlastností povlaků patří přilnavost k podkladovému materiálu. Norma definuje adhezi (přilnavost) jako vlastnost vazby na rozhraní mezi pevným povrchem a dalším materiálem způsobená molekulárními silami. Pro stanovení přilnavosti bylo navrženo mnoho různých exaktních způsobů a zařízení, ale řada z nich v praxi nenašla většího využití.

V současné době jsou, zejména v akreditovaných laboratořích, ke stanovení přilnavosti používány především zkušební metodiky, které jsou specifikovány v technických normách. Do oblasti hodnocení adheze povlaků k podkladovému materiálu lze zahrnout i zkoušky sledující odolnost nátěru při hloubení, ohybu nebo úderu. V praxi našly uplatnění zejména ty metody, které svojí jednoduchostí a rychlostí provedení jsou využívány nejen ke kontrole kvality provedených povrchových úprav, ale i v laboratořích při vývoji nových kapalných a práškových nátěrových hmot.

Přilnavost nátěru se hodnotí:

- oddělováním nátěru postupným odlupováním od podkladu; míru přilnavosti určuje obvykle síla při provádění řezů /poškrábání s následným odlupováním uvolněného nátěru odtrhem samolepicí páskou
- oddělením povlaku od podkladu silou působící kolmo na plochu nátěr (podklad), přilnavost určuje tažné napětí, které je třeba vynaložit na roztržení zkušební sestavy, tj. kdy dojde k lomu v některé její části.

Přilnavost nátěrů o vysokých tloušťkách je vhodné hodnotit metodou, která je specifikována v normě ČSN EN ISO 4624 Odtrhová zkouška přilnavosti. Zkouška se provádí pro stanovení soudržnosti vrstev nátěrového systému, resp. pro zjištění maximálního tahového napětí, které se musí vynaložit k roztržení nejslabší mezifáze (adhezní lom), nebo nejslabší

složky (kohezní lom) v hodnoceném nátěrovém systému. Přílnavost vyjádřená silou potřebnou k odtržení jednotky plochy se udává v MPa. Pro současné nátěry jsou vhodné přístroje s měřicím rozsahem (0 - 20) MPa.

Značný vliv na zjištěnou hodnotu odtrhu má nátěrová hmota, druh a způsob přípravy podkladového materiálu, podmínky zasychání, stárnutí nátěru, tvrdost a tloušťka nátěru, typ použitého přístroje, druh lepidla, tvar a velikost zkušebního tělíska. Značný rozdíl na hodnotu přílnavosti má vliv odřezávání či neodřezávání zkušebního tělíska, stejně tak tloušťka podkladového materiálu.

3 PŘÍPRAVEK

3.1 Návrh přípravku

Jak již bylo zmíněno, přípravek má splňovat několik požadavků pro jeho účelové použití. Základní zadané požadavky jsou:

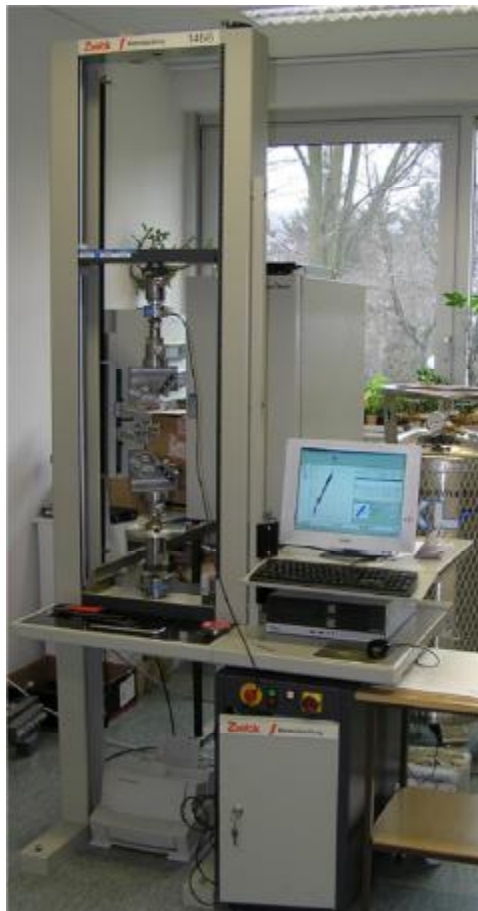
- použitelnost pro zkušební stroj Zwick 1456
- musí splňovat předepsané podmínky pro provádění zkoušek (tvar, rozměr)
- co nejjednodušší provedení (dostupnost materiálů, cena)
- možnost použití na jiném přístroji (např. pomocí redukcí)
- variabilnost nástavců i pro případný jiný druh zkoušky (tlak, ohyb)

Při navrhování a dimenzování přípravku jsem se maximálně snažil splnit maximum výše uvedených požadavků, nyní bych prezentoval jednotlivé komponenty a celkovou sestavu.

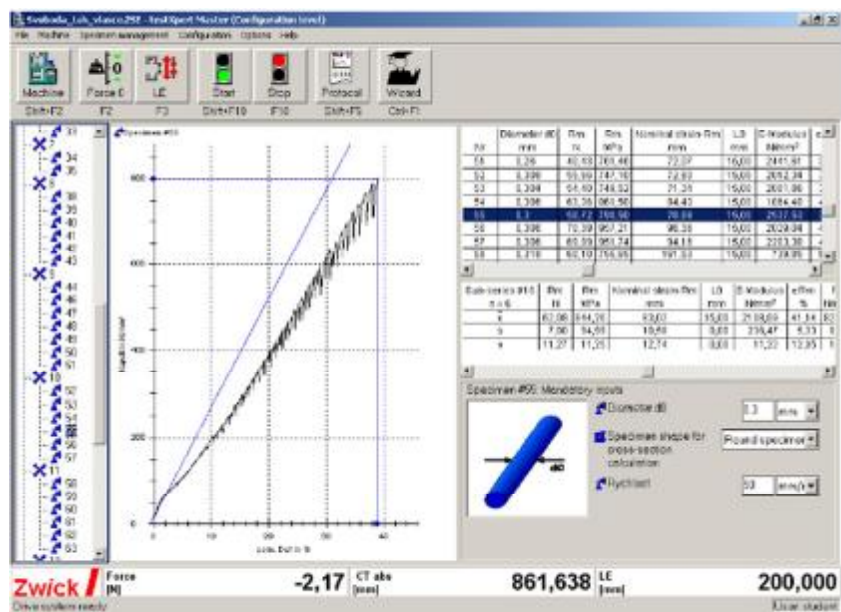
Stroj ZWICK 1456

Univerzální testovací stroj určený pro statické a dynamické (nízkocyklové) zkoušky: tah, tlak, ohyb, smyk, creep. Stroj je určen k testování polymerů (plasty, pryže) a kompozitních materiálů na polymerní bázi. Na připojeném PC-pracovní stanici běží ovládací software TastXpert, pomocí kterého stroj ovládáme a tím i celý proces testování. Upínání přípravku provedeme zasunutím čepů Ø 36mm v horní pojezdové a dolní pevné části rámu.

Další parametry a vyobrazení stroje jsou uvedeny již v předešlé teoretické části v kapitole 1.8.4.



Obr. 22 Zwick 1456



Obr. 23 prostředí software TestXpert

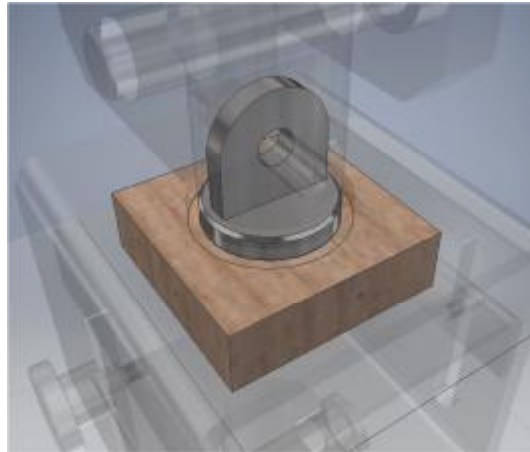
Zde vidíme celkové sestavení přípravku včetně vloženého vzorku pro testování. Takto sestavený přípravek je namontován v rámu zkušebního stroje Zwick 1456. Spojovací části stroje s přípravkem jsou horní a dolní pouzdro se zajišťovacím čepem, uzpůsobené pro trny $\text{Ø}36\text{mm}$, které jsou pro tyto účely na stroji určeny (obr.22). Střední část přípravku ve tvaru rámu slouží jako prostor pro vkládání zkušebních vzorků. Nalezneme zde také posuvnou – výškově nastavitelnou pomocnou desku, kterou lze zkoumaný vzorek podložit, případně zaaretovat v určité výšce.



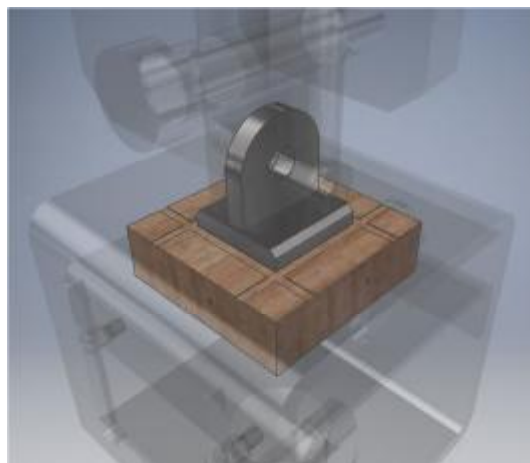
Obr. 24 Celková sestava

Jednou z podmínek správného provedení testu je zajištění osového tahu při tahovém namáhání, toto nám zajistí soustava uložení a zajištění pomocí čepů, které mají dostatečnou vůli potřebnou pro jejich samovolnému přispůsobení úhlových vychylek při započetí testu, kdy se celá soustava samovolně tvarově přizpůsobí osově do směru tahu. Takto máme zajištěno, že na vzorek bude působit kolmá, tedy normálová síla tahová, která je potřebná pro správné vyhodnocení testu.

Další dva snímky zachycují zkoumaný vzorek dřevěného prvku s již nalepeným zkušebním terčím. Jedná se o variantu, kdy je použito kruhového a čtvercového tvaru terčíku. Takto nachystaný vzorek se vloží do celkové sestavy přípravku.



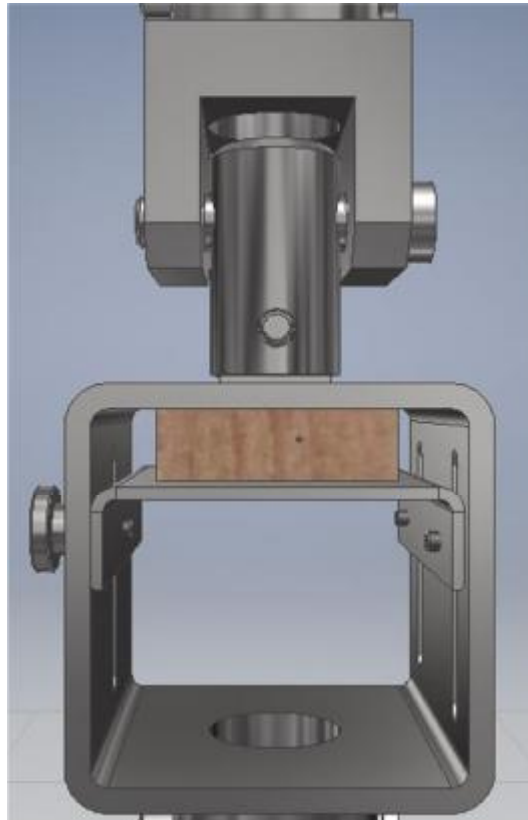
Obr. 25 Terčik kruhový



Obr. 26 Terčik čtvercový

Oba terčiky, kruhový (obr.23) i čtvercový (obr.24), mají rozměr uzpůsobený vzhledem ke stejné stykové ploše, která má 1000mm^2 . Důvod je prostý – zajistíme tím jednodušší vyhodnocování, neboť tím odpadá přepočet na jiné velikosti plochy.

Na následujícím snímku máme čelní pohled do komory s umístěným vzorkem, který je ze spodní části podepřen posuvnou podložkou (obr. 25). Vidíme zde na levé části aretační šroub, uvnitř komory profil tvaru U a v pravé části dva vodící šrouby (obr. 26 a 27), zajišťující správnou polohu při manipulaci.

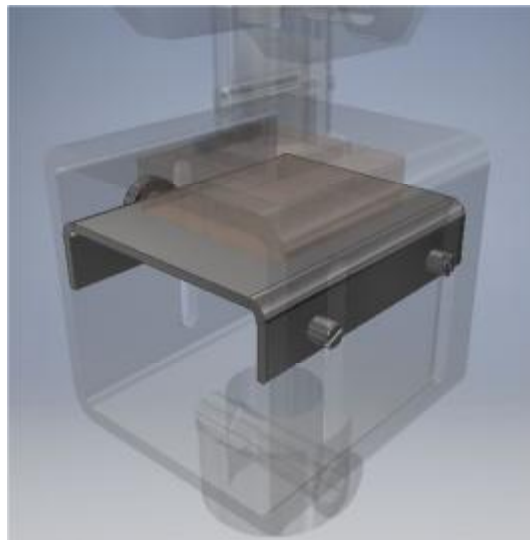


Obr. 27 Komora

V horní části je část soustavy čepů, které zajišťují určité stupně volnosti. Zkušební terčík při zasunutí do upínacího otvoru je automaticky vystředěn a zajištěn proti posunutí mimo osu tahu.

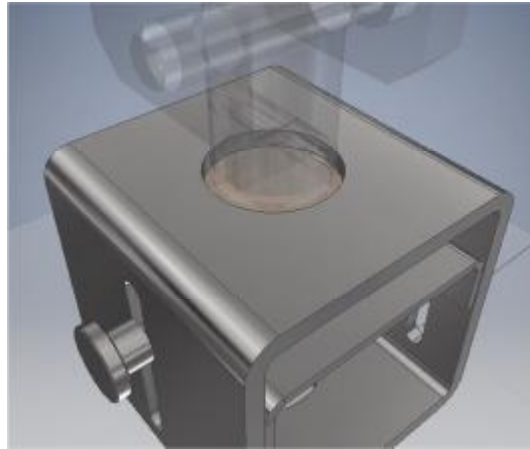


Obr. 28 Vodící šrouby



Obr. 29 Podložka

Nyní nahlédneme na střešní komorovou část pro vkládání vzorků. Je vyrobena ze silnostěnného čtvercového profilu s kruhovým (obr. 28), resp. čtvercovým (obr. 29) otvorem.



Obr. 30 Otvor kruhový

Tyto otvory v horní stěně profilu slouží pro použití terčíků odpovídajícího tvaru. Je totiž zapotřebí, aby se zkoumaný vzorek materiálu opíral svojí zbývající plochou mimo terčík o pevnou část rámu a byl tím fixován v poloze proti nežádoucímu posunutí.



Obr. 31 Otvor čtvercový

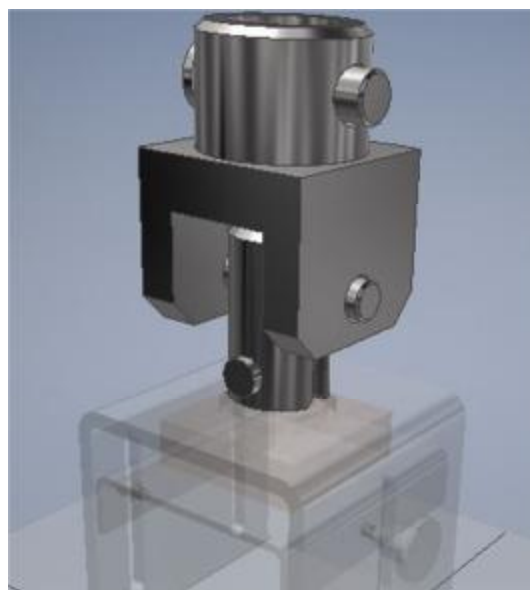
Velikosti těchto otvorů jsou vyrobeny s ohledem na rozměr terčíků, tak jak požaduje zkušební předpis. V principu je otvor vyroben větší oproti rozměru terčíku o šířku obřezání zkoumané plochy vzorku.

Pohled na horní upínací čelist a soustavu čepů (obr. 30). Je zde patrná drážka pro zasunutí terčů a čep, kterým se zajišťují. Tato drážka má ze spodní strany sražené hrany pro lepší navedení terčů do správné polohy.



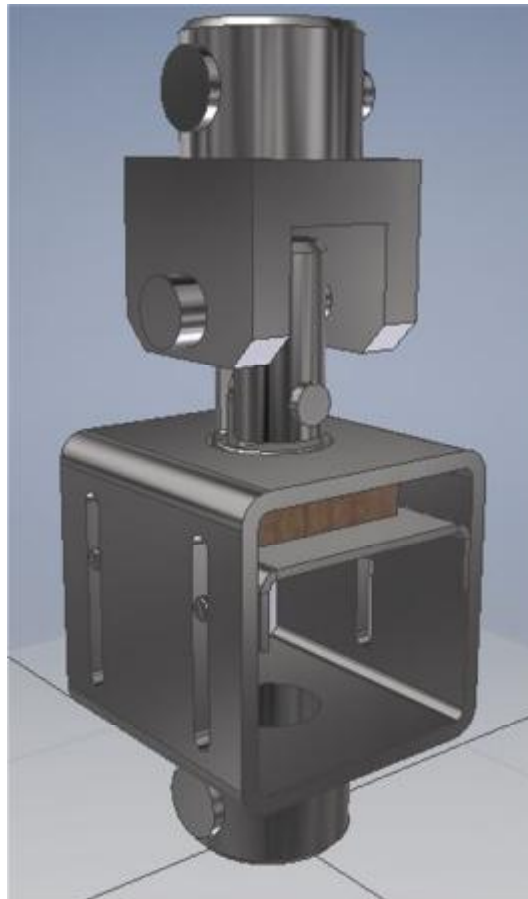
Obr. 32 Soustava čepů

Při pohledu na horní část této soustavy (obr. 31) vidíme všechny tři čepy, kterými zajišťujeme již zmiňovaný osový tah a také polohu jednotlivých komponent.



Obr. 33 Čepy

Tolik tedy k základnímu seznámení a s vyobrazením jednotlivých částí přípravku. Takto vyrobenou sestavu (obr.32) namontovanou do zkušebního stroje můžeme plně využívat k požadovaným účelům.



Obr. 34 Sestava celková

V případě použití na jiný stroj, je zapotřebí doplnit redukční dílce, které se vloží do horního a dolního spojovacího pouzdra. Taktéž bude možné přípravek sestavit v konfiguraci například pro tlakové, či ohybové zkoušky, pomocí nástavců či jiných modulů. Tyto redukce a nástavce rozšiřující jeho použití nejsou součástí vyobrazení, ani dokumentace v této práci.

3.2 Výkresová dokumentace

Výrobní výkresová dokumentace je součástí přílohy této práce (příloha I – XVI). Tato dokumentace je tvořena pomocí software Autodesk Inventor, který se v obdobných návrzích již dříve velmi osvědčil. Je zde možno parametricky modelovat prakticky cokoliv. Prostředí modeláře je velmi intuitivní a uživatelsky velmi příjemné. Taktéž tvorba výkresové dokumentace je zde velmi příjemnou záležitostí.

Využil jsem tedy své znalosti pochycené na půdě UTB z dřívějších let, zejména kroužek technického kreslení a CAD navrhování pod vedením zkušených profesorů přinesl své ovoce. Výsledkem práce je 16 výkresů, které slouží jako podklady pro výrobu tohoto přípravku. K těmto jednotlivým výkresům je taktéž připojen technologický postup výroby, který je v následující kapitole.

3.3 Technologický postup výroby přípravku

Ve strojírenské praxi je výrobní postup spolu s výrobními výkresy nejdůležitějšími součástmi výrobní technické dokumentace. Mimo jiné, je existence kvalitní písemné technické dokumentace výroby nutnou podmínkou požadovanou v rámci zajištění kvality podle ISO 9000. Výrobní postup určuje jednoznačně způsob výroby, zajistí opakovatelnost a stejnou kvalitu. Z dobrého postupu se dají předem spočítat nebo odhadnout časy výroby a tedy určit náklady, vytížení strojů pro ekonomické propočty a plánování výroby. Výrobní postup dále umožňuje včasné zajištění potřebných přípravků, nástrojů a měřidel.

Hloubka propracování postupu záleží na předpokládaném počtu výrobků. Při kusové výrobě někdy stačí stručný sled důležitých operací napsaný na zadní straně výrobního výkresu, naopak při přípravě velkosériové výroby se postup propracovává velmi detailně. V ostatních případech je hloubka propracování někde mezi těmito extrémy.

Doporučený postup:

- volba polotovaru (tyče, výpalky, odlitky...)
- volba velikosti polotovaru (podle rozměru výrobku + přídavek na opracování)
- volba výrobních technologií
- výběr strojů, nářadí a řezných podmínek
- zápis výrobního postupu

3.3.1 Strojové vybavení

Řezání	REZ	např. pásová pila na kov PMS 700/760 HCN
Obrábění	OBR	např. obráběcí centrum Tajmac-ZPS MCFV 1260
Ohýbání	OHY	např. Safan E Brake 65-2550-TS1
Svařování	SVA	např. Fronius VarioSynergic 400
Dokončování	DOK	např. rýhovací kolečko
Vysekávání	VYS	např. Boschert Twin 1200
Měření	MER	provádění kontrolního měření

3.3.1.1 Technologický postup výroby pro přílohu I

Součást:	BP-PM-001 – HORNÍ ČELIST
Polotovar:	Tyč čtvercová válcovaná za tepla, EN 10059, rozměr 70, Feron 1H1109K
Značka oceli/materiál:	S235J2 dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídávkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - frézování na rozměr 66x66x100mm - průchozí drážka 38mm - zkosení hran 10x45° - válcové hrdlo Ø57mm - sražení hrany 3x45° - vrtání otvorů Ø 36mm, Ø 19mm, Ø 16mm
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. Dokumentace

3.3.1.2 Technologický postup výroby pro přílohu II

Součást:	BP-PM-002 – DOLNÍ ČELIST (díl A)
Polotovary:	Profil uzavřený svařovaný čtvercový, EN 10219, rozměr 100x6, Feron 5R0201A
Značka oceli/materiál:	S235JRH dle EN10219-1

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z profilu na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - frézování na rozměr 100x100x100mm - vrtání otvorů Ø 42mm, Ø 57mm (pro díl B) - frézování drážek 8x68mm
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. Dokumentace

Součást:	BP-PM-002 – DOLNÍ ČELIST (díl B)
Polotovary:	Tyč kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, rozměr Ø 60, Feron 141161O
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z profilu na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružení na rozměr Ø 57 x 46mm - sražení hrany 3x45° - vrtání otvorů Ø 36mm, Ø 19mm
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. Dokumentace
005	SVA	Svaření s dílem A, obvodový koutový svar 3mm

006

MER

Měření rozměrů dle výkr. Dokumentace

3.3.1.3 Technologický postup výroby pro přílohu III

Součást:	BP-PM-003 – STŘEDÍCÍ ČEP
Polotovar:	Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, Ø 40, Ferona 330635J
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružit na Ø 36 - vrtání otvorů Ø 16mm, Ø 10mm - frézovat průchozí drážku 7x29mm - sražení hrany 2x45° a 3x45°
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace

3.3.1.4 Technologický postup výroby pro přílohu IV

Součást:	BP-PM-004 – ČEP ZAJIŠŤOVACÍ
Polotovar:	Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, Ø 26, Ferona 141117W
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídávkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružit na Ø 24,5 a Ø 17,2 - sražení hrany 1x45°
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace

3.3.1.5 Technologický postup výroby pro přílohu V

Součást:	BP-PM-005 – ČEP ZAJIŠŤOVACÍ
Polotovar:	Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, Ø 26, Ferona 141117W
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídávkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružit na Ø 22 a Ø 14 - sražení hrany 1x45°
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace

3.3.1.6 Technologický postup výroby pro přílohu VI

Součást:	BP-PM-006 – ČEP ZAJIŠŤOVACÍ
Polotovar:	Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, Ø 16, Ferona 140006D
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídávkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružit na Ø 14 a Ø 9 - sražení hrany 1x45°
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace

3.3.1.7 Technologický postup výroby pro přílohu VII

Součást:	BP-PM-007 – TERČÍK KRUHOVÝ
Polotovar:	Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, Ø 40, Ferona 141617C
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružit na Ø 35,6 - vrtání otvoru Ø 10mm - frézovat výstupek 6x30mm - frézovat zaoblení R15 - sražení hrany 2x45°
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace

3.3.1.8 Technologický postup výroby pro přílohu VIII

Součást:	BP-PM-008 – TERČÍK ČTVERCOVÝ
Polotovar:	Tyč čtvercová válcovaná za tepla, EN 10059, rozměr 35, Ferona 11H1092T
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - frézování na rozměr 31,6x31,6x36mm - vrtání otvoru Ø 10mm - frézovat výstupek 6x30mm - frézovat zaoblení R15 - sražení hrany 2x45° ze dvou stran
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. Dokumentace

3.3.1.9 Technologický postup výroby pro přílohu IX

Součást:	BP-PM-009 – DOLNÍ ČELIST (díl A)
Polotovary:	Profil uzavřený svařovaný čtvercový, EN 10219, rozměr 100x6, Feron 5R0201A
Značka oceli/materiál:	S235JRH dle EN10219-1

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z profilu na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - frézování na rozměr 100x100x100mm - vrtání otvoru Ø 57mm (pro díl B) - frézování otvoru 38x38mm - frézování drážek 8x68mm
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. Dokumentace

Součást:	BP-PM-009 – DOLNÍ ČELIST (díl B)
Polotovary:	Tyč kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, rozměr Ø 60, Feron 141161O
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z profilu na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružení na rozměr Ø 57 x 46mm - sražení hrany 3x45° - vrtání otvorů Ø 36mm, Ø 19mm
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. Dokumentace

005	SVA	Svaření s dílem A, obvodový koutový svar 3mm
006	MER	Měření rozměrů dle výkr. Dokumentace

3.3.1.10 Technologický postup výroby pro přílohu X

Součást:	BP-PM-010 – VODÍCÍ ŠROUB (2ks)
Polotovar:	Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, Ø 10, Ferona 140006D
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružit na Ø 7,6 a Ø 5 - frézovat drážku 2x1,6 - sražení hran 0,5x45° - řezání závitu M5 v délce 6
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace

3.3.1.11 Technologický postup výroby pro přílohu XI

Součást:	BP-PM-011 – ARETAČNÍ ŠROUB
Polotovar:	Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060, Ø 26, Ferona 141117W
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	REZ	Dělení materiálu z tyče na požadovanou délku s přídavkem na obrábění.
002	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace
003	OBR	Upnutí polotovaru a obrábění dle programu CNC - soustružit na Ø 24x5 / Ø 14x10 / Ø 7,6x5 / Ø 5x6 - sražení hran 0,5x45° - řezání závitu M5 v délce 6
004	DOK	Dokončovací operací zhotovíme rýhovaný povrch
005	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace

3.3.1.12 Technologický postup výroby pro přílohu XII

Součást:	BP-PM-012 – POSUVNÁ PODLOŽKA
Polotovar:	Plech válcovaný za studena, EN 10131, 3x1000x2000, Feron 141117W
Značka oceli/materiál:	S235JR dle EN10025-2

Č.op.	Stroj	Popis operace
001	VYS	Vysekání rozvinutého tvaru součásti z plechové tabule vč. otvorů Ø 4,2 pro závit M5
002	OBR	- sražení hrany 1x45° - zhotovení 3ks závitů M5
003	OHY	upnutí a ohnutí 2x 90°
004	MER	Měření rozměrů dle výkr. dokumentace

ZÁVĚR

V mojí bakalářské práci jsem chtěl vyzdvihnout opomíjenou součást českého průmyslu – dřevovýrobu. Výzkum v této oblasti, kterému se věnuje firma Woodexpert, začíná být aktuální a uvedená společnost je předním představitelem v tomto oboru. Pro potřeby laboratoře k provádění zkoušek jednotlivých vzorků dřeva a kompozitů na jeho bázi je právě zapotřebí nejrůznějších přípravků a nástavců pro testovací přístroje. Jeden takový, pro odtrhovou zkoušku, je výsledkem této práce. Získané poznatky a zkušenosti na půdě UTB jsem vložil v maximální míře pro přípravu a realizaci dokumentace, která bude sloužit jako předloha k samotnému zhotovení a používání přípravku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **Ing. Filip Khestl, Ph.D.**
http://homel.vsb.cz/~khe0007/opory/opory.php?stranka=drevo_zkouseni. *Zkoušení stavebních materiálů a výrobků*. [Online] 2011.
2. **kolektiv, SVOBODA Luboš a.** *Stavební hmoty*. Praha : Jaga Group, 2013. ISBN 978-80-260-4972-2.
3. **kolektiv, PESCHEL P. a.** *Dřevařská příručka*. Praha : SOBOTÁLES, 2002. ISBN 80-85920-84-0.
4. **Novák, Ing. Petr.** <http://www.drevostavitel.cz/clanek/mechanicke-vlastnosti-dreva-domacich-drevin>. *Drevostavitel*. [Online] 2013.
5. **Beran, Ing. Rudolf.** www.abclepidla.cz/Files/file/files/Teorie_lepeni. *Poradenské centrum společnosti LEAR*. [Online] 2013.
6. **Bareš, Richard A.** <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/>. *COMING® Plus a.s. Praha*. [Online] 2011.
7. **zkušebnictv, Ústavu stavebního.**
<http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/CI57/odtrhove%20zkousky,%20kotveni.pdf>.
http://www.fce.vutbr.cz/SZK. [Online] 2010.
8. **Kraus, Ing. Petr.** <http://www.coming.cz/index.php?id=62>. <http://www.coming.cz/>. [Online] 2014.
9. **Roell, Zwick.** <http://www.zwick.cz/cs/produkty/upinaci-pripravky/klestinove-celisti.html>. *ZWICK*. [Online] 2013.
10. **technologická, Fakulta.**
www.utb.cz%2Ffile%2F40095_1_1%2F&usg=AFQjCNETIaWMD-i9-Ffwc0DP5GEn-YtIcg&cad=rja. www.uvi.ft.utb.cz. [Online] 2011.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DOK	Dokončovací práce, dokončovací operace
REZ	Řezání, dělicí operace
OBR	Obrábění všeobecně (frézování, soustružení, vrtání apod.)
OHY	Ohýbání, práce na ohýbačce, nebo ohraňovacím lisu
SVA	Svařování obecně
VYS	Vysekávání, operace pomocí sekacího stroje (dělení, tvarové otvory)
UTB	Universita Tomáše Bati
MPa	Mega Pascal
F	Působící síla
S	Plocha
σ	Napětí
W	Watt
K	Kelvin
°C	Stupeň celsia
kg	Kilogram
Č.op	Číslo operace
PUR	Polyurethan
MER	Měřící a kontrolní proces

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příčný řez kmenem	15
Obr. 2 Tvarové změny prvků způsobené sesycháním	18
Obr. 3 Tvarové změny prvků způsobené kroucením při sesychání	18
Obr. 4 Rozdělení deskových materiálů na bázi dřeva	25
Obr. 5 Skladba překližky	27
Obr. 6 Namáhání	43
Obr. 7 Vzorec napětí	44
Obr. 8 Zkouška ohybové pevnosti	45
Obr. 9 Zkouška ohybem	45
Obr. 10 Pracovní diagram dřeva při zkoušce na tlak podél vláken	46
Obr. 11 Směry zkoušení vlastnosti dřeva	46
Obr. 12 Průběh odtrhové zkoušky podlahové konstrukce	51
Obr. 13 Přístroj Comptest OP1	54
Obr. 14 Univerzální zkušební stroje, ilustrační foto	54
Obr. 15 Zwick 1456 v laboratoři UTB	56
Obr. 16 Shimadzu AG-20 KNG v laboratoři UTB	56
Obr. 17 čelisti klínové	59
Obr. 18 čelisti pružinové	59
Obr. 19 čelisti kleštinové	59
Obr. 20 čelisti pro zkoušku ohybem	59
Obr. 21 čelisti válcové	59
Obr. 22 Zwick 1456	66
Obr. 23 prostředí software TestXpert	66
Obr. 24 Celková sestava	67
Obr. 25 Terčík kruhový	68
Obr. 26 Terčík čtvercový	68
Obr. 27 Komora	69
Obr. 28 Vodící šrouby	70
Obr. 29 Podložka	70
Obr. 30 Otvor kruhový	71
Obr. 31 Otvor čtvercový	71
Obr. 32 Soustava čepů	72

Obr. 33 Čepy.....	72
Obr. 34 Sestava celková.....	73

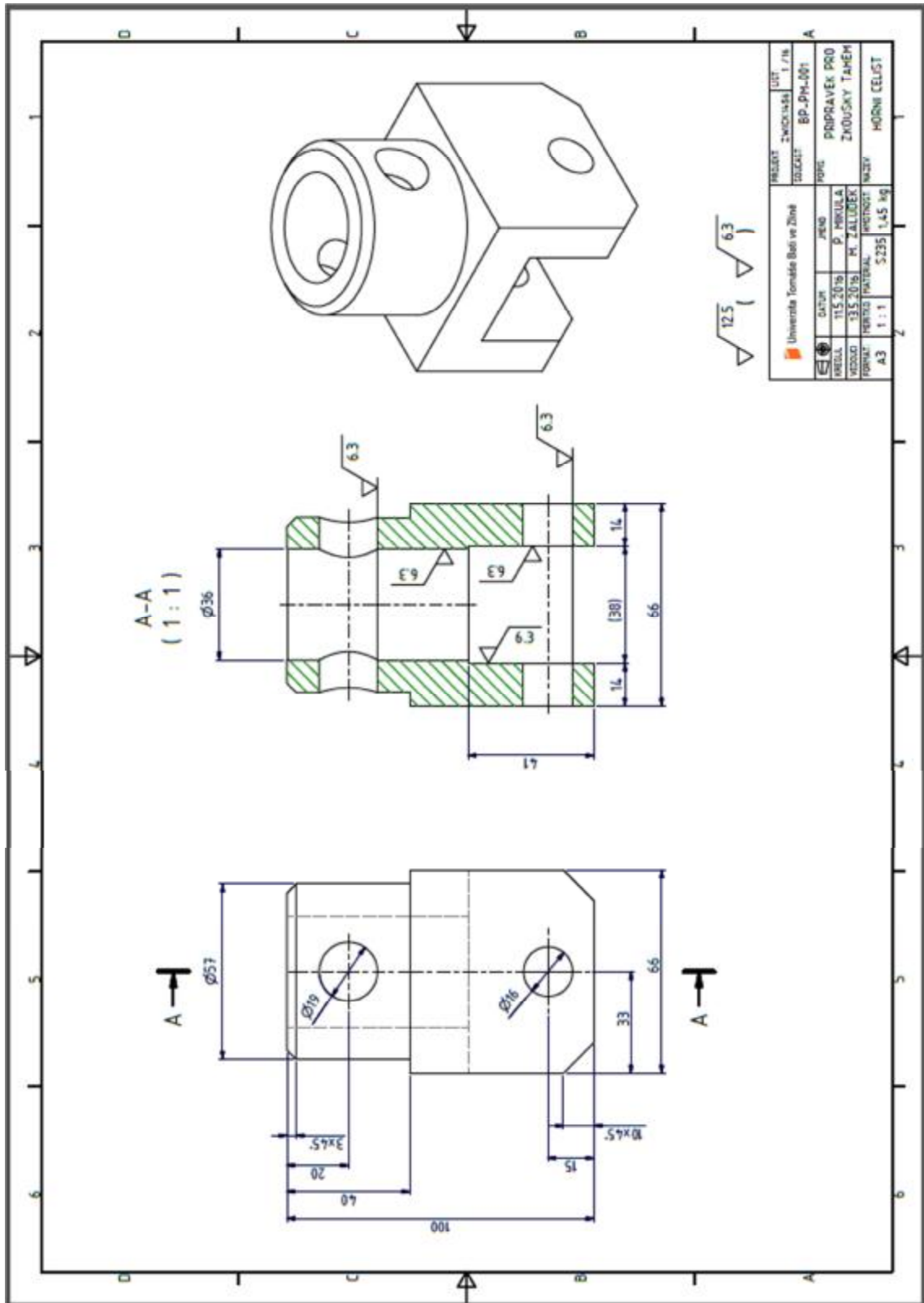
SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rozdělení dřevin podle objemové hmotnosti v suchém stavu	16
Tab. 2 Průměrné hodnoty součinitele vlhkostní deformace při změně vlhkosti dřeva o 1%	17
Tab. 3 Dřevo uložené na vzduchu bez styku s půdou.....	19
Tab. 4 Řezivo podle příčného průřezu	23
Tab. 5 parametry stroje Zwick	55

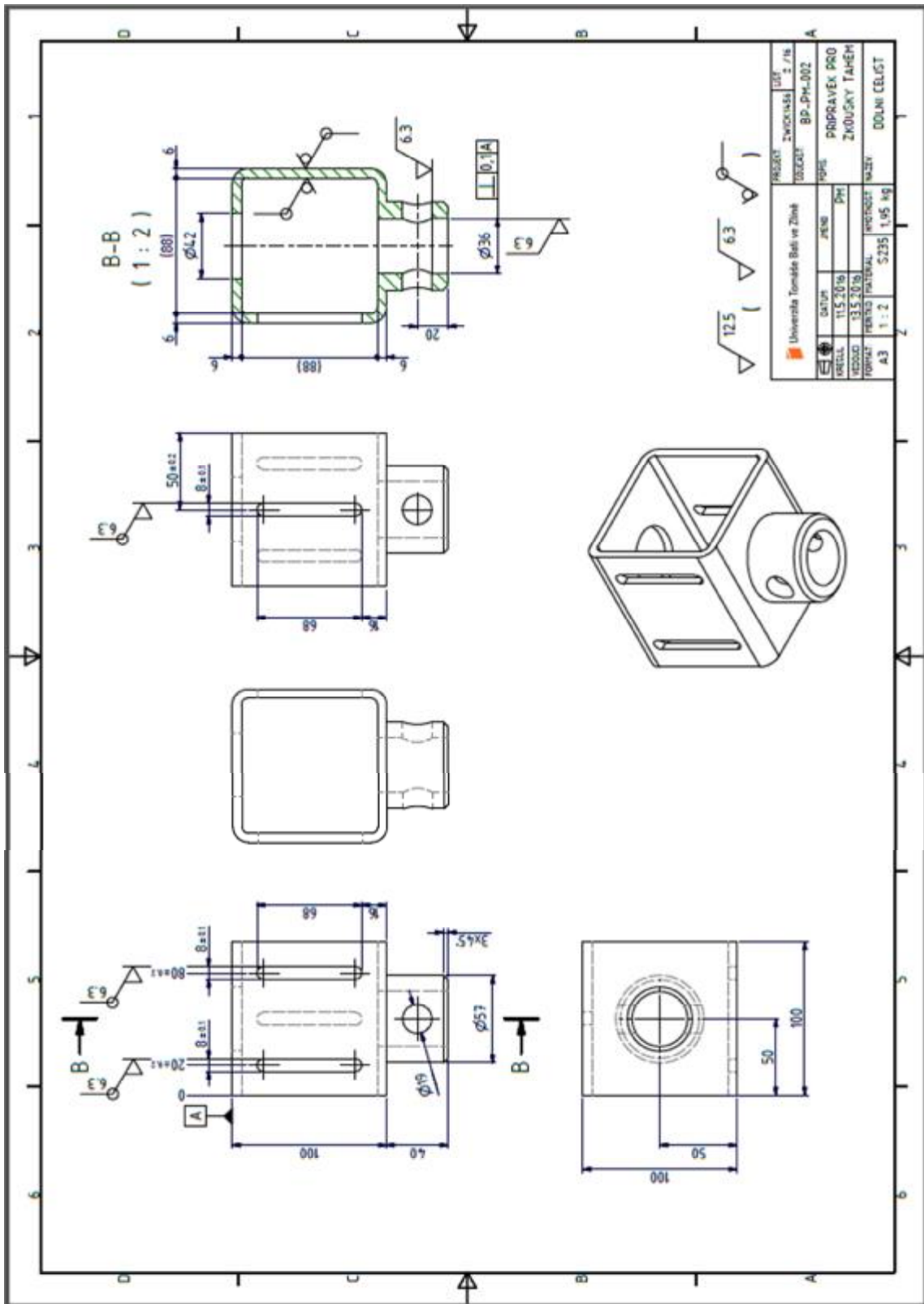
SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: VÝKRES BP-PM-001	97
PŘÍLOHA P II: VÝKRES BP-PM-002	98
PŘÍLOHA P III: VÝKRES BP-PM-003	99
PŘÍLOHA P IV: VÝKRES BP-PM-004	100
PŘÍLOHA P V: VÝKRES BP-PM-005	101
PŘÍLOHA P VI: VÝKRES BP-PM-006	102
PŘÍLOHA P VII: VÝKRES BP-PM-007	103
PŘÍLOHA P VIII: VÝKRES BP-PM-008	104
PŘÍLOHA P IX: VÝKRES BP-PM-009	105
PŘÍLOHA P X: VÝKRES BP-PM-010	106
PŘÍLOHA P XI: VÝKRES BP-PM-011	107
PŘÍLOHA P XII: VÝKRES BP-PM-012	108
PŘÍLOHA P XIII: VÝKRES BP-PM-001S	109
PŘÍLOHA P XIV: VÝKRES BP-PM-002S	110
PŘÍLOHA P XV: VÝKRES BP-PM-01VZ	111
PŘÍLOHA P XVI: VÝKRES BP-PM-02VZ	112

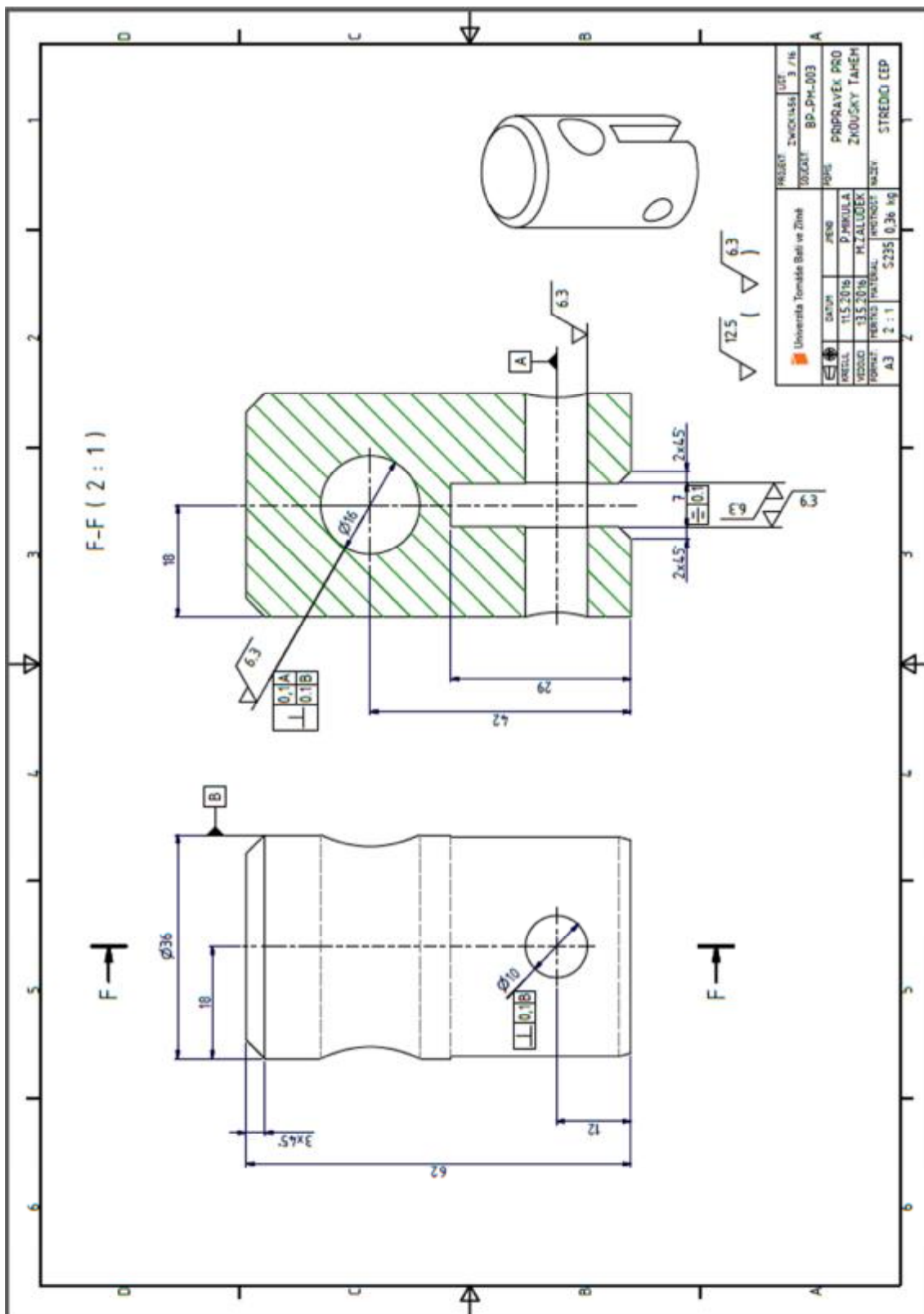
PŘÍLOHA P I: VÝKRES BP-PM-001



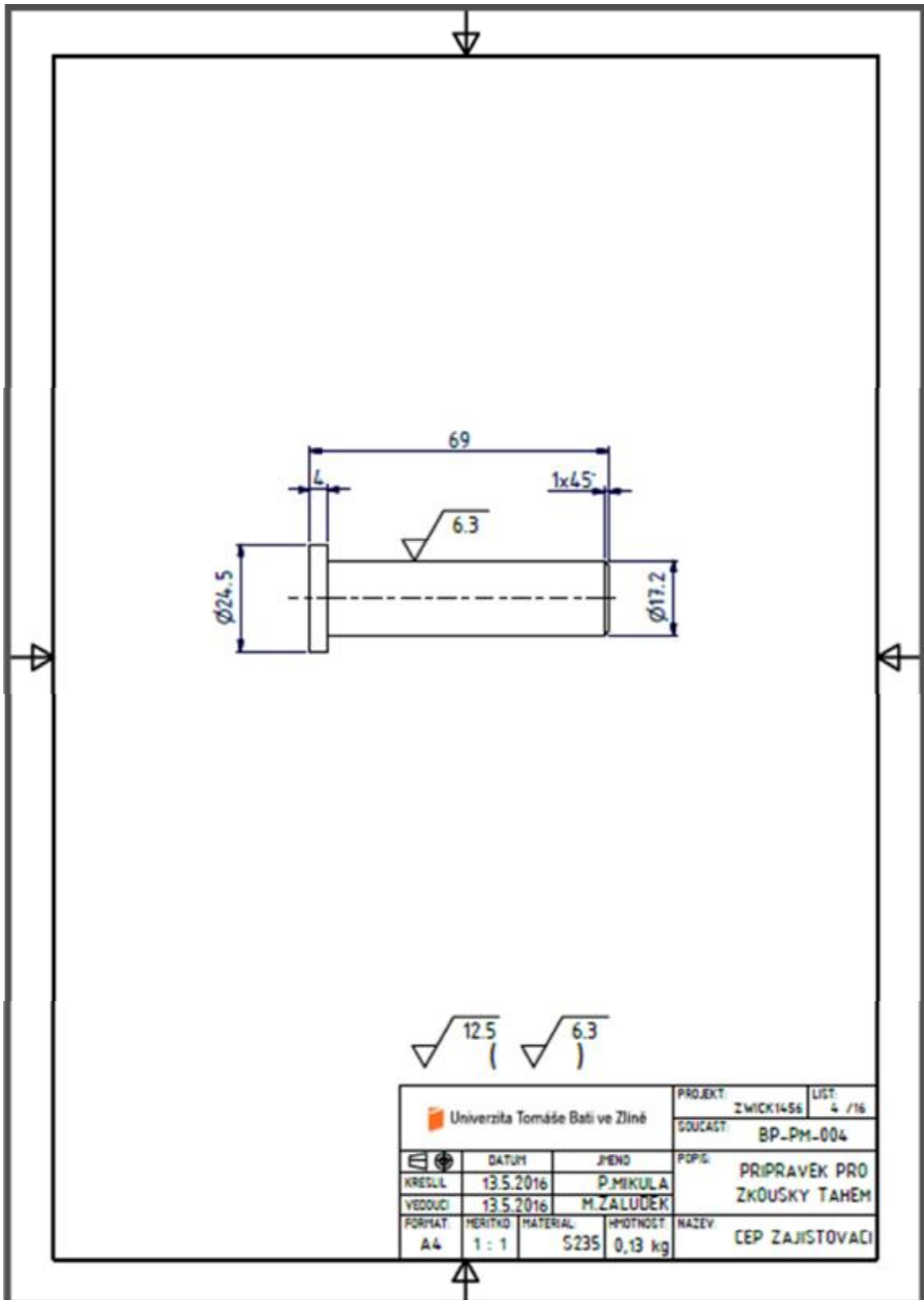
PŘÍLOHA P II: VÝKRES BP-PM-002



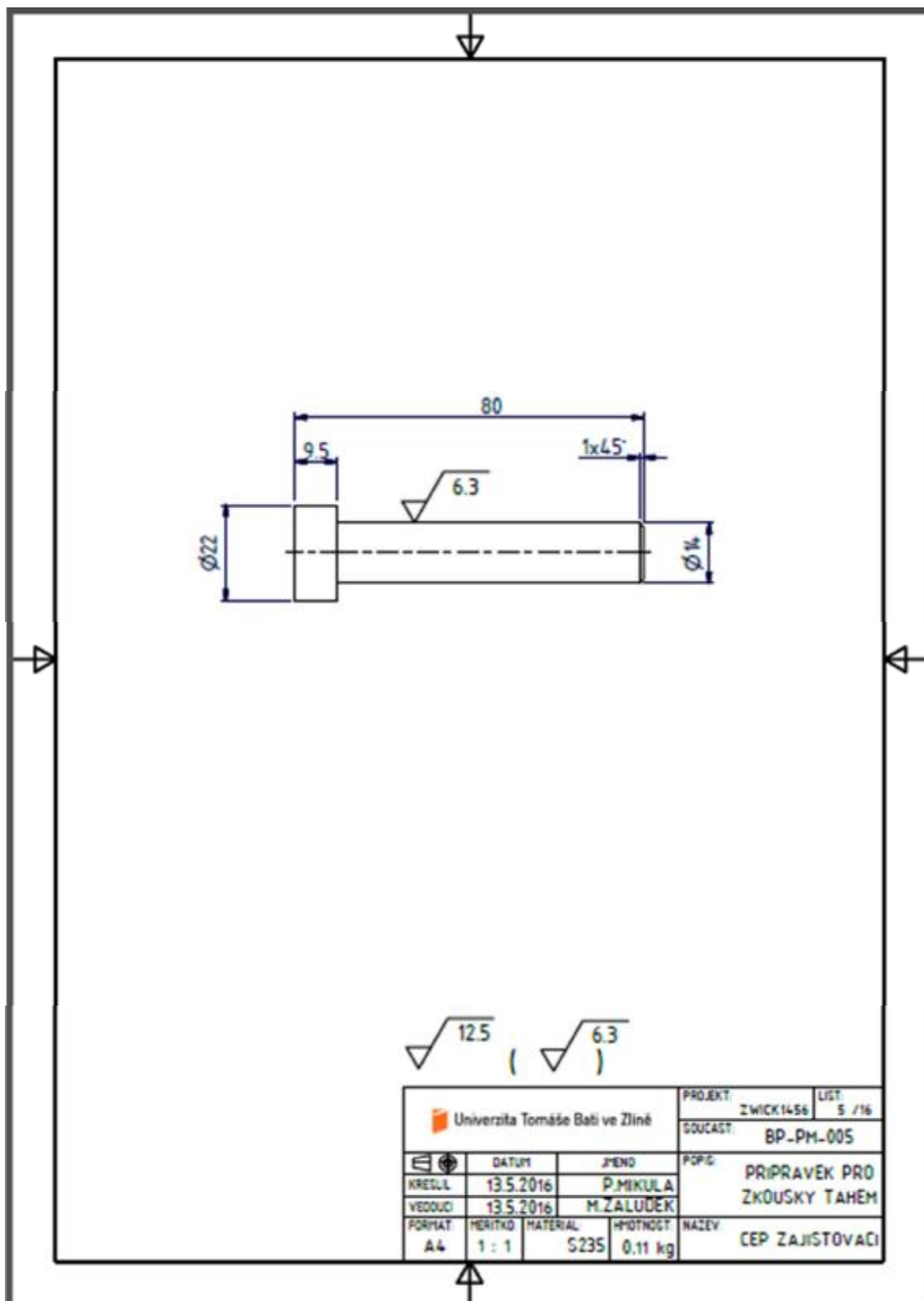
PŘÍLOHA P III: VÝKRES BP-PM-003



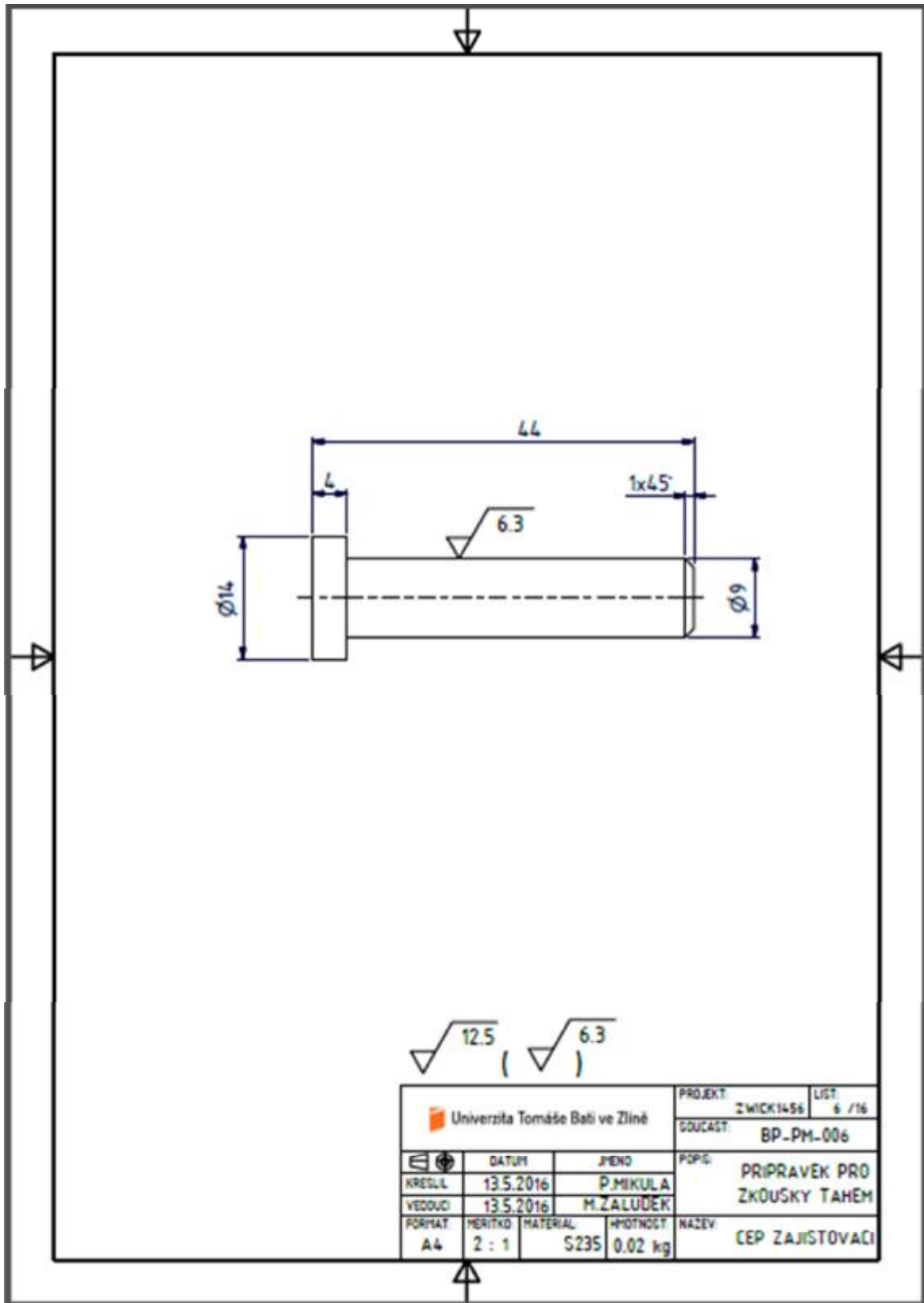
PŘÍLOHA P IV: VÝKRES BP-PM-004



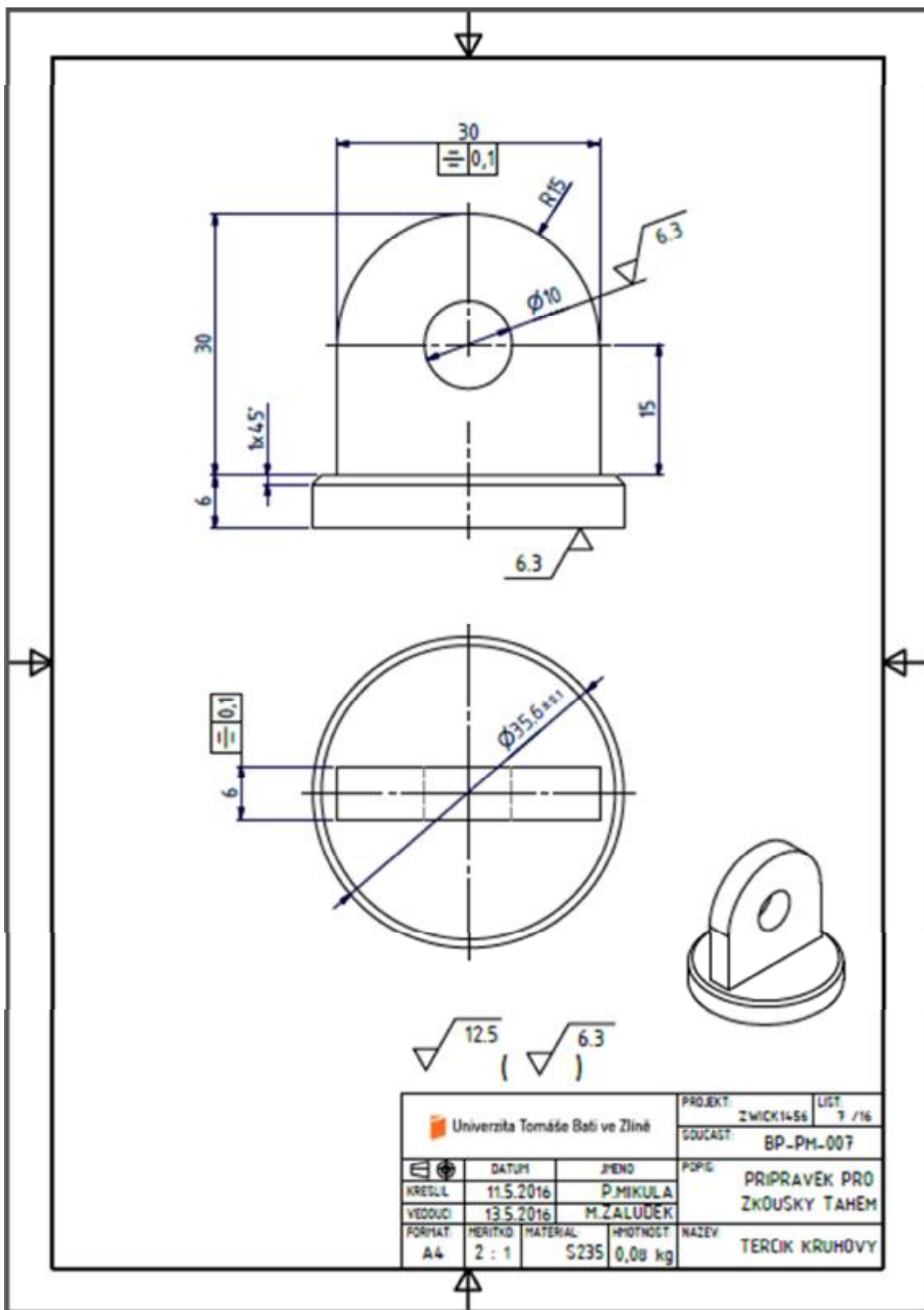
PŘÍLOHA P V: VÝKRES BP-PM-005



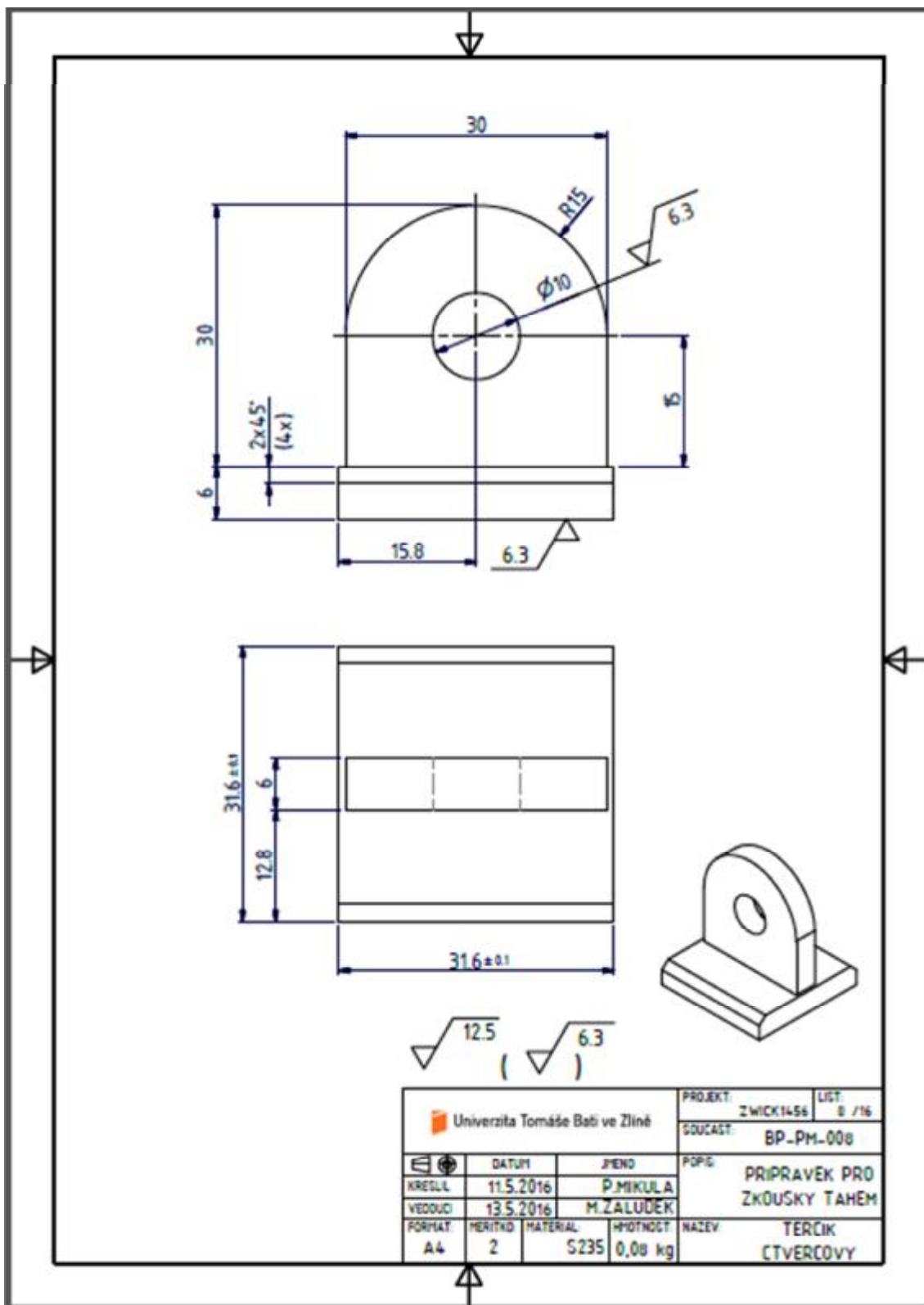
PŘÍLOHA P VI: VÝKRES BP-PM-006



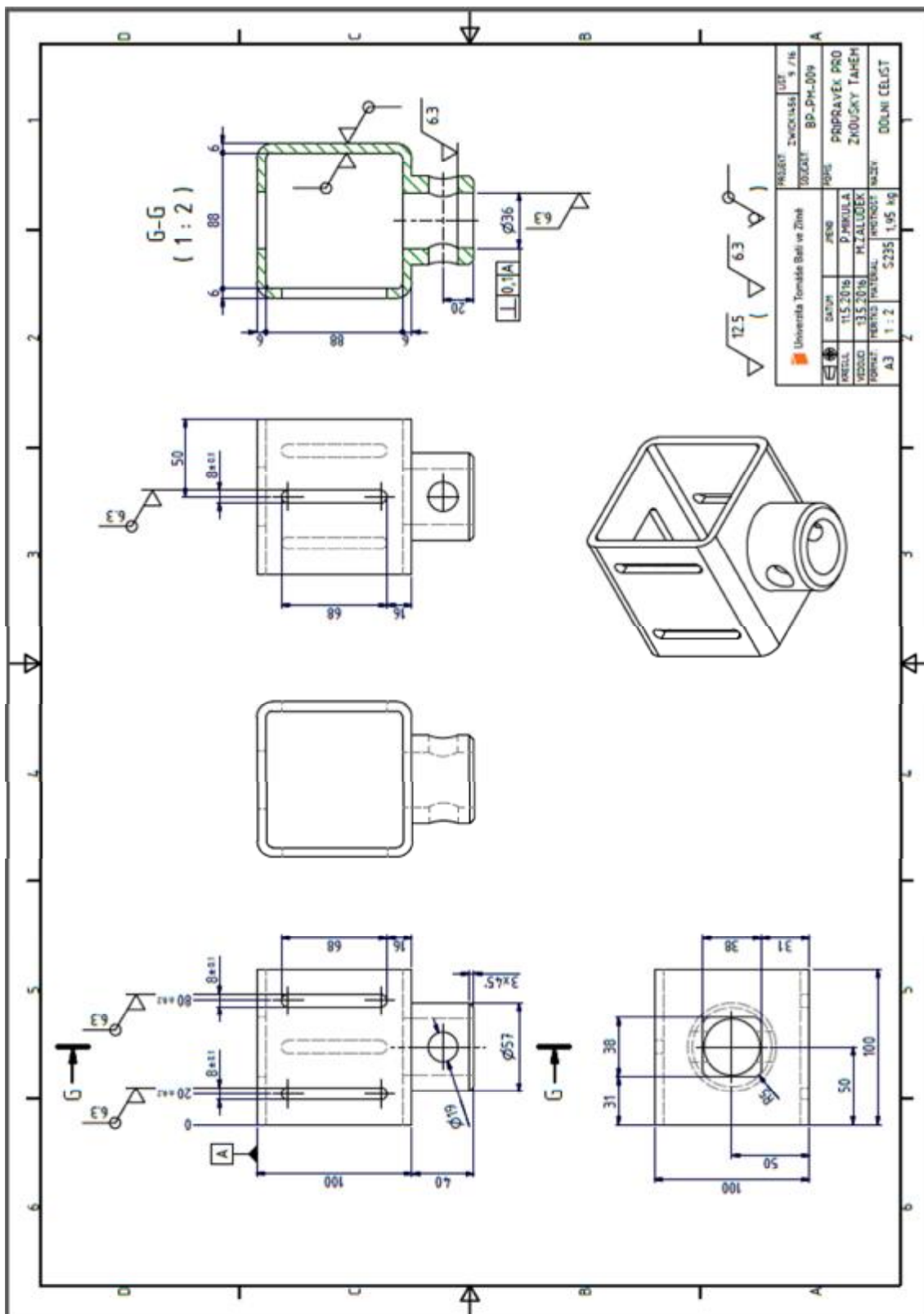
PŘÍLOHA P VII: VÝKRES BP-PM-007



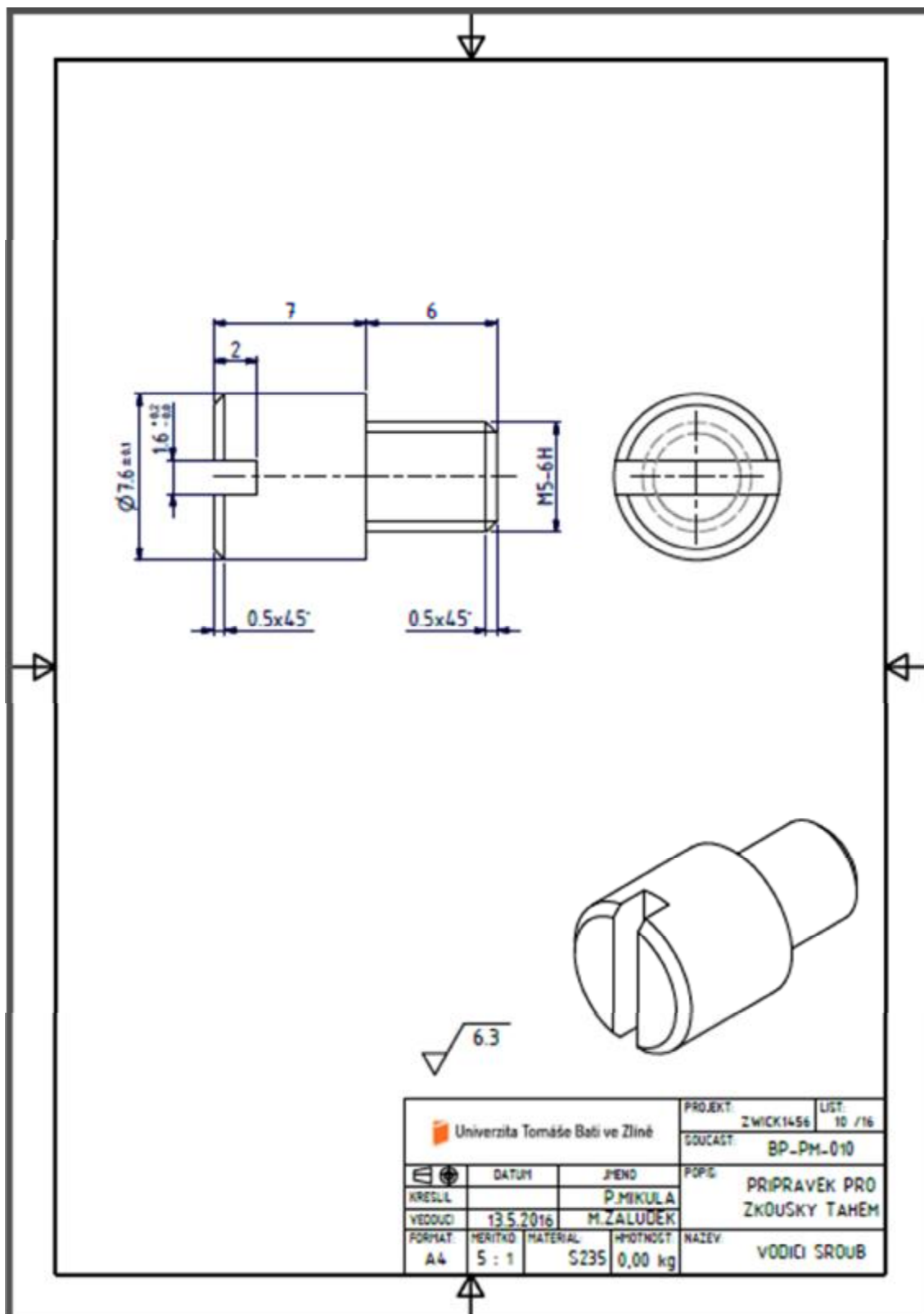
PŘÍLOHA P VIII: VÝKRES BP-PM-008



PŘÍLOHA P IX: VÝKRES BP-PM-009

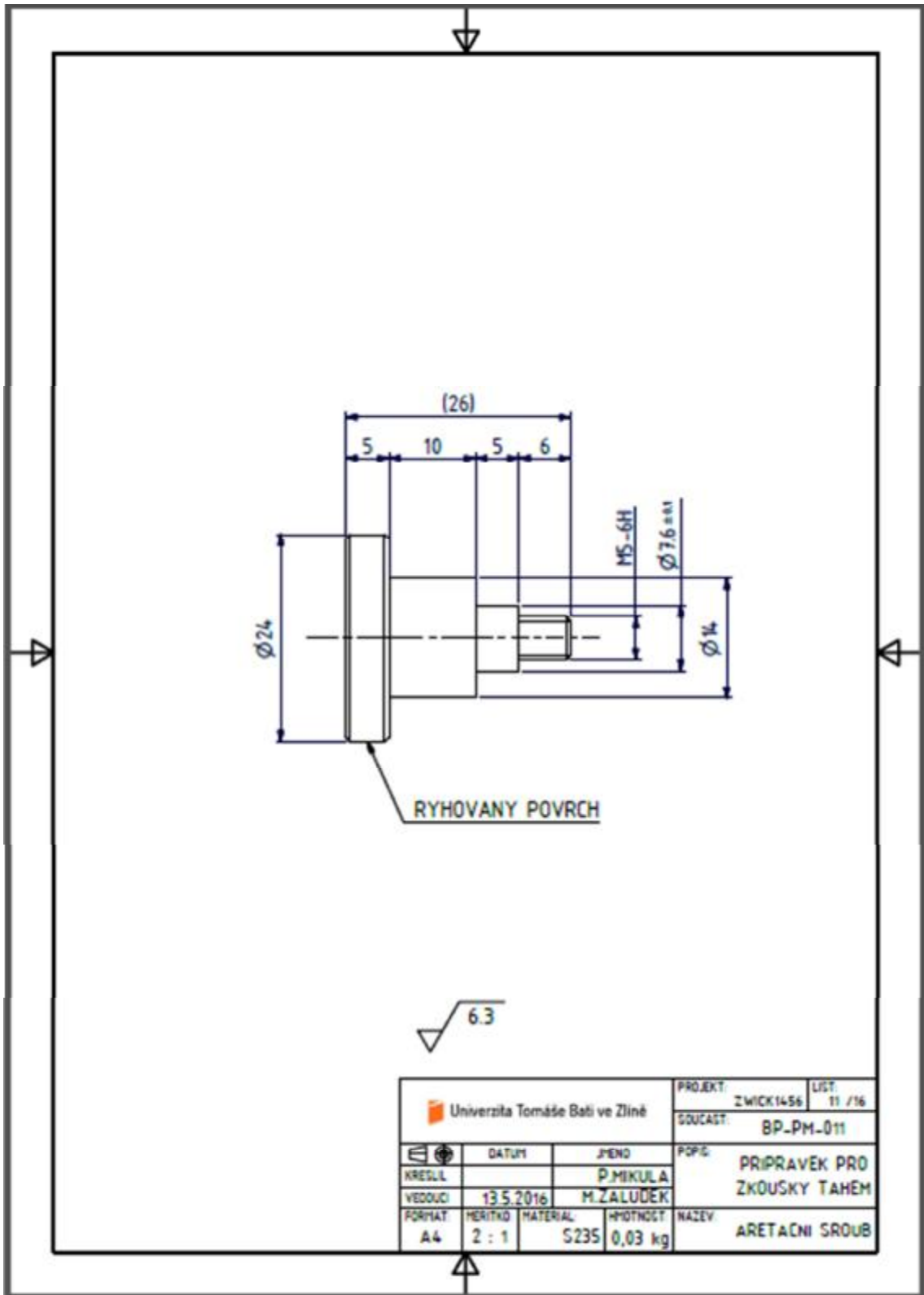


PŘÍLOHA P X: VÝKRES BP-PM-010

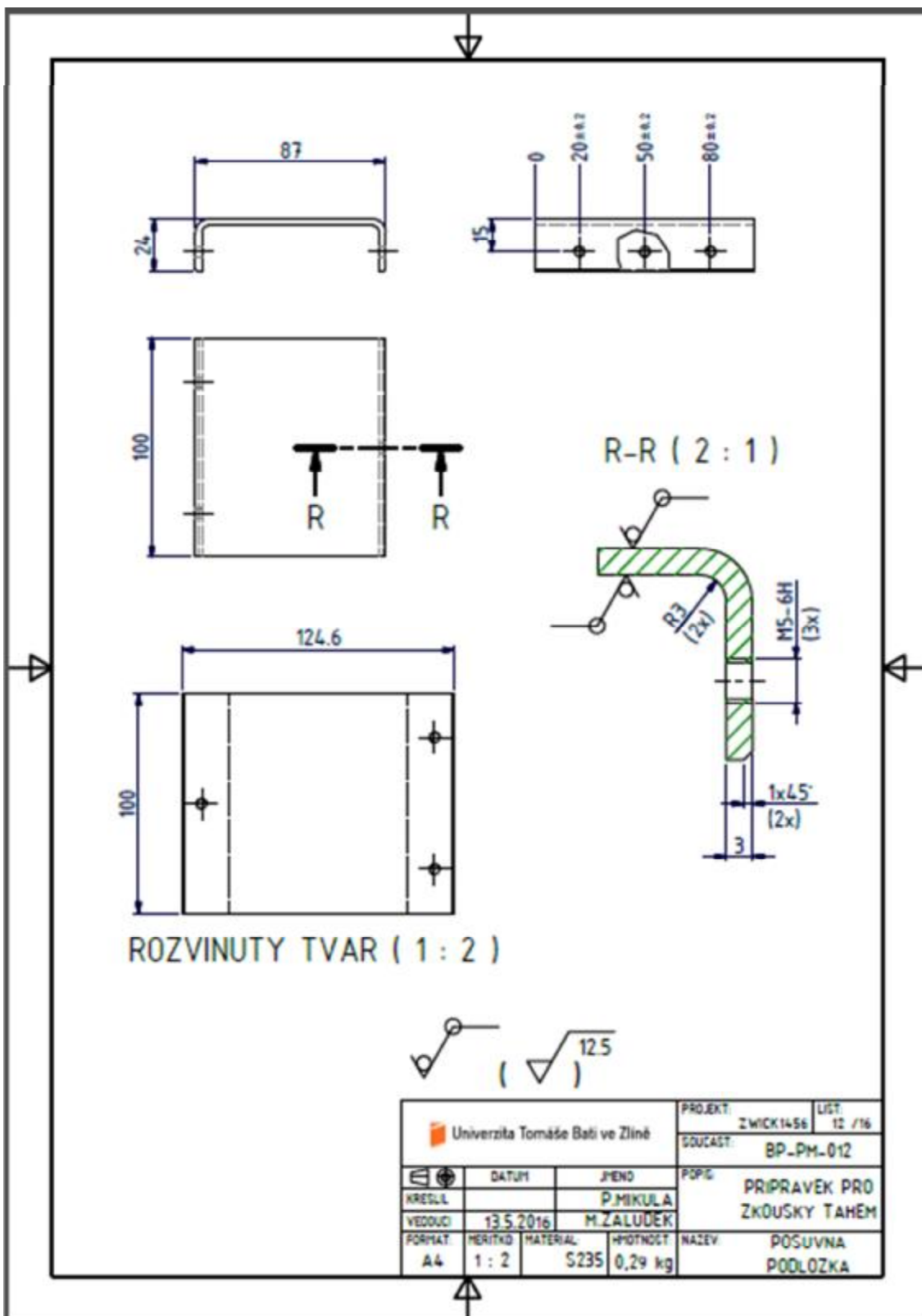


Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně		PROJ.EKT.	ZWICK1456	LIST.	10 / 16
		SOUČAST:	BP-PM-010		
	DATUM	JMENO	POPIS		
KRESLIL		P.MIKULA	PŘÍPRAVEK PRO ZKOUSKY TAHEM		
VEDOUČÍ	13.5.2016	M.ZALUDEK			
FORMÁT:	MERITKO:	MATERIAL:	HĚMOTNOST:	NAZEV:	
A4	5 : 1	S235	0,00 kg	VODICI SROUB	

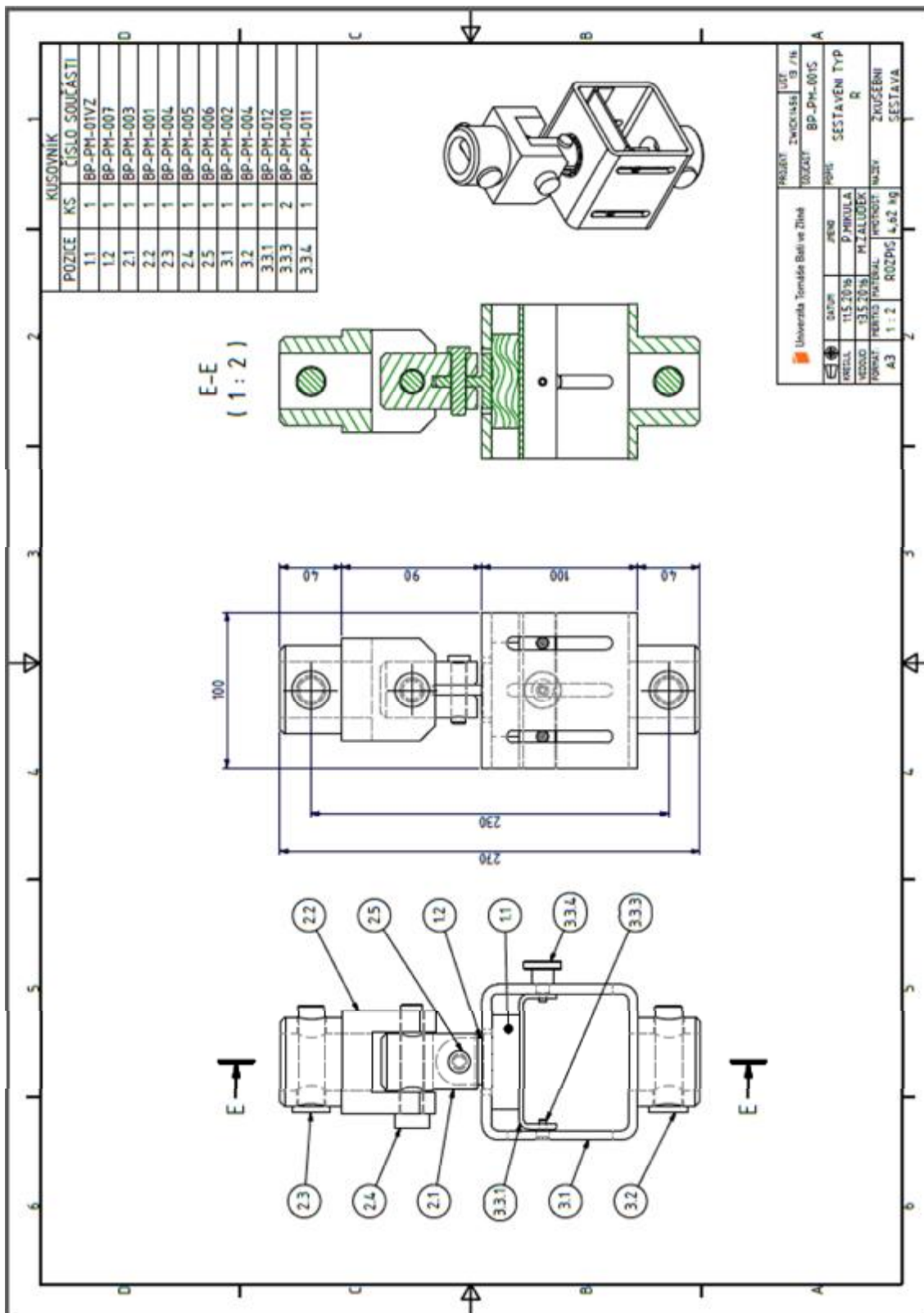
PŘÍLOHA P XI: VÝKRES BP-PM-011



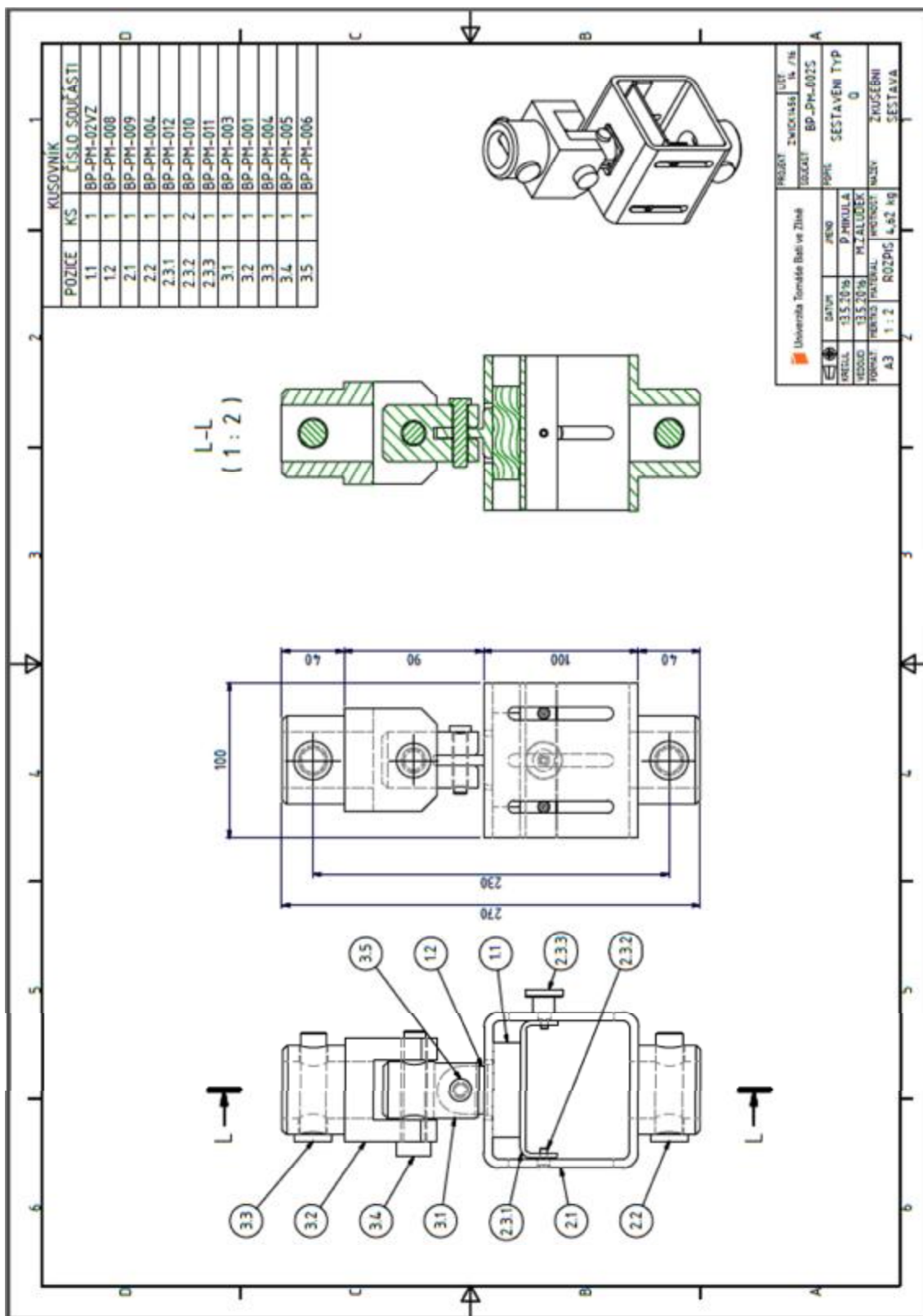
PŘÍLOHA P XII: VÝKRES BP-PM-012



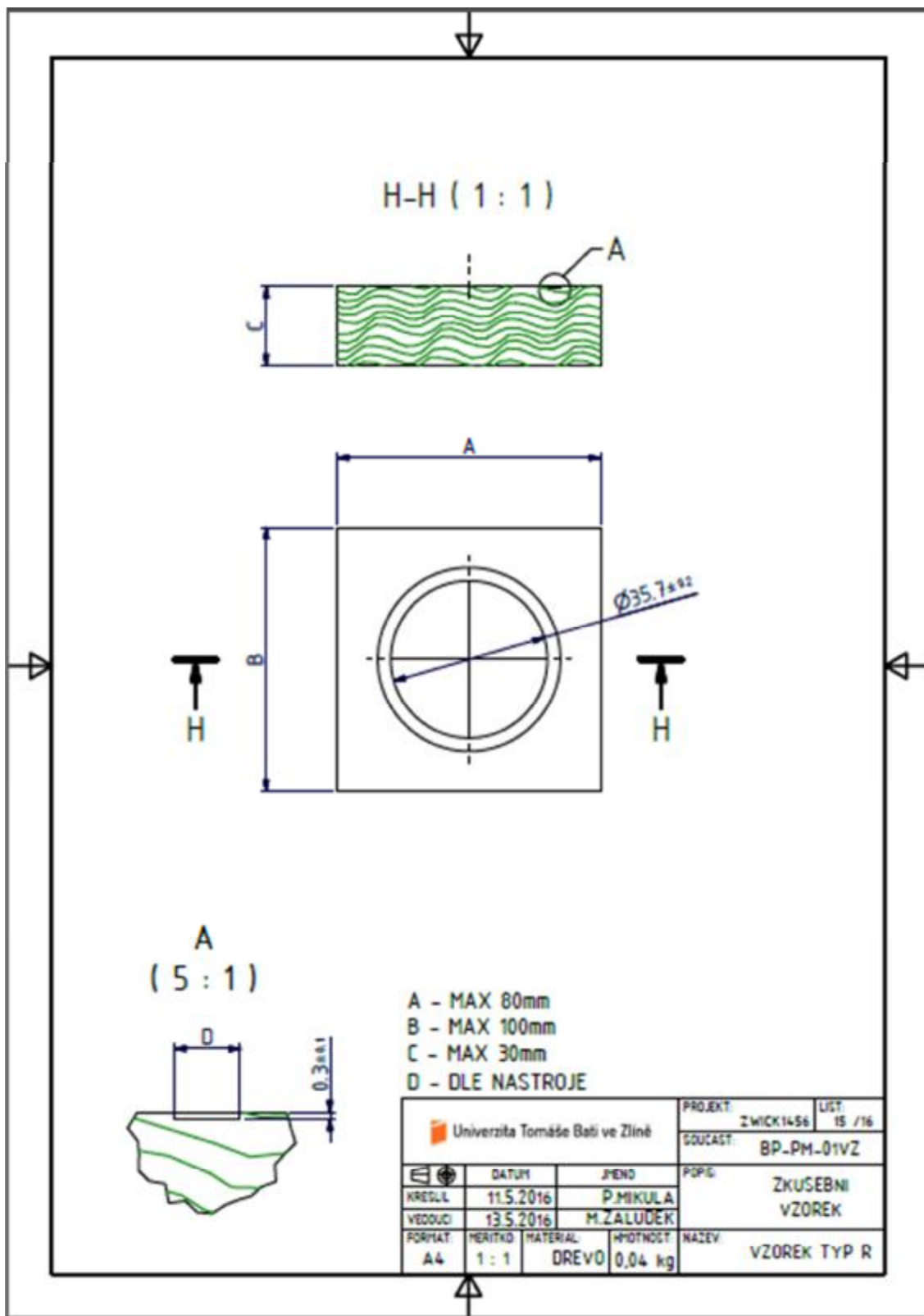
PŘÍLOHA P XIII: VÝKRES BP-PM-001S



PŘÍLOHA P XIV: VÝKRES BP-PM-002S



PŘÍLOHA P XV: VÝKRES BP-PM-01VZ



PŘÍLOHA P XVI: VÝKRES BP-PM-02VZ

