

Lisování kombinovaných kompozitů dřevo-polymer

Bc. Vítězslav Škrabal

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vítězslav Škrabal**

Osobní číslo: **T13635**

Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Výrobní inženýrství**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Lisování kombinovaných kompozitů dřevo-polymer**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma;
2. Připravte materiálové a technologický experiment;
3. Proveďte kontrolní ověření experimentu;
4. Získané výsledky vyhodnoťte a stanovte doporučení pro praktické účely.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce:

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

Datum zadání diplomové práce:

30. ledna 2015

Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2015

Ve Zlíně dne 30. ledna 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
Milan




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

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 užít 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, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 11. května 2015



.....

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 nevydělečně 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 nahlázení 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:

(1) Do práva autorského textu náležitostně řádky nebo řádkové či ustávané zářezky, užití-č. náhod na úroveň příkladů nebo například křivkami, křivkami nebo charakteristickými prvky, které se liší v rámci jedné či více částí díla vytvořených dílem nebo studiem (a) společně řádkových nebo studijních postrojení vyplývajících z jeho přebíhání určitého řádku nebo řádkového či ustávané zářezky (Machův dílo).

¹⁰ 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. Řádkový dílo:

(1) Řádkový nebo řádkový či ustávaný zářezek může za účelem poskytnutí přehledu na úrovni řádkového zářezku a užití řádkového díla § 60. Účel. (2) Účelová či autor náhodně dílo užití náhodně řádkového zářezku, pokud se jeho úroveň domnívá náhodně vyhodnotit právo, jeho dílo a úroveň. Úroveň § 60. Účel. a úroveň náhodně.

(2) Řádkový úroveň (text, má-li autor řádkový dílo náhodně užití či poskytnout řádkový zářezek, není-li to v zájmu a spravedlivě náhodně řádkový nebo řádkového či ustávané zářezky.

(3) Řádkový nebo řádkový či ustávaný zářezek jsou spravedlivě poskytnout, aby (a) autor řádkového díla a úroveň (b) dosáhlo v souvislosti s užitím díla či poskytnutím úroveň podle odstavce 1 příměrně přispěl na úroveň náhodně, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle odstavce 1 a) jeho náhodně úroveň, přitom se přizpůsobí k užití úroveň dosáhlo řádkový nebo řádkového či ustávané zářezky z užití řádkového díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh technologie rovinného a tvarového lisování kombinovaných kompozitů dřevo - polymer a zkoumání mechanických vlastností vyrobeného kompozitu. Práce je rozdělena na teoretickou část, která popisuje všeobecné znalosti o lisování kompozitních materiálů, výztužných materiálech, reaktivních pryskyřicích a materiálech na bázi dřeva a praktickou část, jež se zabývá zkoumáním mechanických vlastností kompozitu a praktickým lisováním zvolenou technologií. K porovnání vlastností kompozitů s odlišnou polymerní matricí je použita zkouška tříbodovým ohybem a zkouška na smyk metodou krátkého nosníku.

Klíčová slova: Lisování, výztuž, pryskyřice, dýha, forma

ABSTRACT

This Diploma thesis is focused on proposal of technology for linear and shape stamping of combined composite wood – polymer and research of their mechanical properties. The thesis is divided to theoretical part, which described general knowledge of composite material stamping, reinforced materials, reactive resins and about material on wood base. Then second practical part is focused on research of composite mechanical properties and practical stamping by chosen technology. To compare mechanical properties of composites with different polymer matrix is used three-point bending test and shear test by method of short beam.

Keywords: Stamping, reinforcement, resin, veneer, form

Rád bych poděkoval za odbornou pomoc, materiální zabezpečení, cenné rady a poskytnutí studijních materiálů Ing. Milanu Žaludkovi, Ph.D., doktorandům Ústavu výrobního inženýrství a panu Ing. Marku Poláškov, Ph.D. a jeho kolegům z firmy Woodexpert. Také bych chtěl poděkovat Jiřímu Procházkovi z České zemědělské univerzity v Praze za výrobu tvarové formy a Martinovi Schallhammerovi z Německa za výbornou spolupráci při testování vzorků. V neposlední řadě patří velké díky mým blízkým za podporu, trpělivost a pomoc při studiu a práci.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 LISOVÁNÍ KOMPOZITŮ	13
1.1 MOKRÉ LISOVÁNÍ	13
1.2 LISOVÁNÍ ZA STUDENA	13
1.3 NÍZKOTLAKÉ LISOVÁNÍ	13
1.3.1 Lisování pomocí vakuovaného vaku	14
1.3.2 Lisování pomocí tlakového vaku	14
1.3.3 Lisování v autoklávu	15
1.3.4 RTM (Resin Transfer Molding).....	16
1.4 LISOVÁNÍ ZA TEPLA	16
2 VÝSTUŽNÉ MATERIÁLY KOMPOZITŮ	18
2.1 KOMPOZITY DLE GEOMETRIE VÝZTUŽE	18
2.2 VLÁKNOVÉ VÝZTUŽE	18
2.2.1 Konstrukční požadavky	19
2.2.2 Skleněná vlákna	19
2.2.3 Aramidová vlákna	20
2.2.4 Borová vlákna	20
2.2.5 Vlákna karbidu křemičitého	20
2.2.6 Polyethylenová vlákna	21
2.2.7 Whiskery	21
2.2.8 Vlákna oxidu hlinitého	21
2.2.9 Uhlíková vlákna	21
2.2.10 PBO vlákna (Zylon)	22
2.3 DRUHY VÝZTUŽNÝCH MATERIÁLŮ	22
3 REAKTIVNÍ PRYSKYŘICE	24
3.1 TYPY REAKTIVNÍCH PRYSKYŘIC	24
3.2 NENASYCENÉ POLYESTEROVÉ PRYSKYŘICE (UP-R)	25
3.2.1 Vlastnosti nenasycených polyesterových pryskyřic.....	29
3.3 EPOXIDOVÉ PRYSKYŘICE (EP-R).....	29
3.3.1 Vytvrzování epoxidových pryskyřic	30
3.3.2 Vlastnosti epoxidových pryskyřic	33
4 DŘEVO	34
4.1 VLASTNOSTI DŘEVA	34
4.2 ROZDĚLENÍ MATERIÁLŮ NA BÁZI DŘEVA	35
4.3 DÝHA	36
4.3.1 Výroba dýh	36
4.3.2 Požadavky na dýhárenskou kulatinu	36
4.3.3 Výroba krájených dýh	37
4.3.4 Výroba loupaných dýh	39
4.3.5 Výroba řezaných dýh	41
4.3.6 Speciální typy dýh	42
5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	44

II PRAKTICKÁ ČÁST	45
6 CÍL PRÁCE	46
7 PŘÍPRAVA EXPERIMENTU	47
7.1 ROVINNÁ FORMA.....	47
7.2 TVAROVÁ FORMA.....	47
7.2.1 Dřevovláknité desky se střední hustotou (MDF)	49
7.3 VAKUOVÁ PUMPA.....	50
7.4 SKELNÁ TKANINA.....	51
7.5 DÝHA	52
7.6 REAKTIVNÍ PRYSKYŘICE A TVRDIDLA.....	53
7.6.1 Vinalkyd 550 PE-TALV-LE-B	53
7.6.2 Epoxidová pryskyřice L 285 (MGS).....	54
7.7 SEPARAČNÍ VOSK	55
7.8 MATERIÁL A POMŮCKY PRO VAKUOVÁNÍ.....	56
7.8.1 Těsnící páska	56
7.8.2 Odtrhová tkanina	56
7.8.3 Vakuová fólie	57
7.8.4 Vakuová hadice	57
7.8.5 Váha přesná.....	58
7.8.6 Ostatní pomůcky	58
8 LISOVÁNÍ, MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ.....	59
8.1 ROVINNÉ LISOVÁNÍ	59
8.1.1 Forma	59
8.1.2 Dýha a skelná tkanina	59
8.1.3 Epoxidový systém	60
8.1.4 Polyesterový systém.....	60
8.1.5 Kladení vrstev kompozitu	60
8.2 MĚŘENÍ.....	61
8.2.1 Měřicí zařízení	62
8.2.2 Normy	62
8.2.3 Vzorky.....	63
8.2.4 Zkouška tříbodovým ohybem	64
8.2.5 Zkouška zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti	64
8.3 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	65
8.3.1 Ohyb.....	66
8.3.2 Zdánlivá mezilaminární smyková pevnost.....	68
8.3.3 Shrnutí	69
8.4 TVAROVÉ LISOVÁNÍ	70
8.4.1 Forma	70
8.4.2 Dýha a skelná tkanina	70
8.4.3 Polyesterový systém.....	71
8.4.4 Kladení vrstev kompozitu	71
8.4.5 Shrnutí	72
ZÁVĚR	74
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	75

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	77
SEZNAM OBRÁZKŮ	79
SEZNAM TABULEK.....	81
SEZNAM PŘÍLOH.....	82

ÚVOD

Z historického hlediska se jeví polymerní materiály jako revoluční materiál. Jejich hlavní výhodou je nízká hmotnost, nižší náklady na výrobu a samotná výroba.

V oboru kompozitních materiálů platí, že nelze dobře konstruovat bez důkladné znalosti používané technologie výroby. To je samozřejmě známá pravda i pro klasické konstrukční materiály, ale v případě kompozitů je vzájemná souvislost ještě hlubší. Prvními materiály, které dávný člověk zpracovával, byly dřevo, kosti, kůže, rohovina a vlákna rostlin. Všechny tyto materiály bychom moderním jazykem označili za přirozené kompozity. Dřevo se stalo inspirací pro vláknové kompozity a je dodnes ceněným materiálem.

V současnosti se vzrůstajícím technologickým a technickým rozvojem se množství konstrukčních materiálů na bázi dřeva stále rychleji zvyšuje. Nově vznikající materiály mají specifitější vlastnosti odpovídající jejich různorodým způsobům využití. Vznikají kvalitnější voděodolná lepidla a hydrofobizační přísady, které se používají u materiálů vystavených podmínkám trvale se měnící vlhkosti. Tento výrazný pokrok ve vývoji materiálů na bázi dřeva dnes umožňuje jejich použití i v oblastech, kde bylo jejich využití dříve nepředstavitelné. Podobně jako u ostatních materiálů je ale nutné mít přesné znalosti o vlastnostech materiálů, které jsou předpokladem bezchybné konstrukce. Zvláště dřevo a materiály na bázi dřeva podléhají vlastním zákonitostem, na které se při zpracování musí dávat pozor.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LISOVÁNÍ KOMPOZITŮ

Lisování je technologie tváření materiálu ve formě účinkem dosedací síly za normální popř. zvýšené teploty. U kompozitů se lisování dělí na tzv. za mokra, za studena, za tepla a nízkého tlaku. [1]

1.1 Mokrý lisování

Při tomto postupu se vloží do formy jednotlivé vrstvy výztuže, nalije se pryskyřice a nástroj se uzavře. Lisovací tlak ve formě se pohybuje v rozsahu 0,5 až 2 MPa.

Lisování může probíhat:

- bez přívodu tepla – lisování za studena při teplotě 30 až 60°C;
- ve vytápěné formě – lisování za tepla při teplotě 80 až 150°C.

Pro snadnější vložení výztuže do formy se často využívají pretvarované díly (tvarovky).

Tvarovky se vyrábějí ze sekaných skleněných vláken nebo rohoží na předtvarovacím zařízení, kde se propojí vhodným pojivem. Tímto způsobem lze dosáhnout rovnoměrného rozložení výztuže u prostorově složitých prvků a snížení odpadu výztuže prořezem.

Při mokřím lisování je nutno dbát na přesné provedení přířezů výztuže a nanesení pojiva na výztuž tak, aby po uzavření lisu byla vyplněna celá forma. [1]

1.2 Lisování za studena

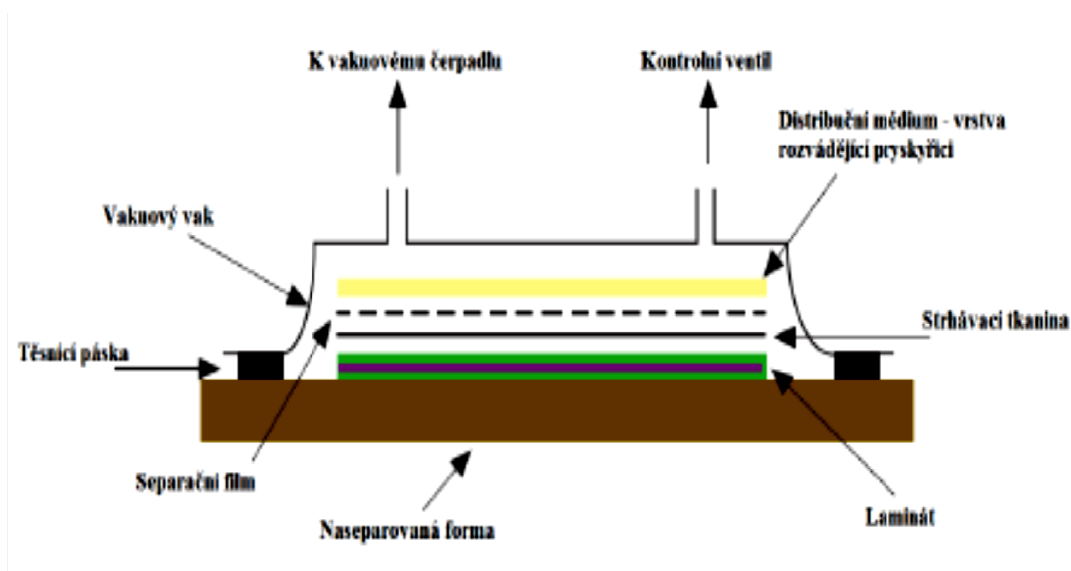
Lisování za studena je vhodné pro investičně nenáročnou výrobu a výrobu prototypů, pro pojiva s velmi krátkým vytvrzovacím a želatinačním časem a silně exotermním průběhem vytvrzovací reakce. Lisovací časy jsou závislé na reaktivitě pojiva, reakčních složkách a tloušťce stěny. Lisovací tlaky při lisování za studena se pohybují mezi 3 až 10 bary. Při relativně nízkého tlaku a teploty (max. 60°C) se používají lisovací nástroje vyrobené z plněných pryskyřic (plastbetonu) na rozdíl od ocelových forem u lisování za tepla. [1]

1.3 Nízkotlaké lisování

Pro dosažení kvalitních výlisků bylo vyvinuto několik technologických postupů, které využívají nízkého tlaku. Dělí se na technologie používající lisování pomocí vakuovaného vaku, vakuované dvoudílné pevné formy, tlakového vaku, lisování v autoklávu a celou řadu technologií používajících injektážní prosycování výztuže. [1]

1.3.1 Lisování pomocí vakuovaného vaku

Tato metoda používá jednodílnou formu jako metoda ručního kladení nebo stříkání. Laminát se překryje porézní separační fólií, na kterou se položí hrubá odsávací tkanina a forma se utěsní pomocí fólie a těsnění. Připojením na vývěvu se odsaje vzduch a laminát se zbaví přebytečných bublin. [1]



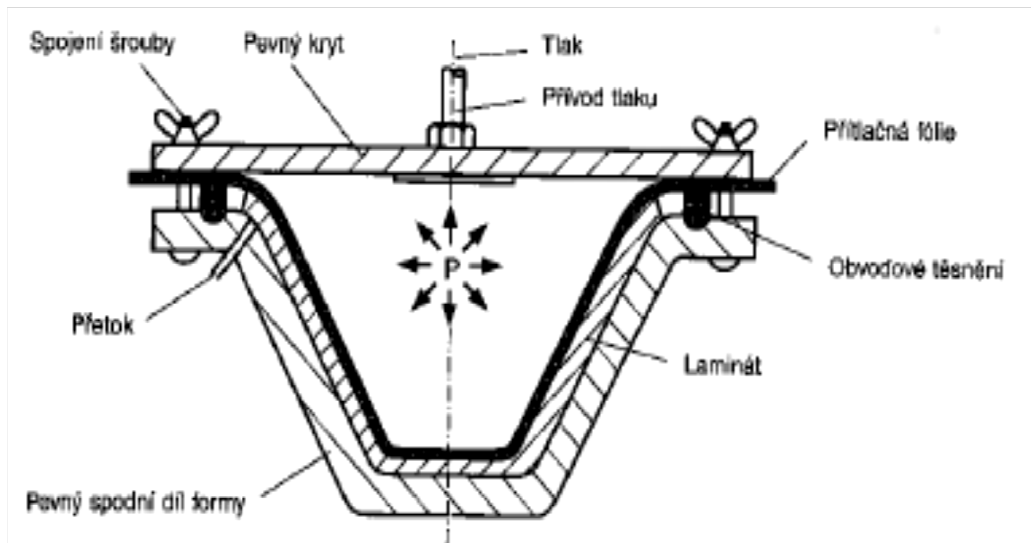
Obr. 1. Metoda vakuového vaku. [2]

Výhodami tohoto výrobního postupu je možnost připravit materiály s minimálním obsahem vzduchových bublin, umožňuje dosáhnout vyššího obsahu výztuží a všechny výhody ručního kladení jsou zachovány. Technologie je finančně nenáročná, vyjma investice do vakuové pumpy. [1]

Nevýhodami jsou velký obsah odpadu, vyžaduje velmi zručnou pracovní sílu a celý proces je velmi pomalý.

1.3.2 Lisování pomocí tlakového vaku

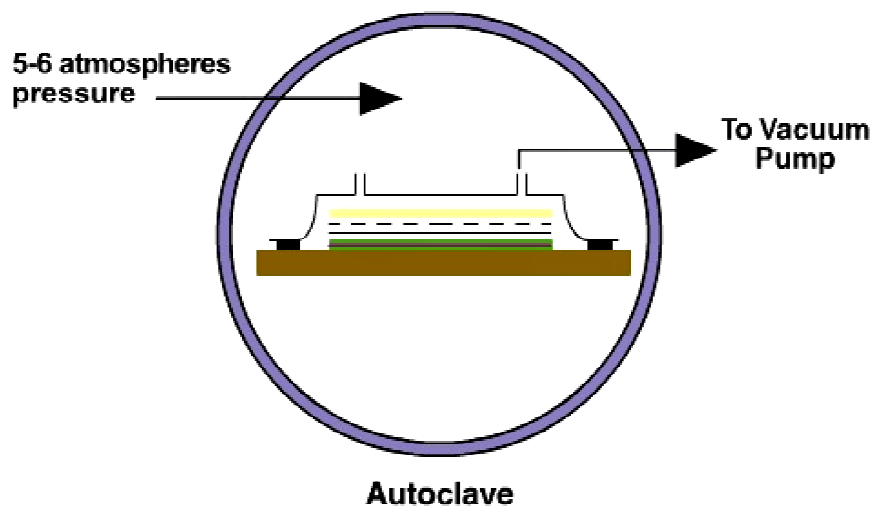
Tato metoda je v podstatě obrácenou variantou předchozí technologie. Při této technologii musí být negativní forma uzavřena krytem tak, aby bylo možno dosáhnout ve formě rovnoměrného přetlaku až 8 barů. Vysokým rozdílem tlaků se dosáhne ještě lepšího zhutnění laminátu, forma však v porovnání s předchozí technologií musí být podstatně stabilnější. [1]



Obr. 2. Lisování pomocí tlakového vaku. [1]

1.3.3 Lisování v autoklávu

Autokláv je vyhřívaná tlaková nádoba, u níž přesné a reprodukovatelné řízení teplotních, tlakových a varovacích cyklů umožňuje stabilizaci a vytvrzení kompozitních materiálů.



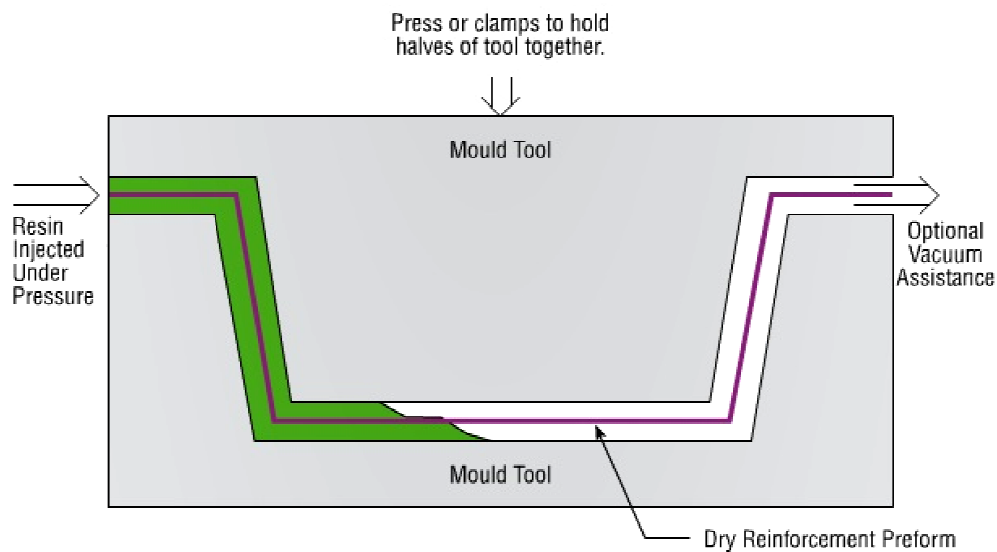
Obr. 3. Lisování prepregů v autoklávu. [3]

Lisování v autoklávu vyžaduje vysoké základní investice a dovoluje pouze malosériovou výrobu. Umožňuje výrobu vysoce kvalitních výlisků za reprodukovatelných výrobních podmínek. Kombinací přetlaku, teploty a případného vakua se dosáhne zvláště účinného zhutnění a odstranění vzduchových bublin z laminátu. Vytvrzovací teplota termosetických materiálů se pohybuje kolem 180°C, u vysoce odolných systémů jsou zpracovatelské teploty podstatně vyšší. Typické lisovací tlaky leží mezi 2 až 25 bary, podtlak kolem $2 \cdot 10^{-3}$ bar. [1]

Velkou předností této technologie je možnost současného spojení a vytvrzení i velmi složitého vylisku včetně vnitřních vystužujících žeber. [1]

1.3.4 RTM (Resin Transfer Molding)

Tato technologie spojuje vlastnosti lisování a vstřikování. Jde o technologii s uzavřenou formou, při které se při použití polyesterových a vinylesterových pryskyřic do okolního prostoru neuvolňuje reaktivní rozpouštědlo. Ohřátá pryskyřice a ohřáté tvrdidlo se pomocí nízkotlakých čerpadel dopravují do mísící hlavy bezprostředně před injektáží směsi do ocelové nebo hliníkové formy. Výhodou RTM je, že oba povrchy dílů jsou hladké a rozměry dílů jsou přesné. Podíl vystužujících vláken (a tedy mechanické vlastnosti dílu) je obvykle menší než při kladení jednosměrných prepregů, při navíjení a při pultruzi. Jako výztuž se používají tkaniny nebo rohože. Výztuž je obvykle předtvarována (tzv. preforma). [4]



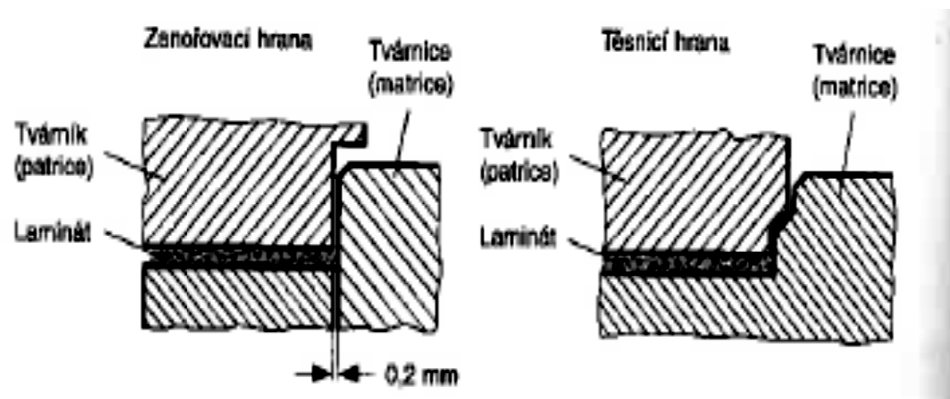
Obr. 4. RTM technologie. [3]

1.4 Lisování za tepla

Tato technologie patří mezi nejproduktivnější metodu velkosériové výroby malých a středně velkých dílů. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady na lisy a formy.

Při lisování za tepla se používají výhradně hydraulické lisy a ocelové formy, jejichž povrch je tvrdě pochromován a vyleštěn. Vytvrzovací reakce je iniciována přívodem tepla zvenčí. Používané formy musí být proto vyhřívány elektricky, olejem nebo párou. Nejčastěji se používá parní nebo olejové vyhřívání, protože poskytuje rovnoměrný a levný ohřev. Pro

zlepšené odformování výlisků slouží mechanické vyhazovací zařízení nebo stlačený vzduch. [1]



Obr. 5. Zanořovací a těsnící hrana formy. [1]

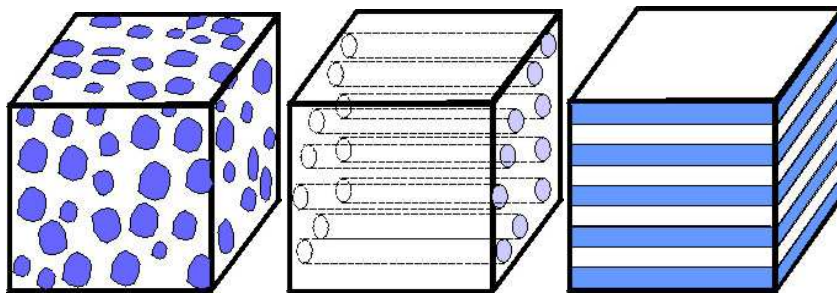
Lisovací teplota se pohybuje u polyesterových pryskyřic v rozmezí 130 až 160°C, u epoxidových pryskyřic 125 až 200°C. Je nutno rozlišit zpracování kapalných pryskyřic (mokré lisování) a lisování předimpregnovaných výztuží, většinou rohoží, tzv. SMC (sheet moulding compounds), nebo lisovacích směsí – premixů BMC (bulk moulding compounds). SMC se zpracovávají převážně na hydraulických lisech ve vytápěných ocelových formách. Lisovací tlaky se pohybují podle složení a požadované stěkavosti v rozmezí 30 až 140 barů. Vyšší obsah plniv, skleněné výztuže, velké žebrování nebo tloušťka stěny, potřebují vyšší lisovací tlaky. Výlisky z SMC patří vzhledem ke svým dobrým mechanickým vlastnostem a relativně příznivé ceně mezi nejčastěji používanými termoplastickými kompozity. [1]

2 VÝSTUŽNÉ MATERIÁLY KOMPOZITŮ

Pod pojmem kompozitní materiály (kompozity) rozumíme heterogenní materiály složené ze dvou nebo více fází, které se vzájemně výrazně liší svými mechanickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Obvykle je jedna fáze v kompozitu spojitá, což je matrice. Další fáze, která je nespojitá, se nazývá výztuž. V porovnání s matricí má výztuž obvykle výrazně lepší mechanické vlastnosti (modul pružnosti, pevnost, tvrdost atd.). Pro kompozity je charakteristický tzv. synergismus, což znamená, že vlastnosti kompozitu jsou lepší než by odpovídalo pouhému poměrnému sečtení vlastností jednotlivých složek. [5]

2.1 Kompozity dle geometrie výztuže

- **Částicové** – jeden rozměr útvarů výztuže výrazně nepřesahuje rozměry ostatní. Vyztužující částice pak mohou mít tvar kulovitý, destičkovitý, tyčinkovitý i nepravidelný.
- **Vláknové** – jeden rozměr výztuže je výrazně větší než rozměry zbývajících. Vláknové kompozity dále dělíme na kompozity s *krátkými vlákny* a kompozity s *dlouhými vlákny*.
- **Vrstvené** – jsou složeny ze dvou či více vrstev, přičemž vrstva má dva rozměry značně větší než rozměr třetí. [5]



Obr. 6. Částicové, Vláknové a Vrstvené kompozity. [2]

2.2 Vláknové výztuže

Vlákna přenášejí především tahové zatížení v podélném směru a tvoří 40 až 60 % objemu kompozitu.

2.2.1 Konstrukční požadavky

- Pevnost
- Tuhost
- Houževnatost
- Creep
- Únava
- Nízká cena
- Prostup světla
- Korozivzdornost
- Rádioprůzračnost
- Elektrická vodivost

2.2.2 Skleněná vlákna

Vyrábí se rychlým tažením z taveniny, díky této jednoduché výrobě patří k levnějším. Pro kompozity s polymerními matricemi tzv. sklolamináty, se využívá vláken z bezalkalických skel (tzv. E-sklo), která obsahují SiO_2 , Al_2O_3 , CaO a MgO . Tyto kompozity se využívají např. při výrobě letadel, lodí, automobilů, sportovního náčiní atd. Nevýhodou je poměrně nízký modul pružnosti, proto jsou pro konstrukce s vysokými nároky na tuhost vyráběny tzv. hybridní kompozity, které jsou vyztuženy skleněnými a uhlíkovými vlákny (pro výrobu kompozitu je použito více typů vláken). Tyto kompozity mají dostatečnou tuhost a jsou poměrně levné. Skleněná vlákna mají izotropní vlastnosti (např. modul pružnosti ve směru osy vláken má stejnou hodnotu jako ve směru kolmém k vláknům) a jejich pevnost závisí na průměru vlákna, protože menší vlákno má menší povrch a tak obsahuje méně defektů. [5]



Obr. 7. Skleněná vlákna. [3]

Nevýhodou těchto vláken je hydrofilní povrch, protože absorbovaná voda snižuje povrchovou energii skla, což vede ke špatnému smáčení matricí. Výroba skleněných vláknových výztuží spočívá v tavení sklářského kmene při teplotě cca 1600 °C, kdy vzniká tekutá sklovina, která prochází platinovou píčkou, kde jemné mikrosíto produkuje vlákna. Tato vlákna jsou chlazená, potažena tenkou vrstvou lubrikantu a formována do svazku. [5]

2.2.3 Aramidová vlákna

Aramid je aromatický polyamid, což je syntetický materiál. Mezi jeho vlastnosti patří vysoká pevnost, vysoký Youngův modul pružnosti, nízká měrná hmotnost, žáruvzdornost, citlivost na UV záření a na vlhkost. Používá se nejen na výrobu kompozitů, ale také na výrobu ochranného oblečení, provazů nebo jako náhražka azbestu. [5]



Obr. 8. Aramidová vlákna. [3]

2.2.4 Borová vlákna

Jsou vyráběny postupem CVD (Chemical Vapour Deposition), kdy reaktorem ohřívaným na teplotu zhruba 1050 °C prochází tenké wolframové vlákno, které slouží jako substrát. Zároveň je v reaktoru chlorid boritý redukován vodíkem za tvorby elementárního bóru na wolframovém substrátu. Vzniklé bórové vlákno má wolframové jádro, proto je někdy označováno symbolem B/W. Dříve se tyto vlákna používala do hliníkových slitin pro výrobu raketoplánů, dnes se jimi vyztužují epoxidové pryskyřice např. pro výrobu sportovního náčiní. [5]

2.2.5 Vlákna karbidu křemičitého

Technologie výroby záleží na tom, zda jsou vlákna kontinuální nebo krátká. Kontinuální vlákna jsou vyráběna např. metodou CVD (podobně jako u bórových vláken). Zdrojem křemíku a uhlíku jsou alkylsilany, ty jsou v reaktoru redukovány vodíkem při teplotě cca

1300 °C a vzniklý karbid křemíku se usazuje na uhlíkovém substrátu, tyto vlákna se značí SiC/C. [5]

2.2.6 Polyethylenová vlákna

Jde o vlákna s vysokou pevností. Tyto vlákna mají dobré chemické vlastnosti, odolávají kyselinám i zásadám. Využívají se jak na výrobu výztuží, tak i na výrobu např. lan, rybářských sítí a především na výrobu technických výrobků. [5]

2.2.7 Whiskery

Vyrábí se z rýžových slupek žíháním při teplotě cca 1600 °C v inertní atmosféře, tak dojde k rozkladu organických látek a přeměně přítomného SiO na vláknitý oxid křemíku. Tato vlákna mají špičkové pevnostní vlastnosti, protože mají nízkou koncentrací defektů. Používají se jako výztuže matric z hliníkových slitin např. pro výrobu tepelně a mechanicky namáhaných částí spalovacích motorů a dále jako výztuže keramických matric (Al_2O_3) pro vysokoteplotní aplikace. [5]

2.2.8 Vlákna oxidu hlinitého

Při výrobě se využívají organohlinité sloučeniny, tyto zahuštěné viskózní roztoky jsou rozvlákněny a poté tepelně rozloženy. Takto vyrobená vlákna obvykle obsahují podíly dalších oxidů (SiO_2 , B_2O_3 , Fe_2O_3). Tyto výztuže se používají pro vyztužení keramických nebo kovových (Al, Mg) matric. [5]

2.2.9 Uhlíková vlákna

Vyrábí se pyrolýzou organických vláken v inertní atmosféře (Ar , N_2) při teplotě až 2000 °C. Pro výrobu vláken vysoké kvality jsou jako suroviny využívána vlákna z polyakrylonitrilu ($-\text{[CH}_2\text{CHCN]}_n-$), jejichž vlastnosti závisí na použitých teplotách žíhání. Čím vyšší je teplota, tím vyšší je modul pružnosti, avšak zároveň se snižuje pevnost vláken. Optimální teploty pro získání maximální pevnosti jsou cca 1500 °C. Vlákna vyráběná z polyakrylonitrilu se označují jako C(PAN). Levnější uhlíková vlákna jsou vyráběna pyrolýzou zbytků po destilaci ropy, smol, dehtu atd. Uhlíková vlákna se řadí mezi nejperspektivnější výztuže pro všechny typy matric, jsou poměrně drahá, ale vyznačují se výbornými mechanickými vlastnostmi, nízkou hmotností a vysokou tepelnou stabilitou, proto se využívají v leteckém a kosmickém průmyslu. Pro extrémní teplotní namáhání

(brzdové obložení velkých dopravních letadel) se využívá kompozit C-C, což je uhlíková matrice vyztužená uhlíkovými vlákny. [5]



Obr. 9. Uhlíková vlákna. [3]

2.2.10 PBO vlákna (Zylon)

Zylon vyvinula v roce 1990 firma Dow Chemical Co. a je obchodním označení textilního vlákna s chemickým složením poly(p-fenylene-benzobisoxazol), zkráceně **PBO**. Tyto vlákna mají vysokou pevnost (5,5 GPa) a nízkou hustotu (1560 kg / m³). [6]

Zylon se vyrábí ve dvou variantách (HM a AS), snáší teploty až 650 °C a jeho největším nedostatkem je nízká odolnost proti účinkům ultrafialového záření a vlhkosti. Výrobce zylonu uvádí velmi široké možnosti použití ve formě tkanin a kompozitů od tlakových nádob, ochranných oděvů proti horku a ohni přes nářadí ke sportu až ke složitým součástem staveb letadel, vesmírných lodí nebo mostů. Lanka ze zylonu se používá ve formuli 1., kde slouží k uchycení kol, aby při nárazu neodlétla. [7]

2.3 Druhy vyztužných materiálů

Následující pojmy platí pro většinu typů vláken:

- **Příze** – vyrábí se spřádáním z vláken a zpracovává se dále na tkaniny, pásy a pletené výrobky; [1]
- **Nítě (skaná příze)** – vyrábějí se jedno nebo víceřadově, skládají se z jedné nebo více přízí, které jsou společně spředeny. Zpracovávají se dále podobně jako příze (ČSN EN ISO 2078); [1]

- **Roving (pramenec)** – skládá se z 20 až 60 konců, sdružených z rovnoběžně uložených nestočených vláken nebo tažených přímo z taveniny (6 až 12000 elementárních vláken). Zpracovává se buď sekáním nebo tkaním, navíjením nebo tažením nekonečného pramence (GF - ČSN EN 14020-1 až 3, CF - ČSN EN 13002-1-2, AF - ČSN EN 13003-1 až 3); [1]
- **Sředený roving** – vyrábí se z vláken stočených kolem podélné osy; [1]
- **Rohože ze sekaných pramenců** – netkané plošné výrobky o hmotnosti 300 až 900 g.m⁻². Vyrábějí se z 25 nebo 50 mm dlouhých sekaných vláken nepravidelně plošně uložených. Vlákna jsou uložena do vrstev, postříkána pojivem a po vysušení v pásové sušárně spojena tak, že je možno vzniklo rohož, podobnou plsti, navíjet do rolí, které jsou připraveny pro okamžité další použití (ČSN EN 14118-1 až 3); [1]
- **Rohože z kontinuálních vláken** – skládají se z nekonečných skleněných vláken, která jsou uložena nepravidelně bez jakékoliv orientace ve smyčkách v několika vrstvách a jsou vzájemně spojena pojivem. Tvarují se lépe než rohože ze sekaných pramenců; [1]
- **Povrchové (závojevé) rohože** – netkané plošné výrobky o hmotnosti 20 až 50 g.m⁻² ze skleněných vláken nebo termoplastových vláken, které se pokládají do povrchové vrstvy laminátu s vysokým obsahem pryskyřice, aby se zamezilo vzniku trhlin. Zabraňují prorážení struktury hrubší výztuže na povrch a zesilují tenké vrstvy. Termoplastové povrchové rohože z polyetylentereftalátu (PET) nebo polyakrylonitrilu (PAN) se zvyšují odolnosti proti obrusu, jsou však při teplotě nad 40 °C citlivé na hydrolýzu a mají nízkou odolnost proti rozpouštědlům. Rohože z C- a ECR-skloviny dobře odolávají kyselým a alkalickým roztokům. Stejnou nebo lepší odolnost vykazují dobře provedené tenké vrstvy – gelcoaty – o tloušťce 0,3 až 0,6 mm; [1]
- **Krátká vlákna** – mletá a na jednotlivá elementární vlákna rozptýlená vlákna o různé délce (0,1 až 5 mm), používaná pro vyztužení termoplastů; [1]
- **Tkaniny** – plošné výrobky z vláken nebo pramenců uložených pravouhle v útku a osnově, které působí výztužně ve dvou směrech. Zvýšením počtu vláken v osnově vznikají rozdílné typy křížení vláken, které se nazývají vazby. Tkaniny jsou v porovnání s jednosměrně orientovanou výztuží snáze zpracovatelné. [1]

3 REAKTIVNÍ PRYSKYŘICE

Původně se pro kompozity používaly pouze vyztužené nenasyčené polyesterové (UP-R) nebo epoxidové (EP-R) pryskyřice. Tyto reaktivní pryskyřice tvoří i dnes většinu kompozitních aplikací. Mají tu přednost, že jsou ve výchozím stavu nízkomolekulární a většinou při normální teplotě v tekutém stavu. Kapalné nebo tavitelné reaktivní pryskyřice tvoří skupinu termosetů, které se buď samostatně, nebo za pomoci jiných složek – *tvrdidel*, tj. iniciátorů, katalyzátorů, urychlovačů, aldehydů (fenolů) apod. – vytvrzují polyadici nebo polymeraci bez odštěpení těkavých složek. Reaktivní pryskyřice nazýváme také *licí, laminační, impregnační, prosyccovací* nebo *zalévací (elektro) pryskyřice*. [1]

3.1 Typy reaktivních pryskyřic

Mezi nejdůležitější typy reaktivních pryskyřic patří: [1]

- **Nenasycené polyesterové pryskyřice (UP-R)** – jednou jejich složkou je nenasyčená karbová kyselina (většinou vícesytná) a nejméně jednou další složkou je alkohol (nejčastěji vícemocný). Pryskyřice je rozpuštěna v monomerním rozpouštědle (často ve styrenu), se kterým je kopolymerizovatelná.
- **Vinylesterové (VE-R) nebo fenakrylátové (PFA-R) pryskyřice** z fenylových nebo fenylenových derivátů – jako koncovou skupinu řetězce mají esterifikovanou kyselinu akrylovou. Pryskyřice je rozpuštěna v monomerním rozpouštědle (často ve styrenu), se kterým je kopolymerizovatelná.
- **Epoxidové pryskyřice (EP-R)** – obsahují dostatečné množství epoxidových skupin potřebných pro vytvrzení.
- **Fenolické pryskyřice** – vyrábějí se kondenzací fenolů a vodných roztoků aldehydů.
- **Metakrylátové pryskyřice (MA-R)** – vyrábějí se z polymerizovatelné směsi polymerních a monomerních esterů kyseliny metakrylové.
- **Izokyanátové pryskyřice** – obsahují dostatečné množství izokyanátových skupin potřebných pro vytvrzení.

3.2 Nenasycené polyesterové pryskyřice (UP-R)

Tyto reaktivní pryskyřice jsou bezbarvé, až slabě nažloutlé roztoky v reaktivních rozpouštědlech, které je možno vytvrzovat za normální nebo zvýšené teploty, aniž by vznikaly těkavé vedlejší produkty. Při vytvrzování se uvolňuje reakční teplo a dochází k objemovému smrštění o 5 až 9 %. Vysokoviskózní pryskyřice se rozpouštějí ve styrenu, který současně působí při vytvrzování jako kopolymerační monomer. Vytvrzují se radikálovým mechanismem. Vzhledem k nízké viskozitě, dobrému smáčení vláken, vysoké rychlosti vytvrzování a přiměřeně nízké ceně jsou UP-R v mnoha případech nejčastěji používaným materiálem pro kompozitní aplikace. [1]

UP-R (ČSN EN ISO 3672-1,2) jsou známy již od roku 1936 v kompozitech se uplatňují nejvíce. Přes 70 % výroby těchto pryskyřic je zpracováno ve formě kompozitů.

Existuje mnoho typů polyesterových pryskyřic s nejrůznějšími vlastnostmi, které se liší druhem základní molekuly. Nenasycené polyesterové pryskyřice se vyrábějí reakcí dikar-bonových kyselin s glykoly. Kromě kyseliny maleinové, resp. jejího anhydridu, se používají nejčastěji (vzhledem k nízké ceně) anhydridy kyseliny ftalové. Použití kyseliny orto-ftalové zlepšuje zpracovatelské vlastnosti a zvyšuje chemickou odolnost, kyselina terahydroftalová zvyšuje houževnatost a tepelnou odolnost, kyseliny izoftalová a tereftalová jsou základem pro velmi kvalitní kompozity odolné proti hydrolýze. Levnou surovinou je i dicyklopentadien (DCPD), který spolu s nenasycenými kyselinami a glykoly tvoří produkt používaný pro povrchy s nízkým prorážením struktury výztuže, který se např. používá při stavbě lodí. [1]

Důležitou úlohu ve stavbě makromolekuly hraje délka polyesterového řetězce, obsah dvojných vazeb a další detaily stavby molekuly, např. flexibilní prvky. Nenasycená polyesterová pryskyřice je tím reaktivnější, čím vyšší je obsah polymerizovatelných dvojných vazeb ve výchozích surovinách. Se stoupající reaktivitou se zvyšuje hustota sítě kopolymeru, zvětšuje se množství uvolněného reakčního tepla a smrštění polymeru. Takové vysoce re-aktivní pryskyřice mají vysokou teplotu skelného přechodu a dobrou tuhost. Vzhledem k vysokému počtu síťovacích míst potřebují vytvrzovat nebo dotvrzovat při vysoké teplotě, kdy je dosaženo dostatečně vysokého stupně volnosti molekuly. Kromě toho lze hustotu sítě řídit i stupněm vytvrzení. [1]

Lisovací hmoty z nenasycených polyesterových pryskyřic je nutno zcela vytvrdit, a zamezit tak možným změnám při jejich aplikaci (dodatečné smrštění, nasákavost, snížená

chemická odolnost). Vytvrzování většiny těchto hmot je při pokojově teplotě silně zpomaleno působením vzdušného kyslíku, nezakryté plochy zůstávají lepivé. [1]

Viskozita pryskyřice je z větší části závislá na obsahu styrenu, který se pohybuje v rozsahu 30 až 50 %. Aby byla pryskyřice snadněji zpracovatelná a lépe prosycovala vlákna, může zpracovatel snížit viskozitu směsi pryskyřice zvýšením obsahu styrenu v určitých hranicích (vyšší obsah styrenu však působí zkřehnutí). [1]

Výběrem výchozích materiálů a pomocí různých přísad lze u nenasyčených polyesterových pryskyřic měnit zpracovatelnost i vlastnosti vyrobených lisovacích hmot ve velkém rozsahu. Přísady se často používají jako objemové plnivo i jako zlevňující materiál. Zvyšují mj. viskozitu, a ovlivňují tak zatékavost a zpracovatelnost. Mezi důležitá plniva patří křída, kaolin a hydroxid hlinitý (ten v přídatku 1:1 snižuje především hořlavost). Přísady snižují smrštění (zvýšená rozměrová stálost při zpracování) a součinitel tepelné délkové roztažnosti (zvýšená rozměrová stálost při používání). [1]

Kromě přísad je možno měnit vlastnosti nenasyčených polyesterových pryskyřic změnou chemické struktury a přidávkem aditiv (tab. 1). Typické vlastnosti nenasyčených polyesterových pryskyřic z různých výchozích materiálů jsou popsány v tab. 2. [1]

Tab. 1. Ovlivnění vlastností nenasyčených polyesterových pryskyřic modifikací. [1]

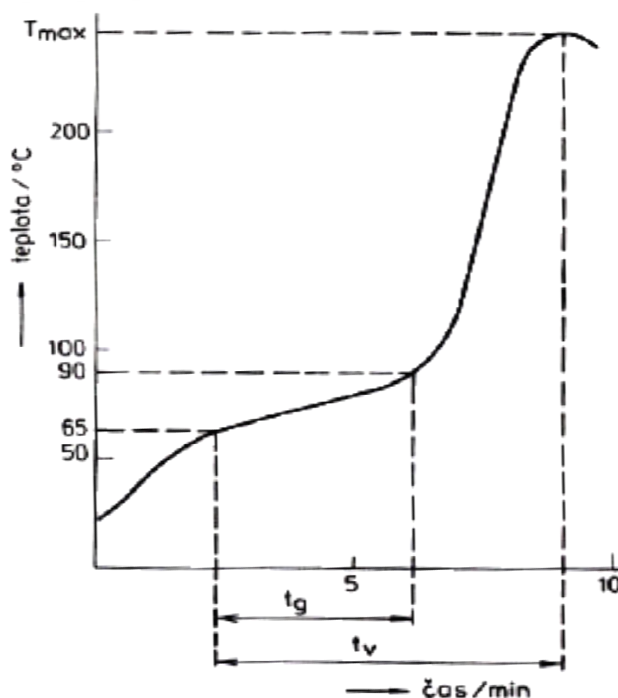
Vlastnosti pryskyřice		Dosažitelná změnou skladby	Dosažitelná pomocí přísad
Důležitá pro zpracování	Nízkoviskozní	Nízkomolekulární pryskyřice	Přídavek styrenu
	Tixotropní	Nevhodné	Vysokodisperzní kyselina křemičitá
	Se sníženou emisí	Nevhodné	Parafin
	Rychle tvrdnoucí, resp. krátká zpracovatelnost	Nevhodné	Urychlovač
	Dlouhá zpracovatelnost	Nevhodné	Inhibitory
	UV-vytvrzovaná	Fotoreaktivní funkční skupiny	Fotoiniciátory
Důležitá pro tepelně mechanické vlastnosti	Tvarově stálá za vysoké teploty	Vysoce reaktivní vysokomolekulární pryskyřice, např. na bázi kyseliny izoftalové a na bázi neopentylglykolu	Nevhodné
	Flexibilní	Nízkoreaktivní pryskyřice kyseliny adipo-vé a trietylenglykolu	
	Chemicky odolná	Vysoce reaktivní pryskyřice, např. na bázi kyseliny izoftalové, neopentylglykolu a cyklických diolů	
Důležitá pro dlouhodobé chování	Světlostálá	Nevhodné	UV absorbér
	Nehořlavá	Nevhodné	Hydroxid hlinitý, chlorparafin

Tab. 2. Vlastnosti a použití různých nenasyčených polyesterových pryskyřic. [1]

Vlastnosti Základní složky	η (mPa.s)	HDT/Tg (°C)	σ_{Pt} (N.mm ⁻²)	E (N.mm ⁻²)	δ (%)	Použití
Kyselina ortoftalová, standardní glykoly	540 až 610	63/93	70	4300	2,0	Nízko- až středně reaktivní, použitelná pro méně namáhané konstrukční prvky; stavba lodí
	700 až 900	90/122	85	4400	2,4	Středně až vysoce reaktivní, sklon k vzniku trhlin; nádrže, potrubí, výlisky
	240 až 290	108/130	80	3470	4,2	Vysoce reaktivní, nízko-viskozni, dobré prosycování při ruční laminaci a injektování, lze hodně plnit
Dicyklopentadien	450 až 1000	70/-	66	3500	3,0	Dobré zesíťování, nízké proražení výztuže; především pro stavbu lodí
Kyselina tereftalová	540 až 610	125/-	60	3350	2,1	Vysoká tepelná odolnost; pro laminátové nádrže, potrubí (hlavně na uhlíkovodíky)
Kyselina maleinová, standardní glykoly	1150 až 1400	145/-	55	3400	1,7	Základní pryskyřice pro lisovací hmoty (SMC) s malým smrštěním (třída A)
Kyselina izoftalová, standardní glykoly	3000 až 3600	130/150	60	3700	1,8	Vysokoviskozni pryskyřice pro lisovací hmoty (SMC/BMC), dobrá odolnost proti hydrolyze

K vytvrzování UP-R dochází radikálovou kopolymerací dvojných vazeb v pryskyřici s dvojnými vazbami molekuli styrenu. Jako dárce (donor) radikálů („tvrdidlo“) se používají organické peroxidy (R-O-O-R), které se rozpadají na radikály (RO-) působením urychlovače a tepla nebo pouze teplem. Takový radikál je schopen otevřít dvojnou vazbu, která může dále reagovat. Radikálů přibývá řetězovou reakcí. Rychlost vytvrzování může být ovlivněna v širokém rozsahu kromě teploty i množstvím přidaného katalyzátoru a zejména urychlovače; tentýž pryskyřičný systém se může zásadně vytvrzovat několik minut nebo několik dnů. Pro prodloužení doby zpracovatelnosti se přidávají inhibitory, které pohlcují vznikající radikály, a tak zpomalují vytvrzovací reakci. [1]

Na formulaci pryskyřice a kombinace vytvrzovacího systému závisí, zda bude nutné provádět vytvrzování za studena nebo za tepla.



Obr. 10. Vytvrzovací charakteristika. [8]

Je bezpodmínečně nutno přidávat iniciátor a urychlovač postupně odděleně. Nejprve smístit urychlovač a pryskyřici, potom přidat iniciátor. Pokud se dostane do přímého kontaktu iniciátor s urychlovačem, může dojít až k výbušnému rozkladu. [1]

Nenasycené polyesterové pryskyřice vykazují při zpracování vysoké objemové smrštění 6 až 9 %, k němuž dochází společným působením chemické reakce a tepelného ochlazení. Pod vlivem mnoha dvojných vazeb, které se vyskytují v molekule polyesteru, přichází pryskyřice do stavu gelu již v době, kdy ještě není mnoho vazeb spojeno, zatímco několik málo síťovacích míst výrazně snižuje pohyblivost řetězců. Již při poměrně nízkém stupni vytvrzení není pryskyřice schopna téci, a proto není zpracovatelná. Tím a skutečností, že smrštění po zgelování může být vyrovnáno dodatečným přítokem materiálu, vznikají často problémy s tvarovou stálostí – je to závažný problém, zejména při práci s uzavřenými formami. [1]

Přídavkem plniv, vyztužujících vláken a speciálních aditiv lze smrštění snížit u standardních lisovacích hmot na 0,15 až 0,3 %. Pro velmi kvalitní aplikace SMC se proto používají speciální pryskyřičné systémy se sníženým smrštěním, rozlišují se aditiva s nízkým délkovým smrštěním (low-shrink-LS) a nízkým objemovým smrštěním (low-profile-LP). Smrštění při zpracování se tím sníží na 0,06 až 0,04 % (LP). Částice

termoplastu, jemně rozptýlené v pryskyřici, se v průběhu vytvrzování nesmršťují, ale vytvářejí působením tepla dutiny, které smrštění vyrovnávají. [1]

3.2.1 Vlastnosti nenasyčených polyesterových pryskyřic

- Levné, spolehlivé a mnohostranně použitelné licí pryskyřice;
- velká variabilita při zpracování, možnosti volby obsahu jednotlivých složek - styrenu a katalyzátoru/urychlovače;
- velké smrštění při zpracování (5 až 9 %) z velké části po zgelovatění;
- dobrá odolnost proti povětrnosti, částečně neodolávají alkalickému namáhání;
- velké nároky na životní prostředí působením styrenu. [1]

3.3 Epoxidové pryskyřice (EP-R)

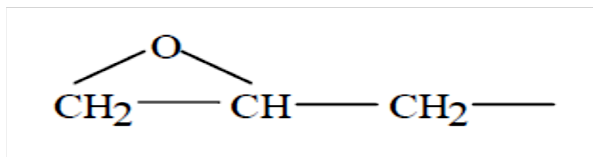
Epoxidové pryskyřice jsou za normálních teplot kapalné až pevné látky, které mohou obsahovat přidané pomocné látky, např. rozpouštědla. V molekule obsahují nejméně jednu, většinou však dvě epoxidové skupiny, nutné jako funkční skupiny pro stavbu makromolekuly. Tvrdidlo se přidává v kapalné nebo pevné formě a obsahuje v molekule aktivní vodíkové ionty, které reagují s epoxidovými skupinami pryskyřice. [1]

Epoxidové pryskyřice patří mezi velmi hodnotné termosety s velice dobrými mechanickými vlastnostmi, vysokou rozměrovou stálostí a přílnavostí k podkladu. Důležitými aplikačními oblastmi jsou zalévací hmoty pro elektroniku, výroba forem a nástrojů a různé povlaky, zejména pro práškové nanášení. [1]

Epoxidové systémy se skládají ze vzájemně reagujících molekul pryskyřice a tvrdidla, proto se musí EP-R mísit s tvrdidlem v přesném stechiometrickém poměru. Protože jsou jak pryskyřice, tak tvrdidla nejrůznějšími chemickými sloučeninami, tvoří epoxidové systémy velmi početnou skupinu materiálů. [1]

Epoxidové pryskyřice lze v zásadě rozdělit na 2 skupiny: [8]

- typy obsahující glycidylové (2,3-epoxipropylové) skupiny připravené reakcí epichlorhydrinu s vhodnými surovinami;



Obr. 11. Glycidylová (2,3-epoxypropylová) skupina. [1]

- typy obsahující epoxidové skupiny, připravené epoxidací nenasycených sloučenin.



Obr. 12. Epoxidová skupina. [1]

Mezi nejdůležitější druhy EP-R patří **bisfenol A** a **novolakové pryskyřice**; poslední se vyznačují velkým počtem epoxidových skupin v molekule, které vytváří vysoce zesíťovaný polotovar s vysokou tvarovou stálostí za tepla. Cykloalifatické epoxidy jsou charakteristické nízkou viskozitou, odolávají na rozdíl od aromatických epoxidů UV záření, a jsou tedy vhodné pro venkovní aplikace. [1]

Pro výpočet stechiometrického poměru míchání pryskyřice a tvrdidla se používají tyto údaje:

- epoxidový ekvivalent – hmotnost pojiva (g), které obsahuje 1 mol epoxidové skupiny;
- epoxidové číslo – počet molů epoxidových skupin ve 100g pryskyřice;
- vodíkový ekvivalent – hmotnost tvrdidla (g), které obsahuje 1 mol aktivního vodíku.

V oblasti vyztužených kompozitů se používají EP-R jako matrice pro vysoce kvalitní materiály v elektronice, pro aplikace v letectví, kosmonautice a na sportovní potřeby. [1]

3.3.1 Vytvrzování epoxidových pryskyřic

Vytvrzování EP-R lze uskutečnit různým způsobem:

- polyadici probíhající na epoxidových skupinách;
- polykondenzací na přítomných hydroxylových skupinách;
- polymerací epoxidových skupin.

K adici na epoxidovou skupinu jsou vhodné v podstatě všechny sloučeniny s pohyblivými vodíkovými atomy. Největší význam má vytvrzování polyaminy a anhydridy polykarboxylových kyselin. [8] Vlastnosti vytvrzených pryskyřic jsou ve velkém rozsahu ovlivněny širokou paletou tvrdidel, která jsou většinou přizpůsobena pro speciální aplikace. Vhodnou volbou pryskyřic, tvrdidel a přísad lze dosáhnout mnoha rozdílných vlastností pojiva (tab. 3). [1]

Tab. 3. Ovlivnění vlastností epoxidových pryskyřic modifikacemi. [1]

Vlastnosti pryskyřice		Dosažitelné	
rozhodující pro		stavbou makromolekuly	pomocí aditiv
zpracování	Nízkoviskozní	Tvrdidlo s dlouhým řetězcem (rotorové lopatky)	Reaktivní ředidla
	Tixotropní	Nedoporučuje se	Velmi jemný oxid křemíku
	Rychle tvrdnoucí (krátká doba zpracovatelnosti)	Tvrdidlo	Urychlovač
	Dlouhá doba zpracovatelnosti	Tvrdidlo	Nedoporučuje se
	Vytvrzování UV zářením	Cykloalifatická pryskyřice	Fotoiniciátory
tepelně mechanické vlastnosti	Odolná proti vysokým teplotám	Velmi reaktivní pryskyřice, např. na bázi novolaku	Nedoporučuje se
	Flexibilní	Pryskyřice s dlouhým řetězcem	Polyoly a jiná změkčovadla
	Odolná proti chemikáliím	Velmi reaktivní pryskyřice, např. na bázi novolaku	Nedoporučuje se
dlouhodobé chování	Světlostálá	Cykloalifatická pryskyřice	UV absorbér
	Odolná proti hoření	Pryskyřice obsahující fosfor	Sloučeniny bromu (s přísadkou Sb_2O_3), fosfor, hydroxid hlinitý

Přehled nejpoužívanějších systémů pryskyřice – tvrdidlo pro různé aplikace kompozitů uvádí tab. 4.

Tab. 4. Vlastnosti a použití různých typů epoxidových pryskyřic pro kompozity. [1]

Vlastnosti Základní složky	Nevytvrzené pryskyřice	Vytvrzené pryskyřice				Použití
	η (mPa.s)	HDT/Tg (°C)	σ_{Pr} (N.mm ⁻²)	E (N.mm ⁻²)	δ (%)	
1) Roztok bromované EP-R	2100 až 2900	135/140	-	-	-	FR4 produkt pro prepregy a lamináty; desky pro tištěné spoje
2) Bisfenol A EP-R s formulovaným aminovým tvrdidlem	5200 až 6000	185/195	110 až 120	2800	5,5 až 6,5	Systém s dobrou odolností proti hydrolyze
3) Cykloalifatická pryskyřice s anhydridovým tvrdidlem a imidazolovým urychlovačem	150 až 250	188/193	48 až 65	3050	1,8 až 2,5	Nízkoviskozní systém s vysokou tepelnou odolností; pro navíjení, pstruzi aj.
4) Bisfenol A EP-R s anhydridovým tvrdidlem a imidazolovým urychlovačem	600 až 900	145/153	80 až 90	3200	5,0 až 7,0	Standardní systém vytvrzovaný anhydridem; pro navíjení, pstruzi aj.
5) Formulovaná EP-R pryskyřice s cykloalifatickým aminovým tvrdidlem	500 až 700	143/148	71 až 77	2600	4,5 až 5,5	Zpracovatelná technologií RTM pro navíjení, lisování, laminování
6) Houževnatá modifikovaná EP-R s aminovým tvrdidlem	720 až 860	100/110	120 až 130	2800	9,0 až 12,0	Dobré mechanické vlastnosti a tažnost
7) Formulovaná EP-R s aminovým tvrdidlem	320 až 380 350 až 400	90/105	125 až 130	2900	7,0 až 12,0	Nízkoviskozní flexibilní systém pro průmyslové aplikace
8) Formulovaná EP-R s tvrdidly na bázi alifatických polyamidů	300 až 400 550 až 800 1000 až 1200	81/86 77/82 85/89	70 až 74 82 až 86 86 až 90	3200 3500 3700	10 až 13 5,2 až 5,8 5 až 6,2	Nastavitelná reaktivita; systém pro laminování velkých konstrukčních dílců
9) Formulovaná EP-systém	200 až 300 220 až 230	80/85 80/85	74 až 78 77 až 81	3300 3300	5,8 až 6,2 7,2 až 8,0	Nastavitelná reaktivita; systém pro prosvycování velkých konstrukčních dílců
10) Modifikovaná bezrozpěštlivá pryskyřice s nadouvadlem a polyaminovým tvrdidlem	-	125/127	-	-	-	Aplikace v oblasti lehčených EP- systémů
11) Formulovaná expandující EP-R	-	125/135	-	-	-	Nízkoemisní expandující systém; zejména pro automobilový průmysl
12) EP novolaková pryskyřice vytvrzovaná aromatickým aminem	2290 (79°C)	210	135	3100	-	Pro technologii prosvycování pomocí pryskyřičné fólie; aplikace v leteckém průmyslu

Pokračování tabulky

Vlastnosti Základní složky	Nevytvrzené pryskyřice	Vytvrzené pryskyřice				Použití
	η (mPa.s)	HDT/Tg (°C)	σ_{Pt} (N.mm ⁻²)	E (N.mm ⁻²)	δ (%)	
13) Tetrafunkční EP-R vytvrzovaná aromatickým polyaminem	7000 až 19000 (50°C)	236	90	3400	2,0 až 3,0	Vícefunkční vysokopevnostní pryskyřice; pro formulování prepregů
14) Dvousložkový systém na bázi bismaleinimidu	800 až 1000 (100°C)	290/300	176	3400	5,0 až 8,0	Systém s vysokou tepelnou odolností
15) Monomer kyanáteteru	100	240/260	162	2900	3,0 až 4,0	Aplikace v leteckém průmyslu

Také u EP existuje mnoho výchozích složek pro systémy vytvrzované za studena a za tepla. Reakční časy jsou u EP-R všeobecně delší než u radikálově vytvrzovaných systémů (UP-R a VE-R). Při vytvrzování za studena se sice také používá urychlovač, ale ovlivnění průběhu reakce pomocí katalyzátoru, urychlovače a inhibitoru, je zde velmi omezené. Pro urychlené vytvrzování pryskyřic bez vnitřního pnutí se většinou používá postupné zvyšování teploty. [1]

3.3.2 Vlastnosti epoxidových pryskyřic

- Cenově jsou nevýhodné, 3 až 4 krát dražší než UP-R;
- musí být dodržen přesný stechiometrický poměr mísení pryskyřice a tvrdidla;
- vzhledem k velmi dobrým mechanickým vlastnostem jsou vhodné jako matrice pro vysokopevnostní vlákna (např. uhlíková);
- dobrá adheze k mnoha druhům podkladu;
- vzhledem k vysoké viskozitě a pomalé vytvrzovací reakci jsou hůře zpracovatelné než UP-R a VE-R;
- chemická odolnost je závislá na druhu tvrdidla (aminy – odolnost proti alkáliím, anhydridy kyselin – odolnost proti kyselinám a horké vodě);
- vyšší tepelná odolnost než u UP-R a VE-R;
- nízké objemové smrštění převážně v kapalně fázi (2 až 5%);
- možné podráždění kůže a alergie při zpracování kapalně pryskyřice.

4 DŘEVO

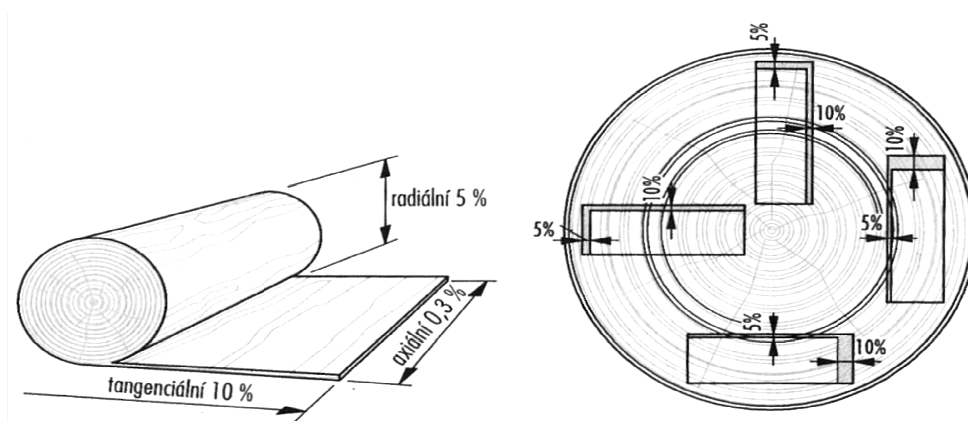
Dřevo jako základní surovina se využívá v pilařském průmyslu, při výrobě dřevních kompozitních materiálů (dýhy, překližky, laťovky, atd.), v papírenském průmyslu, v nábytkářském průmyslu, v stavebně truhlářské výrobě (při výrobě oken, dveří, podlah a schodů), v dřevostavbách a v obalové technice. Neodmyslitelnou součástí využití dřeva je výroba dřevěných hraček, hudebních nástrojů, kancelářských potřeb, sportovních potřeb a zápalek.

4.1 Vlastnosti dřeva

Dřevo je hygrokopický materiál, který mění svůj objem a svůj tvar příčného řezu při kolísání vlhkosti. Při zvýšené vlhkosti může bobtnat a při snížené sesychat. Tento proces bobtnání a sesychání se děje při nasycení vláken, ke kterému dochází při 28 % až 33 % vlhkosti dřeva. Ve vytápěných místnostech se pohybuje vlhkost dřeva od 7 % do 10 % (vlhkost dřeva vyjadřuje v procentech množství vody ve dřevě k hmotnosti absolutně suchého dřeva). Pozoruhodné je, že dřevo pracuje ve svých třech hlavních směrech rozdílně. Nejvíce ve směru tangenciálním (tečně k letokruhům), o polovinu méně v radiálním směru (ve směru dřeňových paprsků) a nejméně ve směru axiálním (ve směru dřevních vláken). Hmot, která nabobtnává nebo sesychá, je u různých druhů dřevin různá. Rozhodujícím faktorem je buněčná stěna. [9]

Následující údaje jsou uvedeny průměrnou hodnotou:

- axiální, ve směru dřevních vláken, 0,3 %;
- radiální, ve směru dřeňových paprsků, 5 %;
- tangenciální, ve směru letokruhů, 10 %.

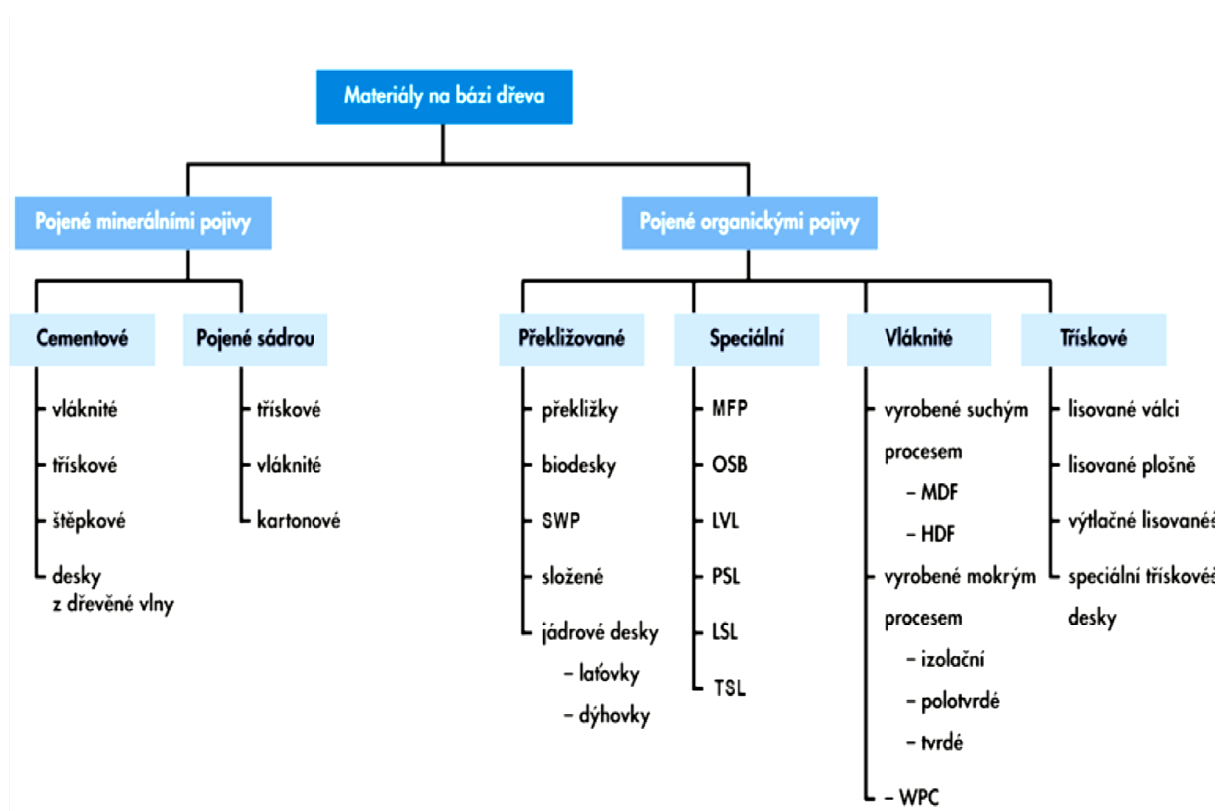


Obr. 13. Průměrné hodnoty sesychání dřevní hmoty. [9]

Při výrobě aglomerovaných materiálů se dřevo nejdříve dezintegruje na drobné části a tyto drobné části se následně spojují do jednoho celku s uspořádáním podle požadavků na konečný produkt. Tímto výrobním postupem lze dosáhnout nižší vlhkostní roztažnosti. [10]

4.2 Rozdělení materiálů na bázi dřeva

Materiály na bázi dřeva lze dělit podle mnoha hledisek (např. na velkoplošné, konstrukční, aglomerované, kompozitní, dle způsobu použití atd.). [10] Primární složkou kompozitů na bázi dřeva je element dřeva, často 94% hmotnosti nebo i více. Vlastnosti kompozitních materiálů lze upravit změnou velikosti a geometrií prvků. [12] Nejčastější způsob dělení je podle druhu použitého pojiva a způsobu konstrukce. [10]



Obr. 14. Rozdělení materiálů na bázi dřeva v závislosti na druhu použitého pojiva a způsobu konstrukce. [10]

Ve schématu jsou uvedeny pouze základní druhy materiálů, bez individuálních způsobů modifikací a typových obměn, a dále v něm nejsou zahrnuty nejjednodušší plošné materiály z masivu.

4.3 Dýha

Dýha je tenký list dřeva vyrobený centrickým nebo excentrickým loupáním, krájením nebo řezáním. V minulosti tloušťka řezaných dých dosahovala 2 až 7 mm, ale pro velké ztráty při řezání se dnes již od tohoto způsobu výroby upustilo. V současnosti se tloušťky loupáných dých pohybují mezi 1-3 mm, a tloušťky krájených dých okolo 1 mm. Krájení se používá zejména pro výrobu okrasných dých, kterými se podýhovávají jiné velkoplošné materiály (DTD, DVD, laťovky, spárovky). Při krájení lze dosáhnout nespočetného množství vzorů a kreseb textury dřeva. Loupání se používá hlavně pro výrobu konstrukčních dých, ze kterých se vytváří překližky a laťovky. [10]

4.3.1 Výroba dých

- Krájením - jednotlivé dýhy se oddělují jedna za druhou a nevzniká žádný odpad ve formě pilin. Formáty krájených dých odpovídají rozměrům výřezu použitého k výrobě. Krájení se dnes užívá pouze výjimečně;
- Loupáním – vytváří se nekonečný pás dýhy, který je později zkracován podle velikosti následně vyráběných deskových materiálů. Tyto způsoby jsou výrazně úspornější a mnohem produktivnější než nejstarší způsob výroby dých řezáním;
- Řezáním – technologie z 1. poloviny 19. století, k řezání dých se většinou užívá pásová nebo kotoučová pila.

4.3.2 Požadavky na dýhárenskou kulatinu

Dýhárenské kulatině je nutno, pro její možné vysoké finanční zhodnocení, věnovat zvýšenou péči při celém procesu pěstování, těžby, skladování i dopravy, aby nedocházelo k nežádoucímu poškození (zejména vlivem biotických činitelů a vzniku trhlin). Především se jedná o určení vhodné doby těžby (v ČR nejlépe v zimě), urychlený odvoz z lesa, zajištění zastínění kulatiny na skládce v lese, nátěry čel proti vysušným trhlinám, použití kovových spon a S-plechů na vznikající trhliny a mokrou skládku na dýhárenském závodě. Podobná opatření, doplněná ještě o postřiky proti biologickým činitelům, se musí provádět při těžbě a dopravě dýhárenské kulatiny ze vzdálených oblastí (např. bříza z Pobaltí, Skandinávie, Ruska, nebo tropické dřeviny ze zámoří). [10]

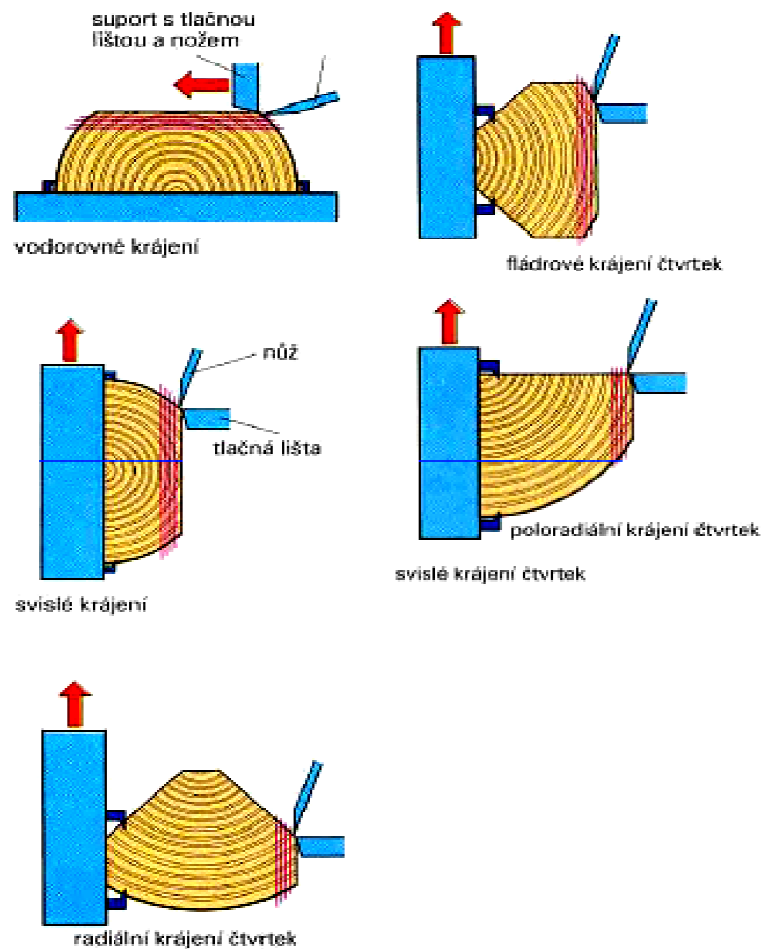
4.3.3 Výroba krájených dých

Před vlastním procesem krájení je nutné dýhárenskou kulatinu podélně rozřezat na kmenové pásové pile na půlky, případně na čtvrtky a další tvary vhodné pro výrobu požadované kresby dých (radiální, tangenciální apod.). Současně se, zpravidla odříznutím krajiny, u přířezu vytvoří ložná plocha pro upevnění na vozík krájecího stroje. Pro podélné dělení výřezů se užívá kmenová pasová pila s posuvným vozíkem schopná zpracovat průměry kulatiny až do 180 cm. [10]

Připravené přířezy se po očištění hydrotermicky upravují (plastifikují), aby se dřevo změkčilo, snížila se možnost tvorby vnitřních trhlin v důsledku pnutí a zvýšila se možnost jeho tváření. Hydrotermická úprava se provádí nejčastěji horkou vodou nebo párou při teplotách od 40 do 110 °C podle druhu dřeviny. Některé listnaté dřeviny lze krájet i bez hydrotermické úpravy (např. břízu při vlhkosti dřeva nad 80 %). [10]

Krájení dých je možné provádět na vodorovných nebo svislých krájecích strojích. Na vodorovném krájecím stroji je výřez pevně upevněn a pohybuje se nůž a tlakovnice, při svislém krájení se pohybuje výřez. Při použití vodorovného krájecího stroje se vyrobí asi 40 – 50 listů dých za minutu, na svislém krájecím stroji cca 60 – 80 listů za minutu. Výřez je na vozík upevněn zpočátku kovovými svorkami a v závěru krájení pouze vzduchovými přísavkami. Na konci krájení zbývá přířez tloušťky 7 – 20 mm (nožový zbytek). [10]

Důležitým prvkem umožňujícím výrobu dých v požadované kvalitě je tlaková lišta. Jedná se o zařízení, které působí tlakovou silou na dřevo ve směru proti krájecímu noži, čímž zabraňuje vzniku trhlin na tahově namáhané straně odlupující se dýhy. [10]



Obr. 15. Způsoby krájení dýhy. [11]

Nakrájené dýhy se suší, ostříhávají se okraje, vyřazují se vady a poté se skládají do svazků po 16 nebo 32 listech. Svazky se třídí podle druhu dřeviny, rozměrů a jakosti.

Stavbou dřeva a způsobem krájení je vytvářena textura dýh. Mezi nejčastější druhy textur dýh patří:

- nevýrazná
- radiální (pruhovaná)
- tangenciální (fládrová)
- vlnitá
- očková
- svalovitá
- pyramidová
- kořenice

Vytváření textury dřív není omezeno pouze na způsob výroby, ačkoliv způsob upnutí výřezu do krájecího stroje je často rozhodujícím činitelem, ale je možné její ovlivňování i přípravou suroviny. Např. příprava materiálu pro výrobu velmi žádané ořechové kořenice se kvůli zvýšení produkce provádí plantážovým způsobem. Na specializované plantáži jsou na ořešáky roubovány rouby ovocných stromů a pro výrobu kořenicové dřívky se poté využívá nadzemní zbytnělá část kmene (hlava). [10]

Dřeviny pro výrobu krájených dřív

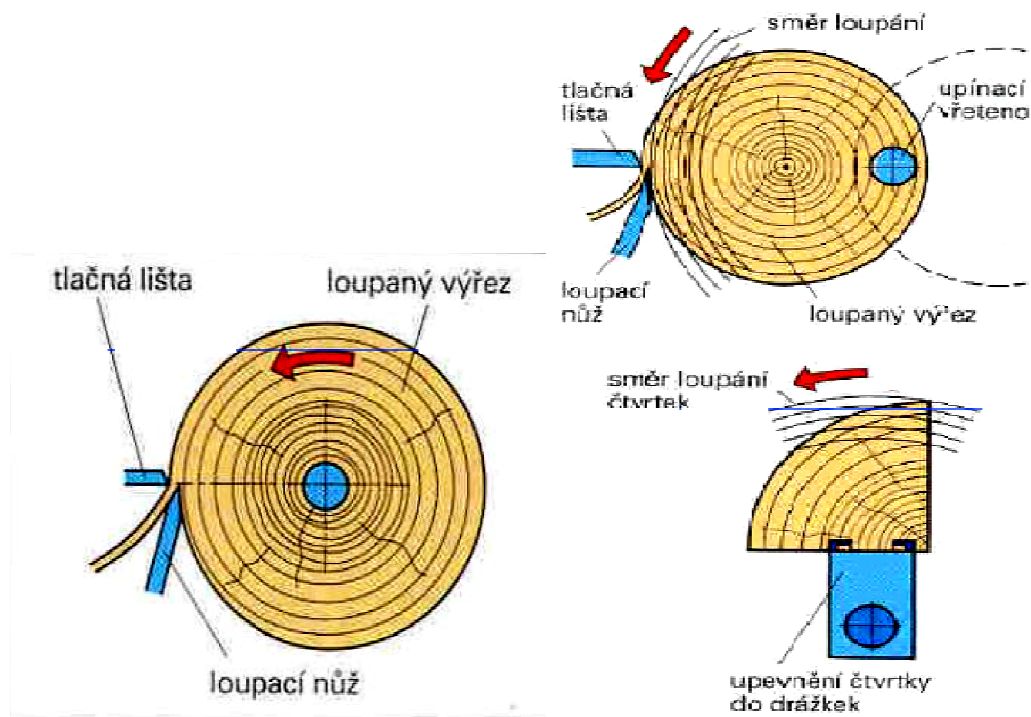
Výroba okrasných krájených dřív se provádí především z exotických dřevin (mahagon, teak, ovanul, koto a desítky dalších ...), z tuzemských dřevin se pak nejvíce využívá jasan, ořech, třešeň, dub, buk, jilm, javor a borovice. Používají se kvalitní silnější výřezy, hlavně z oddenkových částí kmene. Důležitým požadavkem, kromě vysoké jakosti, je zajímavá barva dřeva, případně rozdílné barevnosti mezi barvou jádra a běli a výrazná textura jako u jasanu. Rovněž kresba a viditelnost pórů u krájené dřívky může hrát důležitou roli. Z tohoto hlediska se může stát problémem využití dřeva z mladších stromů, kde je nežádoucí výskyt široké světlé běli, nebo např. u některých typů ořechů, kde je často velmi světlá barva jádra i běli. Světlou běl lze sice při použití dřívky na nábytek odstranit, případně přiměřit, ale jen za cenu nižší výtěžnosti, respektive vyšší pracnosti a ceny. Podobné problémy mohou být také u některých druhů borovic, výsledná kresba i barva může být výrazně ovlivněna velkým rozdílem v barvě mezi jarní a letní částí letokruhu. Také velmi široké letokruhy mohou být při výrobě zejména radiálně krájených dřív na závadu. V současné době patří mezi dřeviny s oblíbenou kresbou třešeň a také stěmcha pozdní (*Prunus serotina* – prodávána pod názvem americká třešeň). Z hlediska barevnosti a výskytu velkých dřevných paprsků může být v některých případech problematické využití dubu červeného. Ten je nutno pro dřívárny dodávat, zpracovávat a aplikovat na výrobky odděleně. Neobvyklá, nažloutlá barva, velká tvrdost a často nevyhovující rozměry a tvar jsou také omezující podmínky při použití akátu.

Důležitou podmínkou dřívárenského zpracování je udržení kvality dodávaného dřeva během dopravy a skladování. Obzvláště se jedná o problematiku nežádoucího zbarvení (borovice, topoly), případně vznik trhlín. [10]

4.3.4 Výroba loupáných dřív

Obdobně jako při výrobě krájených dřív je před loupáním nutné výřez odkornit a plastifikovat. Výřez je poté v loupacím stroji upnut ve středu průměru pomocí unášecí

rozety na jednom konci a upínacího trnu na druhém konci a otáčí se, zatímco se vozík s nožem a tlakovnicí přibližuje ke středu. Součástí loupacího stroje je poměrně složitá převodovka, která zajišťuje zrychlování otáčejícího se výřezu a současně rovnoměrný přísuv vozíku k loupnému výřezu pro výrobu dýhy konstantní tloušťky. Po loupání uprostřed zůstane zbytkový váleček průměru 80 – 120 mm. [10]



Obr. 16. Centrické a excentrické loupání dýhy. [11]

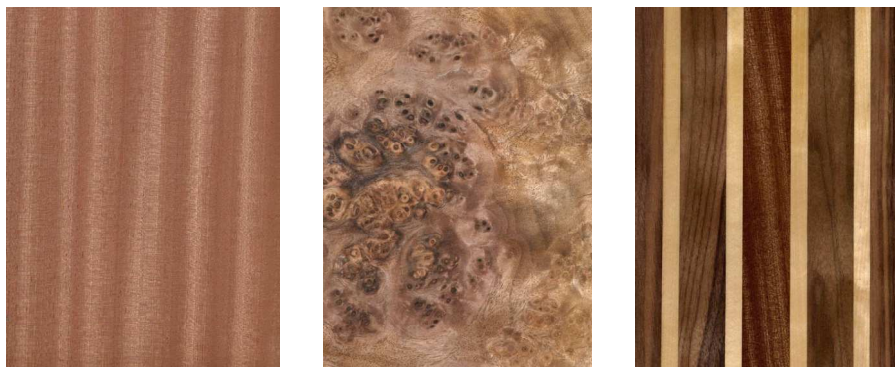
Při loupání na loupacím stroji nevznikají jednotlivé listy dýh, ale nekonečný pás, který se po formátování a usušení používá především pro výrobu překližek a laťovek. Nejčastější rozměr těchto materiálů bývá 1220 × 2440 mm. Z tohoto důvodu je potřeba plastifikovanou překližkárenskou kulatinu před loupáním zkracovat na budoucí rozměry podélné a příčné vrstvy překližovaných materiálů. K přesným rozměrům hotové překližky se u vlhkých formátů loupných dýh musí přidávat nadmíra na šířkové sesychání a na pozdější přesné formátování slepené překližky. Nadmíry na šířku a délku bývají většinou 70 – 100 mm, loupárenské výřezy se proto zkracují pro nejčastěji vyráběný formát překližek na délky asi 1300 a 2550 mm. [10]

Dřeviny pro výrobu loupných dýh

Loupané dýhy se nejčastěji vyrábějí z dřevin, které nemají příliš výraznou texturu (rozdíl mezi jarním a letním dřevem a mezi jádrem a bělí) jako je např. bříza, nebo jiné vzhledově méně zajímavé dřeviny.

Pro výrobu konstrukčních dýh na překližované desky se používá hlavně smrk, topol, borovice, buk, bříza, osika, lípa a olše. Lze využít i vejmutovku nebo douglasku, z tropických dřevin se využívají hlavně gabon (okumé), meranti a limba afr.

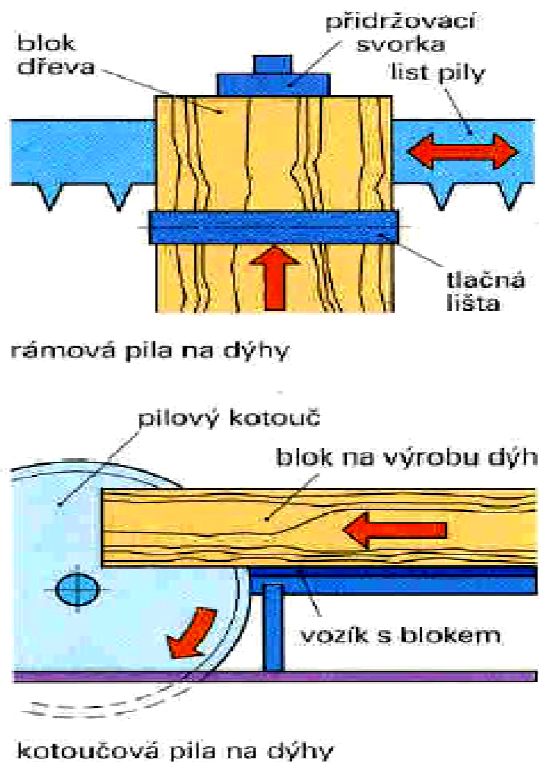
Pro výrobu loupáných okrasných dýh se používají cennější, barevně zajímavější dřeviny – jasan, javor, dub, jilm, ořešák, třešeň a ostatní ovocné stromy, borovice, modřín a řada tropických dřevin – mahagon, teak, ovanul, koto aj. [10]



Obr. 17. Dýhy (zleva): mahagon, ořechová kořenice, vinterio. [10]

4.3.5 Výroba řezaných dýh

V současné době se výroba dýh řezáním provádí minimálně a většinou přímo pro speciální typy výrobků. Surovina pro řezané dýhy se nemusí plastifikovat a není tedy třeba provádět žádnou hypotermickou úpravu, nevýhoda tohoto výrobního způsobu však spočívá ve velkých ztrátách prořezem. V případě potřeby řezání tenkých, 2 – 5 mm tlustých dýh, se využívá vodorovná kmenová pásová pila, nebo kotoučová pila. Čerstvě nařezané dýhy je nutno jednotlivě proložit jako řezivo a zatížené hraně velmi opatrně sušit. Řezané dýhy se používají zejména při restaurování nábytku. [10]



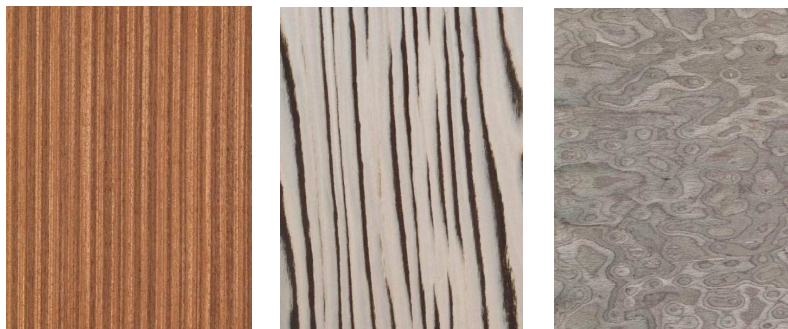
Obr. 18. Rámová a kotoučová pila na řezání dříví. [11]

4.3.6 Speciální typy dříví

Arodříví – dříví s reprodukovanou texturou

Arodříví se vyrábí z dříví různých dřevin, které se vrství na sebe a vzájemně se slepí. Spleené soubory dříví se poté znovu krájí buďto kolmo k rovině lepení nebo pod určeným úhlem. Střídání dříví z dřevin s různou barvou při vrstvení souboru tvoří požadovanou texturu arodříví. Někteří výrobci střídají přirozeně zbarvené dříví s mořenými dřívími. Dříví je také možné lepit nikoliv na rovnou, ale na zvlněnou matrici, což má za následek vytváření jedinečné textury při krájení. [10]

Další předností arodříví je možnost výroby téměř libovolné textury na zakázku či přání zákazníka. Při použití arodříví na konkrétní sérii výrobků, lze při poničení jednoho kusu výrobku nechat vyrobit identický díl podle připravené matrice (vhodné například při výrobě interiérových dveří pro vybavení budovy). Arodříví na zakázku se vyrábějí podle širší sortimentu. Specifickým případem arodříví je produkt prodáváný pod obchodním názvem Vinterio. V tomto případě se nekrájí splený soubor dříví, ale blok masivních kusů dřevin. [10]



Obr. 19. Dýhy s reprodukovanou texturou. [10]

Arodýhy (zleva): arodýha krájená kolmo k ploše lepení, arodýha krájená pod úhlem k ploše lepení, arodýha vytvořená lepením dýh na matrici s tvarovaným povrchem.

Mikrodýhy

Mikrodýhy jsou velmi tenké dýhy (tloušťky 0,1-0,2 mm), které jsou používány pro dýhování zaoblených tvarů a hran. Tyto dýhy jsou při výrobě podlepovány papírem nebo textilií pro usnadnění manipulace, a aby nedocházelo k jejich destrukci. [10]

3D dýhy

3D jsou označovány dýhy, která jsou tvarovatelné ve více rovinách. Při výrobě jsou listy dýh o tloušťce 0,5-1 mm ve speciálním stroji krájeny na 1 mm široké proužky, které jsou na rubové straně spojeny tavným vláknem. U svrchní pohledové vrstvy je dýha pouze nakrojená aby nedošlo k porušení textury. Používají se zejména slepené ve vrstvách jako překližka určená pro výrobu tvarových nábytkových dílců, jako jsou stolky, židle a křesla. Konstrukce 3D dýh umožňuje jejich tvarování do menších poloměrů než u běžné překližky, aniž by došlo k porušení struktury. Soubor dýh je formován v hydraulickém lisu do požadovaného tvaru a fixován lepidlem. 3D dýhy lze využít i k podýhování plastů nebo kovů a v automobilovém průmyslu. [10]

5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část diplomové práce popisuje druhy a způsoby lisování kompozitních materiálů, používané výztužné materiály a vlastnosti základních druhů reaktivních pryskyřic. Dřevo je zde zmíněno jako základní surovina pro výrobu kompozitních materiálů na bázi dřeva. Podrobněji je teoretická část diplomové práce zaměřena na způsoby získávání dýhy.

Tyto informace využijeme v praktické části diplomové práce k navržení vhodného technologického postupu výroby kompozitu na základě vstupních požadavků a parametrů firmy Woodexpert, která finančně a poradensky podporuje tento experiment.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části diplomové práce je vyrobit kompozit na bázi dřevo-výztuž-polymer prostřednictvím zvolené metody lisování s ohledem na ekonomickou náročnost. Zhotovit dostatek zkušebních vzorků s odlišnou orientací vláken dýhy. Sledovat vliv komerčně dostupných reaktivních pryskyřic na vlastnosti kompozitu se zaměřením na soudržnost tkaniny a matrice pomocí experimentálních měření. Vyrobit jednodílnou formu pro tvarové lisování, provést experiment dle zadaných podmínek a parametrů firmou Woodexpert a vyhodnotit dosažené výsledky experimentu.

7 PŘÍPRAVA EXPERIMENTU

Na základě stanovené priority ekonomické nenáročnosti jsem zvolil technologii lisování pomocí vakuovaného vaku s ručním kladením vrstev.

7.1 Rovinná forma

Pro výrobu desek jsem použil laminátovou formu s rovným a hladkým povrchem.



Obr. 20. Laminátová forma.

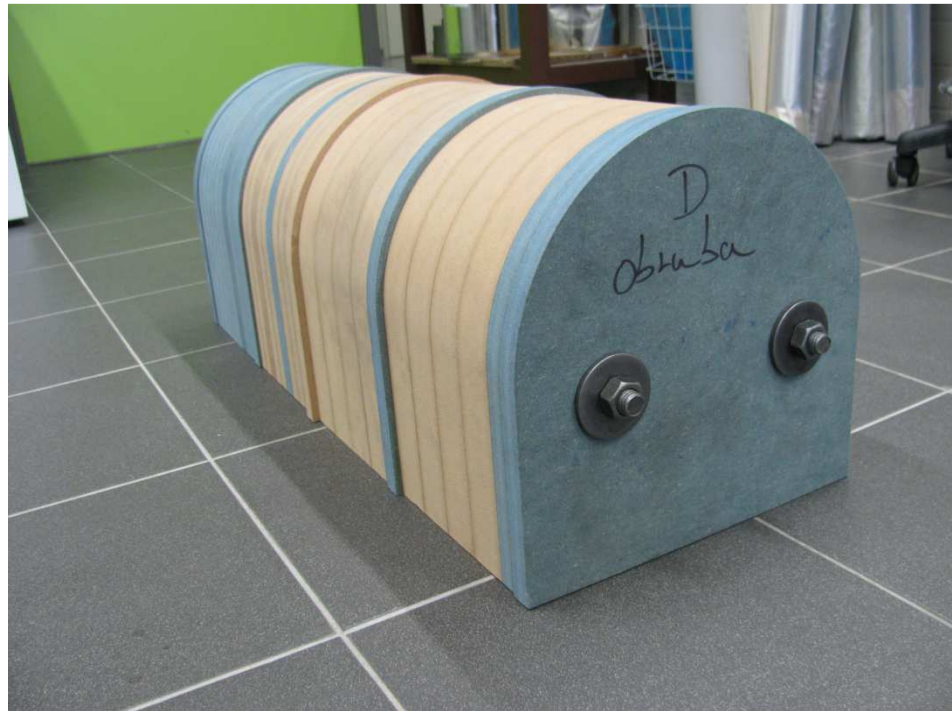
7.2 Tvarová forma

Ve spolupráci s firmou Woodexpert a Českou zemědělskou univerzitou v Praze, byla vyrobena dřevěná forma dle výkresové dokumentace (příloha P I).



Obr. 21. CNC ČZU Praha.

Forma je konstruována pro výrobu přepravního boxu s možností teleskopického zasouvání jednotlivých dílů. Skládá se z 32 segmentů o tloušťce 19 mm a 40 mm, které byly vyrobeny frézováním MDF desky. Dále se rozděluje do 4 rozměrově odlišných polí oddělených obrubami.



Obr. 22. Tvarová forma.

Jednotlivé segmenty formy jsou k sobě aretovány prostřednictvím dvou ocelových tyčí se závitem M 16, čtyř podložek 17 pro konstrukce z tvrdého dřeva a čtyř matic se závitem M 16.



Obr. 23. Aretační prostředky.

7.2.1 Dřevovláknité desky se střední hustotou (MDF)

Dřevovláknité desky se vyrábějí v celé škále tvrdostí a tloušťek s rozdílnými úpravami povrchu. U všech druhů dřevovláknitých desek je základní vstupní surovinou kvalitní bílá štěpka z odkorněného, většinou jehličnatého dřeva. Dřevo bez kůry je zpracováno na mezistupňový polotovar – štěpky, které jsou po hydrotermické úpravě následně rozvlákněny na drobné vláknité částice – vlákna. [10]

Se získaným dřevním vláknem je možno pracovat dvojím způsobem. Starší způsob výroby, *výroba mokrou cestou*, spočívá v přidavku chemikálií a ve formování vláknité suspence na podložní síto, kde dochází k postupnému odvodňování, lisování a vytvrzování desky. Dnes se tento výrobní způsob používá poměrně málo, protože je energeticky náročný a vyžaduje velké množství technologické vody, která musí být recyklována. [10]

Druhý, energeticky méně náročný způsob, je *výroba suchou cestou*, při které je na mokré nebo u některých technologiích až na suché vlákno naneseno lepidlo a přídatné látky. Po usušení (vlhkost 5 až 10 %) je tento materiál vrstven na pás do koberce a postupně předlisován a slisován. Používání tohoto, dnes převažujícího způsobu výroby, bylo umožněno díky vývoji kvalitní bezpečné sušárny vlákna a způsobů nanášení lepidla. Poslední výrobní operací následující po lisování je oboustranné broušení povrchu s cílem egalizovat desku na přesnou tloušťku. [10]

MDF desky se vyrábějí suchým způsobem výroby. Pro desky určené jen pro interiéry je používáno močovinoformaldehydové lepidlo. U desek určených do prostředí s vyšší vlhkostí se používá fenolformaldehydové nebo melaminformaldehydové lepidlo. [10]



Obr. 24. MDF deska (Medium Density Fiberboard). [10]

Vlastnosti a použití MDF desek

Polotvrdé dřevovláknité desky mají hustotu od 400 do 900 kg/m³. Nejdůležitější vlastností MDF je homogenita v celém průřezu desky, která umožňuje čisté kvalitní opracování frézováním reliéfů do ploch desek a profilování boků desek. U tohoto typu desek je také pozitivně hodnocena poměrně vysoká hodnota pevnosti v tahu kolmo na plochu. [10]

MDF desky jsou používány tam, kde nevyhovují běžné typy dřevotřískových desek, které jsou levnější, ale mají nehomogenní strukturu. Nejčastější použití tohoto materiálu je ve výrobě nábytku, kde bývají používány desky s hustotou okolo 650 kg/m³. Používají se na dílce s tvarově profilovanými boky nebo na dílce s reliéfovanými plochami. Tvarově profilované boky desek obvykle bývají dokončeny lakem. Velmi časté použití je také na kuchyňská dvířka a čela zásuvek. V laminovaném nebo dýhovaném provedení mohou být využívány pro výrobu stolních desek. [10]

7.3 Vakuová pumpa

Vývěvy nebo také vakuové pumpy jsou zařízení k odčerpávání vzduchu či jiných plynů z uzavřeného prostoru a slouží k vytváření podtlaku (vakua). Pro náš experiment jsem použil dvoustupňovou olejovou rotační vakuovou pumpu od výrobce Value.



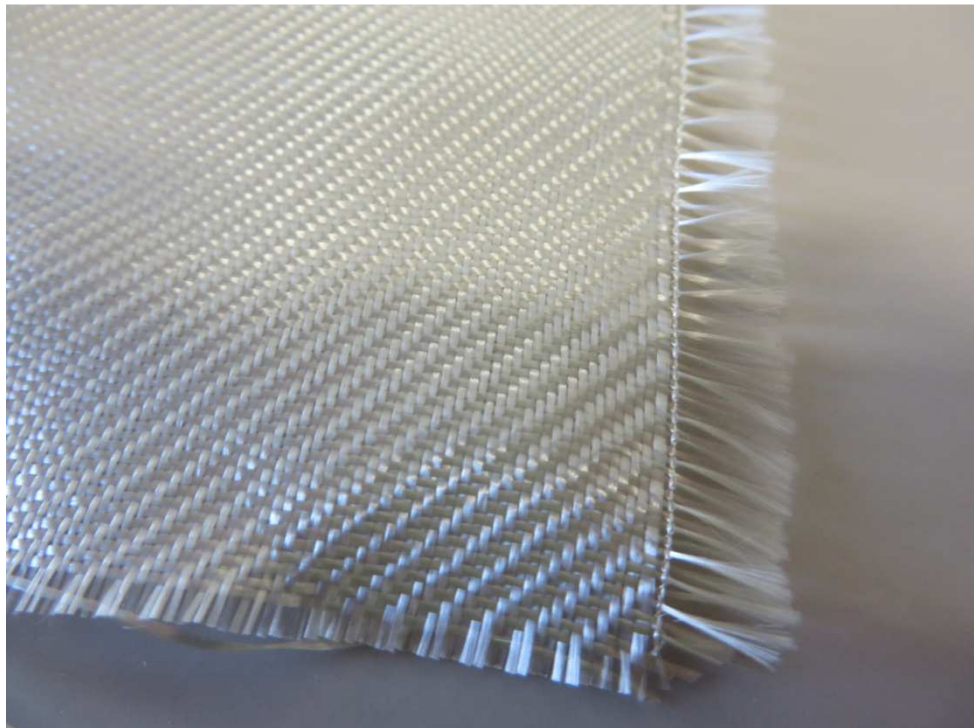
Obr. 25. Vakuová pumpa Value a zásobník vakua Air Tech.

Tab. 5. Technické parametry vakuové pumpy Value. [14]

Model		VE225N
Frekvence		230V/50Hz
Výkon	m ³ /hod	4,4
	l/min	70
Max. vakuum	Pa	2x10 ⁻¹ Pa
	tlak	15 micron
Sací zařízení - vstup		1/4" závit
Motor HP		1/3
Obsah oleje		200 ml
Rozměry		318x124x234 mm
Hmotnost		8,6 kg

7.4 Skelná tkanina

Vzhledem k nízkým pořizovacím nákladům a dobrým mechanickým vlastnostem jsem zvolil skelnou tkaninu pro vyztužení kompozitu. Zvolená tkanina má hmotnost 200 g/m² a je utkána do keprové vazby, která minimalizuje zvlnění vlákna a je nejvhodnější pro tvarové prvky.



Obr. 26. Skelná tkanina s keprovou vazbou.

Vlastnosti:

- Modul pružnosti v tahu (E-modul) skleněných vláken je přibližně stejně velký jako u hliníku a činí asi jednu třetinu hodnoty oceli (75 GPa), pevnost v tahu (3500 MPa) je vyšší než u většiny organických i anorganických vláken a je většinou podstatně vyšší než u oceli (v kompaktní formě). Vzhledem k porovnatelně nižší hustotě skla ($2,54 \text{ g/cm}^3$) je hodnota měrné pevnosti vláken zvláště vysoká; [13]
- Mez průtažnosti skleněného vlákna má hodnotu kolem 3 až 4 %. Deformace je přitom téměř elastická, tj. skleněné vlákno nemá viskoelastické chování jako syntetická vlákna; [13]
- Teplené vlastnosti skleněných vláken překonávají tepelné vlastnosti jiných materiálů. Ani dlouhodobé trvalé namáhání při 250°C nesnižuje hodnoty mechanických vlastností. Tepelná vodivost je naproti tomu vyšší než u ostatních materiálů, ale podstatně nižší než u kovů; [13]
- Skleněná vlákna jsou nehořlavá, tudíž ohnivzdorná. Hodí se proto pro kompozity a závěsy; [13]
- Bod měknutí E-skloviny je vyšší než 625°C ; [13]
- Součinitel teplotní délkové roztažnosti skleněných vláken je nižší než u většiny konstrukčních materiálů; [13]

7.5 Dýha

Smrkové a bukové dýhy pro experiment zajistila firma Woodexpert. Smrkové dýhy byly dodány v rozměru 800x400x2 a použity pro výrobu plochých kompozitních desek.



Obr. 27. Smrková dýha.

Bukové dýhy byly dodány v rozměru 900x450x1 a použity pro tvarové lisování.



Obr. 28. Buková dýha.

7.6 Reaktivní pryskyřice a tvrdidla

Pro výrobu kompozitních desek byly použity dva druhy reaktivních pryskyřic. Tyto pryskyřice jsou volně dostupné na našem trhu a lze je snadno zakoupit. Pryskyřice jsou zpracovatelné a vytvrditelné při pokojové teplotě. Každá pryskyřice má své tvrdidlo, protože se jedná o dvousložkový systém. Tvrdidlo bylo dodáno spolu s pryskyřicí.

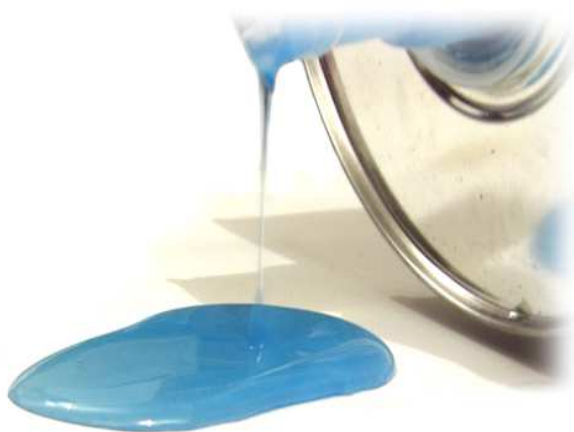
7.6.1 Vinalkyd 550 PE-TALV-LE-B

Jedná se o tixotropní, předrychlenou, ortoftalovou, středně reaktivní nenasycenou polyesterovou pryskyřici s nízkou viskozitou.

Používá se k produkci laminátových předmětů užívaných pro stavbu lodí, domácnost, stavebnictví a průmyslové účely. Vyztužení je docíleno přidáním skelné výztuže do hmotnostního obsahu až 60% v několika vrstvách.

- může být aplikován po gelcoatu G-2;
- smí být zabarven organickými i anorganickými pigmenty;
- velmi dobře smáčí skelnou výztuž;
- nestéká při aplikaci na svislé povrchy;
- na poslední vrstvu smí být aplikován topcoat.

Ostatní informace, fyzikálně - mechanické vlastnosti a charakteristika nenasycené polyesterové pryskyřice jsou uvedeny v technickém listě (příloha P II).



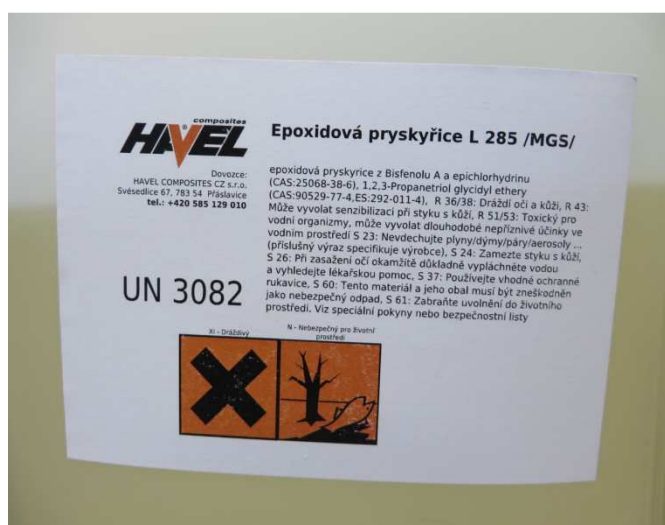
Obr. 29. Polyesterová pryskyřice. [15]

Vytvrzení se provádí přidáním 2% vytvrzovacího činidla metyletylketonperoxidu (Butanox M-50). Ostatní informace jsou uvedeny v bezpečnostním listě (příloha P III).

7.6.2 Epoxidová pryskyřice L 285 (MGS)

Jedná se o epoxidovou pryskyřici z bisfenolu A a epichlorhydrinu s nízkou viskozitou, která je vhodná pro výrobu kompozitních prvků, člunů, lodí, sportovního nářadí, leteckých modelů, forem a nástrojů vyztužených skelnými, uhlíkovými a aramidovými vlákny. Hlavními rysy jsou vysoká statická a dynamická pevnost.

Ostatní informace, fyzikálně - mechanické vlastnosti a charakteristika epoxidové pryskyřice a tvrdidla jsou uvedeny v technickém listě (příloha P IV).



Obr. 30. Epoxidová pryskyřice L 285.

K vytvrzení pryskyřice jsem použil tužidlo 285 MGS, které se přidává v poměru 100:40 váhově nebo 100:50 objemově.



Obr. 31. Tužidlo 285 MGS.

7.7 Separační vosk

K zamezení nežádoucího přilnutí kompozitních dílů k formě a snadnému odformování jsem použil separační vosk Oskar's M 700/C-WAX. M-700, což je pevná emulze čistého karnaubského vosku v uhlovodíkových rozpouštědlech a vody.



Obr. 32. Separační vosk Oskar's M 700/C-WAX.

Ostatní informace jsou uvedeny v technickém listě (příloha P V).

7.8 Materiál a pomůcky pro vakuování

Pro zvolenou technologii vakuového lisování s ručním kladením vrstev (dřevo-výztuž-polymer) je nutné mít zajištěn následující materiál.

7.8.1 Těsnící páska

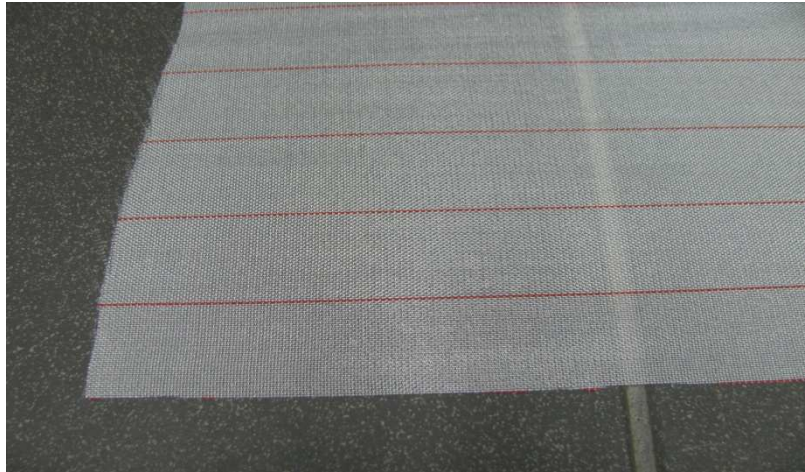
Těsnící pásky se používají k zajištění integrální těsnosti mezi povrchem formy a vakuovou fólií. Páska je vyrobena ze směsi syntetických kaučuků v kombinaci s inertními plnivy, změkčovadly a látkami způsobující lepivost. Ty poskytují optimální kombinaci vlastností požadovaných pro utěsnění různých povrchů. [16]



Obr. 33. Těsnící páska.

7.8.2 Odtrhová tkanina

Odtrhové tkaniny jsou obecně používány jako poslední vrstva materiálu při laminování kompozitů. Jsou navrženy tak, aby odloupením z povrchu kompozitu vznikl texturovaný a čistý povrch. Tento povrch je pak ideálně připraven pro sekundární lepení, kladení laminátu nebo lakování a obvykle nevyžaduje další mechanické úpravy. Odtrhové tkaniny jsou obvykle vyrobeny z polyamidu (nylon) nebo polyesterových vláken. [16]



Obr. 34. Odtrhová tkanina.

7.8.3 Vakuová fólie

Vakuová fólie se používá k utěsnění celého systému a vytvoření vakua, pokrývá všechny výrobní materiály. Vlivem vakua vytváří na celém povrchu kompozitu tlak. [17]



Obr. 35. Vakuová fólie. [17]

7.8.4 Vakuová hadice

Obvykle se jedná o vyztuženou hadici, která dokáže udržet podtlak.

7.8.5 Váha přesná

Pro přesné měření hmotnosti skelné tkaniny, váhových složek pryskyřic a tvrdidla jsem použil přesnou laboratorní váhu HC-3000 s váživostí do 3000g a přesnosti vážení 0,1g.



Obr. 36. Váha přesná HC-3000.

7.8.6 Ostatní pomůcky

Pro snadnější a efektivnější přípravu lisovaného materiálu jsem použil tyto pomůcky:

- černý fix;
- ocelový svinovací metr;
- zalamovací nůž;
- ostré nůžky;
- dřevěná míchací špachtle;
- nádoba na míchání pryskyřice;
- nanášecí váleček s rukojetí;
- ochranné rukavice;
- ředidlo;
- papírové ubrousky;
- textilie pro nanášení separátoru;
- textilní popruh se suchým zipem.

8 LISOVÁNÍ, MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

8.1 Rovinné lisování

Desky z kombinovaných kompozitů dřevo-výztuž-polymer jsem vyráběl ve dvou variantách dle použité pryskyřice:

- Varianta č. 1 - Epoxidová pryskyřice (L 285);
- Varianta č. 2 - Polyesterová pryskyřice (Vinalkyd 550 PE-TALV-LE-B).

Uvedený postup činností je shodný u obou variant a liší se jen v přípravě pryskyřic a čase vytvrzování.

8.1.1 Forma

Než začneme s laminováním, musíme zkontrolovat čistotu formy a případně ji očistit od zbytků pryskyřice pomocí papírových utěrek a ředidla. K dispozici byla forma laminátová s rovným a hladkým povrchem. Čistota povrchu je důležitá u laminátů, které mají být pohledové.

Na očištěnou formu nanese se separační vosk a po vyschnutí toto ošetřené místo vyleštíme papírovým ubrouskem. Dle doporučení výrobce se tento postup několikrát opakuje.

8.1.2 Dýha a skelná tkanina

Dle maximálních rozměrů laminátové formy byly zvoleny rozměry dýhy a skelné tkaniny na 600 x 300 mm. Pomocí svinovacího metru a černého fixu vyznačíme na desce z dýhy zvolený rozměr a zalamovacím nožem vyřízneme dýhu 600 x 300 mm. Na skelné tkanině si zvolené rozměry označíme stejným způsobem jak u dýhy nebo tak, že vytáhneme z útku či osnovy příslušné vlákno. Následně skelnou tkaninu ostříhneme ostrými nůžkami. Podle skladby a počtu vrstev výsledného kompozitu připravíme potřebný počet dýh a skelné tkaniny.



Obr. 37. Připravená skelná tkanina a dýhy na rozměr 600 x 300 mm.

8.1.3 Epoxidový systém

Pro stanovení hmotnosti epoxidového systému použijeme přesnou váhu, na kterou vložíme skelnou tkaninu v potřebném množství na výrobu jedné kompozitní desky a odečteme hodnotu. U tkanin je poměr hmotnosti epoxidového systému k hmotnosti tkaniny 1:1. Bezpečnostní koeficient byl stanoven na hodnotu 2. Na přesnou váhu umístíme nádobu na míchání, do které nalijeme epoxidovou pryskyřici a tužidlo v poměru 100:40 o dvojnásobné hmotnosti tkaniny. Epoxidový systém dobře rozmícháme pomocí dřevěné špachtle a do výrobcem uvedené doby zpracovatelnosti spotřebujeme.

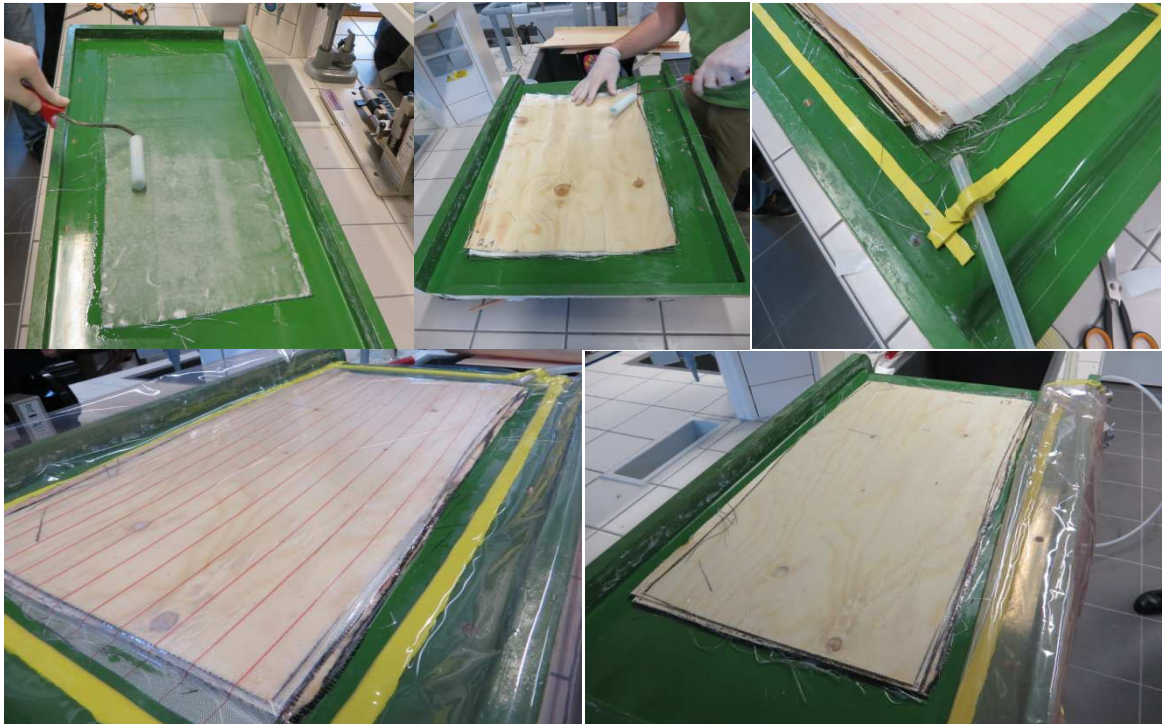
8.1.4 Polyesterový systém

Pro stanovení hmotnosti polyesterového systému použijeme přesnou váhu, na kterou vložíme skelnou tkaninu v potřebném množství na výrobu jedné kompozitní desky a odečteme hodnotu. U tkanin je poměr hmotnosti polyesterového systému k hmotnosti tkaniny 1:1. Bezpečnostní koeficient byl stanoven na hodnotu 2. Na přesnou váhu umístíme nádobu na míchání, do které nalijeme polyesterovou pryskyřici o dvojnásobné hmotnosti tkaniny. Dále přidáme tvrdidlo v množství 2 % hmotnosti pryskyřice. Polyesterový systém dobře rozmícháme pomocí dřevěné špachtle a do výrobcem uvedené doby zpracovatelnosti spotřebujeme.

8.1.5 Kladení vrstev kompozitu

Pro ochranu vlastního zdraví si nasadíme ochranné rukavice. Na formu ošetřenou separačním voskem nanese dvě vrstvy polymerní matrice pomocí válečku. Nejprve v podélném směru a pak v příčném směru. Položíme vrstvu skelné tkaniny na polymerní matrici a válečkem ji zatlačíme tak, aby se prosytila polymerní matricí v celé své ploše. Dále nanese polymerní matrici na dýhu z obou stran a položíme na prosycenou skelnou tkaninu. Dle počtu vrstev kompozitu střídavě klademe další vrstvy skelné tkaniny a dýhy.

Poslední vrstvou je skelná tkanina, která se překryje rozměrově větší tkaninou odtrhovou. Kolem nakladených vrstev se k formě přilepí těsnící páska, přípevní vakuová hadice a vše se překryje vakuovou fólií. Zapneme vývěvu na dobu potřebnou pro vytvrzení polymerní matrice. Posledním krokem je odformování kompozitní desky.



Obr. 38. Postup výroby kompozitu.

8.2 Měření

Vzorky pro jednotlivé mechanické zkoušky byly vyřezány z vyrobených kompozitních desek.

Tab. 6. Skladba vrstev kompozitních desek.

Označení	Pryskyřice	Počet vrstev dýha / tkanina	Kladení vrstev
A	Epoxidová	3 / 4	
	Polyesterová		
B	Epoxidová	3 / 1	
	Polyesterová		
C	Epoxidová	3 / 0	
	Polyesterová		

Legenda:

Skelná tkanina

směr vláken dýhy

8.2.1 Měřicí zařízení

K provedení veškerých mechanických zkoušek byl použit univerzální zkušební stroj Zwick 1456.

Tab. 7. Technické parametry univerzálního zkušebního stroje Zwick 1456.

Maximální posuv příčnicku	800 mm/min
Maximální síla	20 kN
Teplotní komora	-80 / +250°C
TextExpert software	Tah/Ohyb/Tlak
Výška - celková / pracovního prostoru	2012 / 1284 mm
Šířka - celková / pracovního prostoru	630 / 420 mm
Hmotnost	150 kg



Obr. 39. Zwick 1456.

8.2.2 Normy

Pro porovnání vlivu polymerních matric na soudržnost mezi vrstvami, elasticitu a pevnost kompozitů v závislosti na orientaci dřevěných vláken, byly zvoleny dvě zkoušky:

- Zkouška třibodovým ohybem - ČSN EN ISO 14 125 Vlákny vyztužené plastové kompozity - Stanovení ohybových vlastností;
- Zkouška na smyk - ČSN EN ISO 14 130 Vlákny vyztužené plastové kompozity - Stanovení zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti metodou krátkého nosníku.

8.2.3 Vzorky

Vzorky pro ohybovou zkoušku byly nařezány na rozměr 140 x 20 mm a označeny takto:

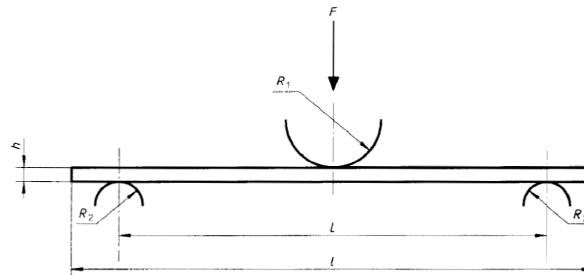
- EP-A-140-L (Epoxidová pryskyřice, deska A, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- EP-A-140-T (Epoxidová pryskyřice, deska A, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- EP-B-140-L (Epoxidová pryskyřice, deska B, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- EP-B-140-T (Epoxidová pryskyřice, deska B, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- EP-C-140-L (Epoxidová pryskyřice, deska C, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- EP-C-140-T (Epoxidová pryskyřice, deska C, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- UP-A-140-L (Polyesterová pryskyřice, deska A, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- UP-A-140-T (Polyesterová pryskyřice, deska A, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- UP-B-140-L (Polyesterová pryskyřice, deska B, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- UP-B-140-T (Polyesterová pryskyřice, deska B, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- UP-C-140-L (Polyesterová pryskyřice, deska C, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- UP-C-140-T (Polyesterová pryskyřice, deska C, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- Dýha L.

Vzorky pro zkoušku zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti byly nařezány na rozměr 60 x 20 mm a označeny takto:

- EP-A-60-L (Epoxidová pryskyřice, deska A, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- EP-A-60-T (Epoxidová pryskyřice, deska A, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- EP-B-60-L (Epoxidová pryskyřice, deska B, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- EP-B-60-T (Epoxidová pryskyřice, deska B, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- EP-C-60-L (Epoxidová pryskyřice, deska C, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- EP-C-60-T (Epoxidová pryskyřice, deska C, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- UP-A-60-L (Polyesterová pryskyřice, deska A, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- UP-A-60-T (Polyesterová pryskyřice, deska A, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- UP-B-60-L (Polyesterová pryskyřice, deska B, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- UP-B-60-T (Polyesterová pryskyřice, deska B, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy);
- UP-C-60-L (Polyesterová pryskyřice, deska C, řezaná **po směru** vláken dýhy);
- UP-C-60-T (Polyesterová pryskyřice, deska C, řezaná **kolmo** na vlákna dýhy).

8.2.4 Zkouška tříbodovým ohybem

Abychom určili elastické a pevnostní charakteristiky při ohybu, je nutné předpokládat lineární rozdělení normálových napětí po průřezu. Výsledné hodnoty ohybové pevnosti pak výrazně ovlivňuje rozložení vláken vzhledem k neutrální ose.



Obr. 40. Tříbodový ohyb. [18]

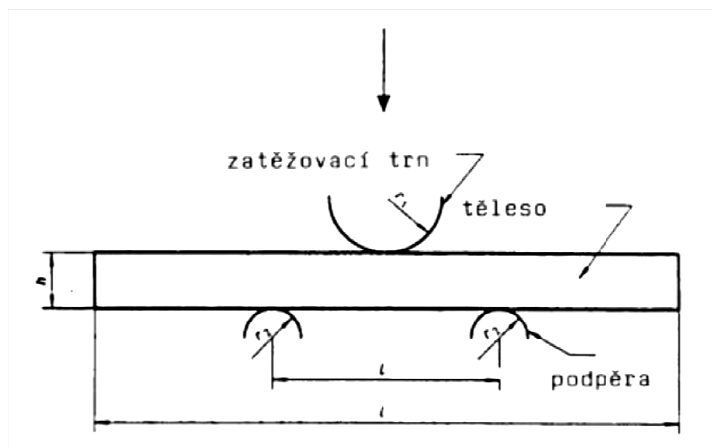
Pro tuto zkoušku bylo připraveno třináct sad po deseti vzorcích. Na základě průměrné tloušťky vzorků určíme vzdálenost podpěr, což je šestnáctinásobek naměřené tloušťky. Softwarově vložíme základní údaje o vzdálenosti podpěr, rychlosti posuvu zatěžujícího trnu a startovní pozici, do které se zkušební stroj vrací. Před započítím jednotlivých zkoušek změříme digitálním posuvným měřítkem tloušťku a šířku každého vzorku s přesností na 0,01 mm a hodnoty zapíšeme do příslušných políček na monitoru. Poté položíme vzorek symetricky na podpěry a spustíme zkušební stroj. Průběh zkoušky je v reálném čase graficky vyhodnocován na monitoru měřicího přístroje.



Obr. 41. Vzorek při zkoušce na ohyb.

8.2.5 Zkouška zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti

Touto zkouškou zjišťujeme zdánlivou mezilaminární smykovou pevnost vyztužených kompozitů metodou krátkého nosníku. Vzorek je zatěžován ohybem tak, aby došlo v neutrální rovině ke smykovému porušení.



Obr. 42. Schéma zatížení krátkého nosníku. [19]

Pro tuto zkoušku bylo připraveno dvanáct sad po deseti vzorcích. Na základě průměrné tloušťky vzorků určíme vzdálenost podpěr, což je pětinasobek naměřené tloušťky. Softwarově vložíme základní údaje o vzdálenosti podpěr, rychlosti posuvu zatěžujícího trnu a startovní pozici, do které se zkušební stroj vrací. Před započítím jednotlivých zkoušek změříme digitálním posuvným měřítkem tloušťku a šířku každého vzorku s přesností na 0,01 mm a hodnoty zapíšeme do příslušných políček na monitoru. Poté položíme vzorek symetricky na podpěry a spustíme zkušební stroj. Průběh zkoušky je v reálném čase graficky vyhodnocován na monitoru měřicího přístroje.



Obr. 43. Vzorek při zkoušce na smyk.

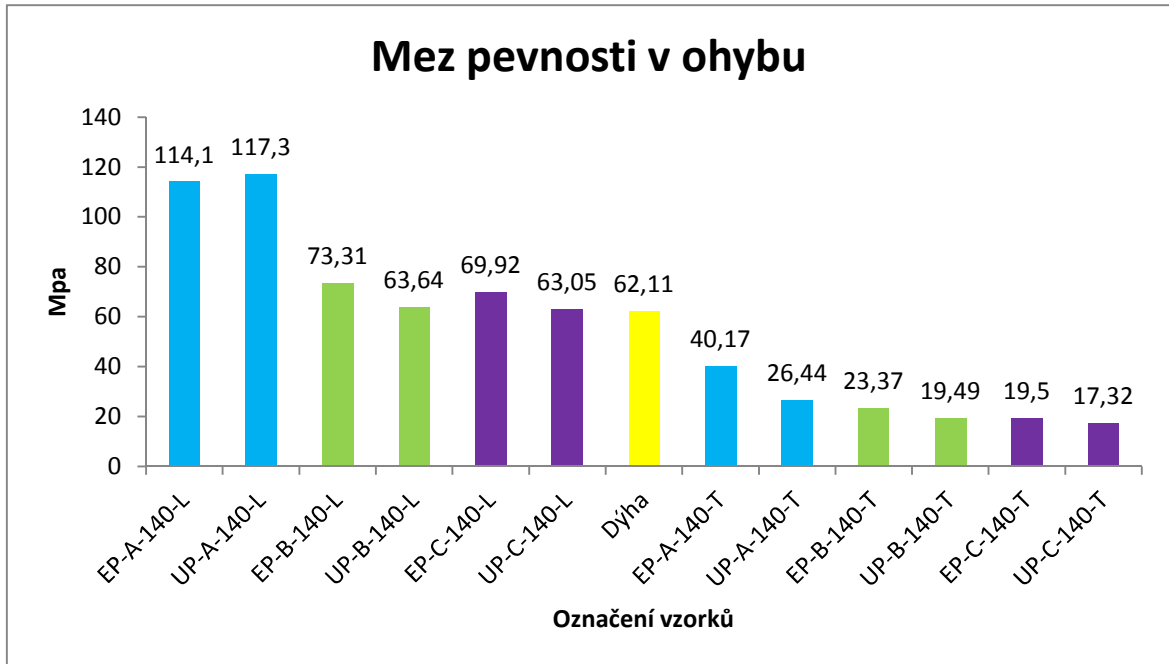
8.3 Vyhodnocení výsledků

Výsledky obou zkoušek porovnávají vliv polymerních matic na soudržnost mezi vrstvami, elasticitu a pevnost kompozitů v závislosti na orientaci dřevěných vláken.

8.3.1 Ohyb

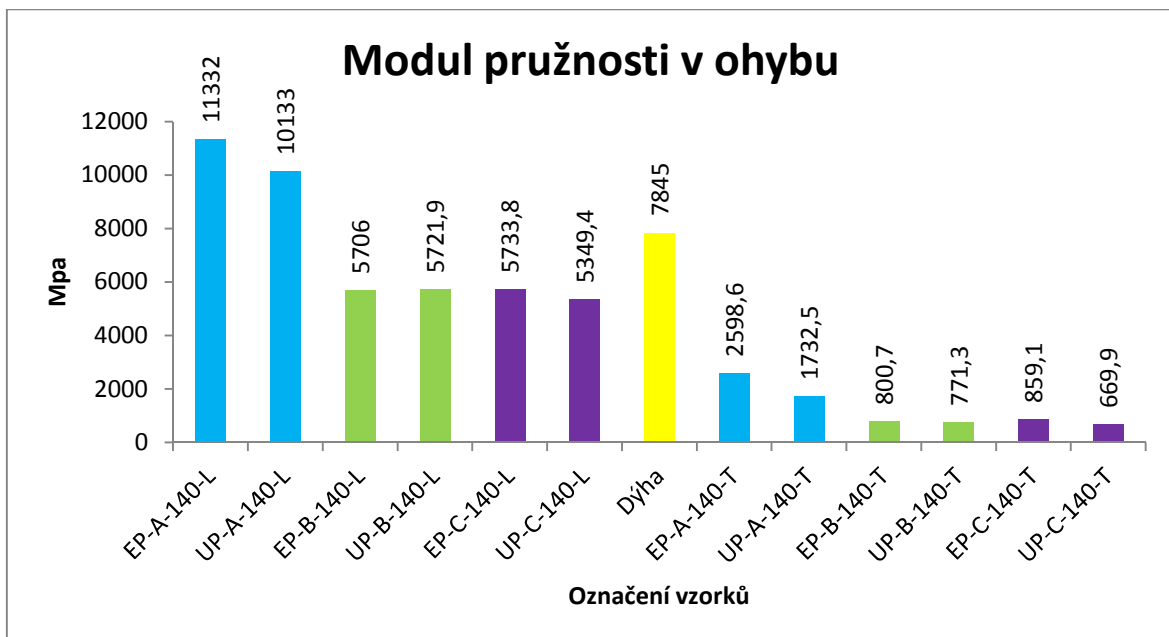
Z každé sady bylo podrobena měření 10 vzorků a ze získaných dat dle normy ČSN EN ISO 14 125 vyhodnoceny tyto veličiny:

- Mez pevnosti v ohybu - σ_{fm} ;



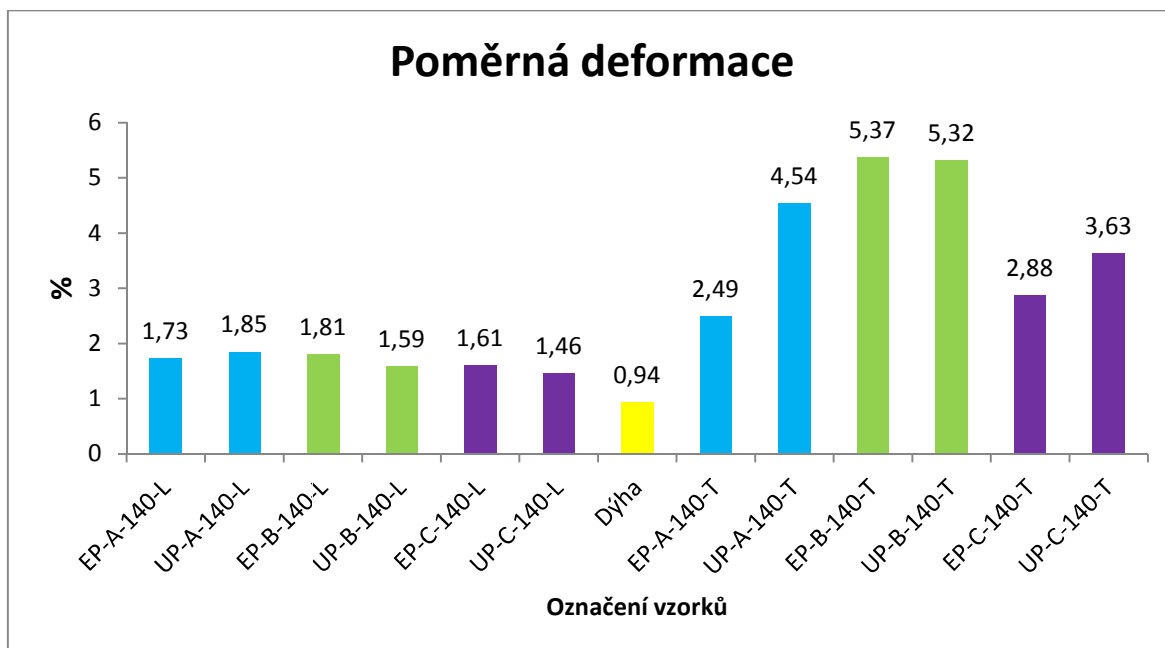
Obr. 44. Grafické porovnání hodnot meze pevnosti v ohybu.

- Modul pružnosti v ohybu - E_f ;



Obr. 45. Grafické porovnání hodnot ohybového modulu pružnosti.

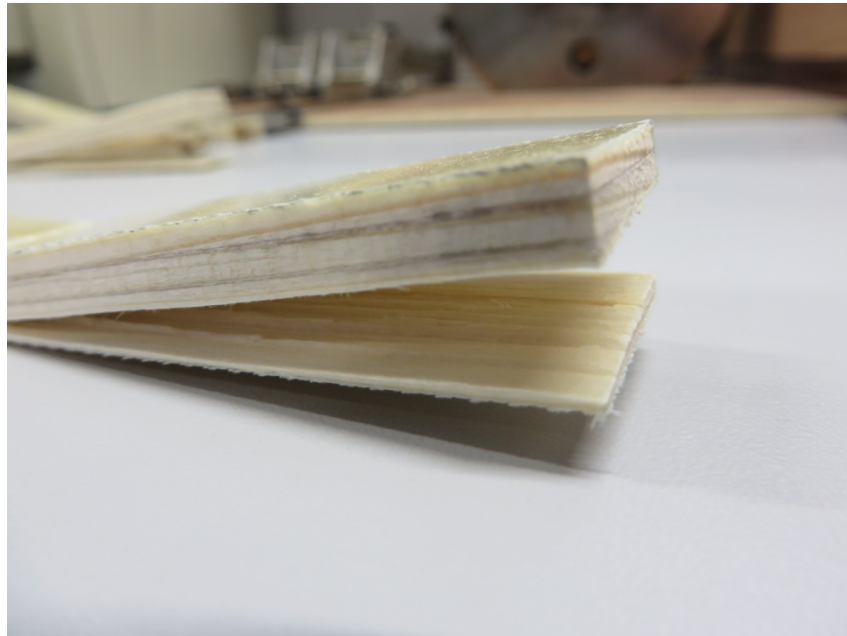
- Poměrná deformace - ϵ ;



Obr. 46. Grafické porovnání hodnot poměrného prodloužení.

Tab. 8. Statistické údaje ohybových zkoušek.

Označení vzorků	Mez pevnosti v ohybu			Modul pružnosti v ohybu			Poměrná deformace		
	\bar{x}	s	v	\bar{x}	s	v	\bar{x}	s	v
EP-A-140-L	114,1	7,49	6,56	11332	1400,74	12,36	1,73	0,24	13,91
UP-A-140-L	117,3	6,55	5,58	10133	943,49	9,31	1,85	0,33	17,88
EP-B-140-L	73,31	9,33	12,72	5706	566,74	9,93	1,81	0,37	20,62
UP-B-140-L	63,64	7,83	12,31	5721,9	687,19	12,01	1,59	0,21	12,97
EP-C-140-L	69,92	12,05	17,23	5733,8	1002,95	17,49	1,61	0,44	27,49
UP-C-140-L	63,05	10,40	16,50	5349,4	975,04	18,23	1,46	0,14	9,36
Dýha L	62,11	15,48	24,93	7845	1527,24	19,47	0,94	0,21	21,97
EP-A-140-T	40,17	4,38	10,90	2598,6	199,37	7,67	2,49	0,98	39,51
UP-A-140-T	26,44	2,15	8,13	1732,5	216,71	12,51	4,54	0,77	17,02
EP-B-140-T	23,37	3,74	16,02	800,7	160,45	20,04	5,37	1,27	23,65
UP-B-140-T	19,49	1,58	8,09	771,3	100,08	12,98	5,32	1,05	19,79
EP-C-140-T	19,5	4,32	22,18	859,1	122,38	14,24	2,88	0,59	20,62
UP-C-140-T	17,32	5,56	32,10	669,9	243,78	36,39	3,63	1,02	28,06

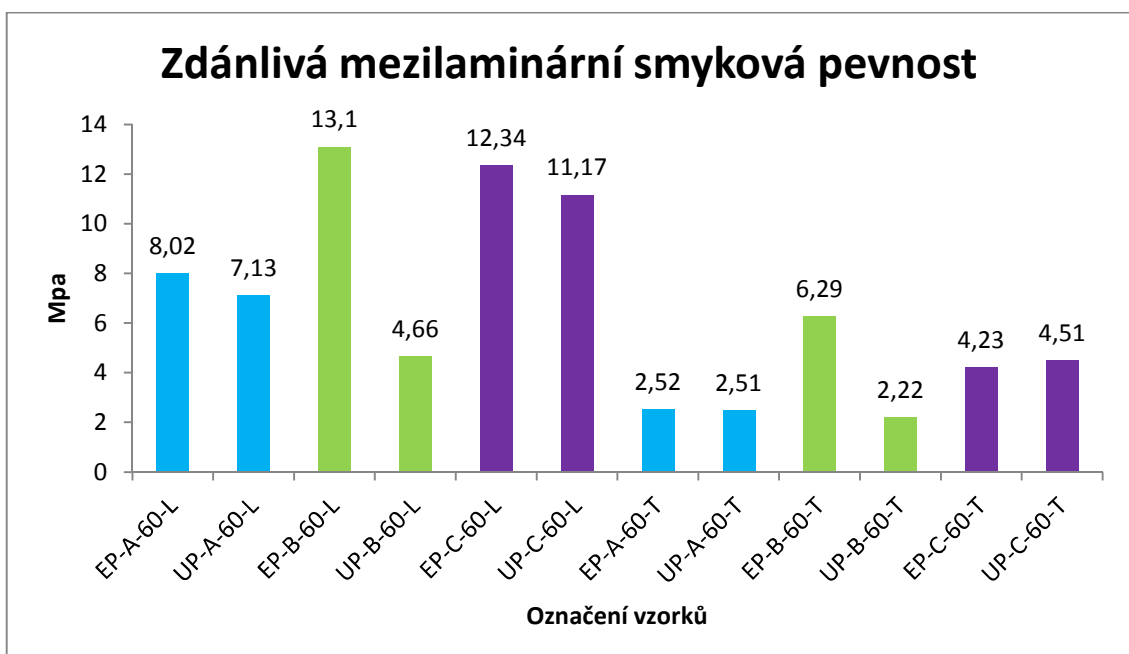


Obr. 47. Porušení vzorku při ohybové zkoušce.

8.3.2 Zdánlivá mezilaminární smyková pevnost

Z každé sady bylo podrobena měření 10 vzorků a ze získaných dat vyhodnocena zdánlivá mezilaminární smyková pevnost dle vzorce viz. norma ČSN EN ISO 14 130:

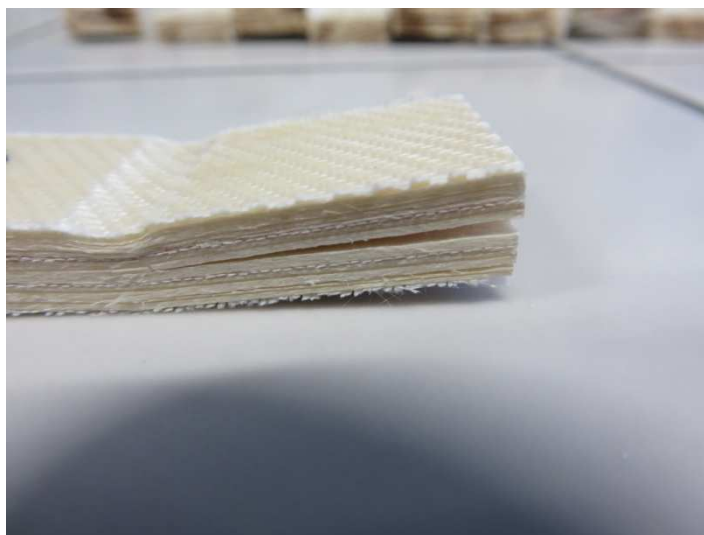
$$\tau = \frac{3}{4} \cdot \frac{F}{b \cdot h} \quad (1)$$



Obr. 48. Grafické porovnání hodnot zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti.

Tab. 9. Statistické údaje zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti.

Označení vzorků	Zdánlivá mezilaminární smyková pevnost		
	\bar{x}	s	v
EP-A-60-L	8,02	0,92	11,49
UP-A-60-L	7,13	0,93	13,07
EP-B-60-L	13,1	0,41	3,10
UP-B-60-L	4,66	0,67	14,32
EP-C-60-L	12,34	2,51	20,32
UP-C-60-L	11,17	1,20	10,74
EP-A-60-T	2,52	0,12	4,89
UP-A-60-T	2,51	0,16	6,44
EP-B-60-T	6,29	0,42	6,67
UP-B-60-T	2,22	0,18	8,07
EP-C-60-T	4,23	0,79	18,66
UP-C-60-T	4,51	1,10	24,37



Obr. 49. Smykové porušení vzorku.

8.3.3 Shrnutí

Výsledné hodnoty obou zkoušek jsou ovlivněny kvalitou, potažmo množstvím vad v použité dýze a zručností obsluhy při laminování.

Výsledky zkoušek ukázaly jak zásadní je vliv skladby vrstev a orientace vláken dýhy na mechanické vlastnosti kompozitu. U některých vzorků při ohybové zkoušce nebylo

dosaženo mechanických vlastností ani samotné dýhy. Nejčastěji docházelo k porušení vzorků smykovým napětím ve vrstvě dýhy, která dosáhla meze pevnosti dříve než skelná tkanina s polymerní matricí. Tato skutečnost vysvětluje podobnost výsledků u použitých pryskyřic.

U zkoušky zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti nám výsledky poukazují na lepší vlastnosti vzorků při kladení vrstev dýhy do kříže. Ani zde nedošlo k porušení skelné tkaniny a polymerní matrice dříve než ve vrstvě dýhy.

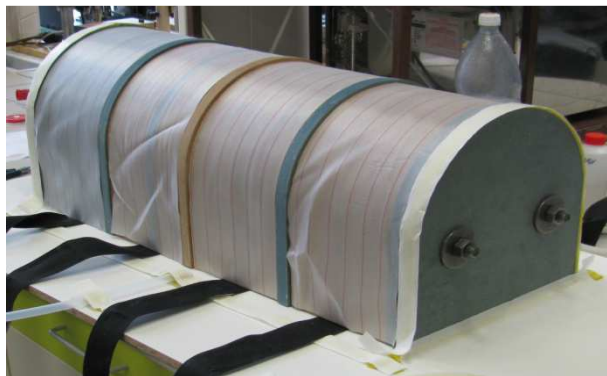
Na základě těchto poznatků jsem zvolil pro tvarové lisování levnější polyesterovou pryskyřici.

8.4 Tvarové lisování

Zde je experiment zaměřen na výrobu tvarových dílů metodou lisování pomocí vakuovaného vaku a jednodílné tvarové formy s ohledem na nízké náklady a hmotnost dílů.

8.4.1 Forma

Na tvarovou formu nanese se větší vrstvu separačního vosku a necháme ho vsáknout do podkladu. Z důvodu, že tvarová forma nemá hladký povrch, položíme do každého pole odtrhovou tkaninu. Po vytvrzení polymerní matrice se jednotlivé díly snadněji odformují.



Obr. 50. Tvarová forma před kladením vrstev.

Konstrukce formy je navržena pro kompozit se skladbou, 1 vrstva dýhy a skelné tkaniny.

8.4.2 Dýha a skelná tkanina

Dle rozměrů tvarových polí formy byly stanoveny rozměry dýhy a skelné tkaniny. Pomocí svinovacího metru a černého fixu vyznačíme na desce z dýhy rozměry a zalamovacím

nožem vyřízneme dýhu. Dýhu řežeme tak, aby vlákna byla ve směru největšího rozměru. Na skelné tkanině si rozměry označíme stejným způsobem jak u dýhy nebo tak, že vytáhneme z útku či osnovy příslušné vlákno. Následně skelnou tkaninu ostříháme ostrými nůžkami. Podle skladby a počtu vrstev výsledného kompozitu připravíme potřebný počet dýh a skelné tkaniny.



Obr. 51. Připravené dýhy pro tvarové lisování.

8.4.3 Polyesterový systém

Pro stanovení hmotnosti polyesterového systému použijeme přesnou váhu, na kterou vložíme skelnou tkaninu v potřebném množství na jeden lisovací cyklus a odečteme hodnotu. U tkanin je poměr hmotnosti polyesterového systému k hmotnosti tkaniny 1:1. Bezpečnostní koeficient byl stanoven na hodnotu 2. Na přesnou váhu umístíme nádobu na míchání, do které nalijeme polyesterovou pryskyřici o dvojnásobné hmotnosti tkaniny. Dále přidáme tvrdidlo v množství 2 % hmotnosti pryskyřice. Polyesterový systém dobře rozmícháme pomocí dřevěné špachtle a do výrobcem uvedené doby zpracovatelnosti spotřebujeme.

8.4.4 Kladení vrstev kompozitu

Pro ochranu vlastního zdraví si nasadíme ochranné rukavice. Na dřevotřískovou desku ošetřenou separačním voskem nanese dvě vrstvy polymerní matrice pomocí válečku. Nejprve v podélném směru a pak v příčném směru. Položíme vrstvu skelné tkaniny na polymerní matrici a válečkem ji zatlačíme tak, aby se prosytila polymerní matricí v celé své ploše. Dále nanese polymerní matrici na jednu stranu dýhy a položíme na prosycenou skelnou tkaninu. Obě vrstvy uchopíme a položíme na tvarovou formu do příslušného pole. Dýha má tendenci držet rovinný tvar, a proto ji k formě přitlačíme a zajistíme textilním popruhem se suchým zipem. Takto postupujeme až do zaplnění všech polí tvarové formy. Kolem formy přilepíme těsnicí pásku, vakuovou hadici

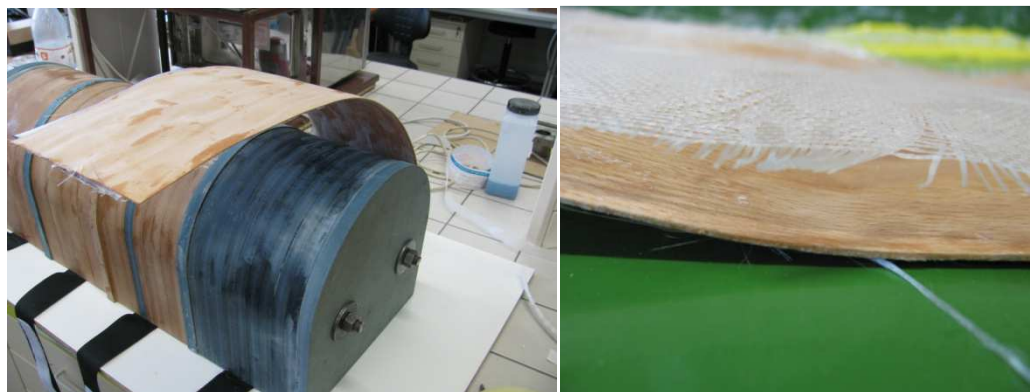
a vše překryjeme vakuovou fólií. Zapneme vývěvu na dobu potřebnou pro vytvrzení polymerní matrice. Posledním krokem je odformování kompozitních dílů.



Obr. 52. Tvarová forma při lisování vakuem.

8.4.5 Shrnutí

Po 70 minutách vakuování došlo po odformování v místech největšího ohybu dýhy k masivní delaminaci vrstev na všech kompozitních dílech. Výroba rovinných dílů boxu se stejnou skladbou vrstev a stejným časem vakuování byla bez závad.



Obr. 53. Odformování a delaminace.

Na základě těchto výsledků a doporučení vedoucího diplomové práce jsem celý postup opakoval a zvolil trojnásobný počet vrstev dýhy a skelné tkaniny. Tato kombinace se nám osvědčila u výroby rovinných desek kompozitu.



Obr. 54. Tvarová kompozitní deska.

V tomto případě polymerní matrice vlivem adhezních sil mezi vrstvami drží požadovaný tvar. Přepravní box lze vyrobit a sestavit do funkčního stavu po konstrukční úpravě tvarové formy na jinou tloušťku kompozitu. Další možností při zachování stávajících rozměrů tvarové formy je použití plastifikace dýhy s přetvarováním pro snížení pnutí, nebo ponechání kompozitu ve vakuu delší čas (24 hodin).

ZÁVĚR

Ve spolupráci s firmou Woodexpert, která hledá možnosti a směry uplatnění dřevěných výrobků napříč technologiemi jsem si stanovil cíl, zvolit a prakticky ověřit ekonomicky nenáročnou technologii lisování kombinovaných kompozitů dřevo - polymer a porovnat vliv epoxidové a polyesterové pryskyřice na mechanické vlastnosti těchto kompozitů.

Z technologií lisování kompozitů jsem vybral lisování pomocí vakuovaného vaku v kombinaci s ručním kladením vrstev. Touto technologií jsem lisoval jak rovinné desky, tak tvarové desky. Pro tvarové lisování jsem navrhl jednoduchou formu, kterou dle výkresové dokumentace vyrobil student České zemědělské univerzity v Praze z MDF desky.

Rovinným lisováním jsem vyrobil kompozitní desky s použitím smrkové dýhy kladené jedním směrem i do kříže, skelné tkaniny s vazbou plátno i bez skelné tkaniny a polymerní matrice. Nařezané vzorky se lišily v použitém druhu polymerní matrice. Výroba rovinných kompozitních desek metodou vakuování pomocí vakuového vaku je velmi snadná, levná a vykazuje dle skladby dýhy až dvojnásobné zlepšení mechanických vlastností oproti samotné dýze. Jediným omezujícím faktorem této technologie je zručnost obsluhy.

Výsledky zkoušek ukázaly jak zásadní je vliv orientace vláken dýhy na mechanické vlastnosti kompozitu. U ohybové zkoušky nejčastěji docházelo k porušení vzorků smykovým napětím ve vrstvě dýhy, která dosáhla meze pevnosti dříve než skelná tkanina s polymerní maticí. Na základě toho, že nejslabším článkem kompozitu je dřevěný materiál jsem zvolil pro tvarové lisování levnější polyesterovou pryskyřici.

Tvarovým lisováním jsem v prvním kroku experimentoval s výrobou tenké skořepiny z jedné vrstvy bukové dýhy a skelné tkaniny. Experiment se nezdařil a v místech největšího ohybu dýhy došlo k masivní delaminaci vrstev. V druhém kroku jsem zvolil trojnásobný počet vrstev dýhy a skelné tkaniny a vlivem velmi dobrých adhezních sil mezi vrstvami získala tvarová deska požadovaný tvar.

Metodou vakuování pomocí vakuovaného vaku lze dosáhnout obdobné kvality výrobků jako při použití lisů, avšak za poměrně nižší náklady. Největším problémem tohoto experimentu bylo utěsnění tvarové formy a tím dosažení přítlačné síly.

Námětem na pokračování této práce by mohla být konstrukční úprava nebo návrh nové formy a povrchové úpravy pro snadnější manipulaci a dosažení vakua.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] EHRENSTEIN, G. W. *Polymerní kompozitní materiály*. 1. vyd. Praha : Scientia, 2009. 351 s. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [2] RUSNÁKOVÁ, S. Kompozitné materiály. (přednáška) Zlín : UTB ve Zlíně, 22.2.2014.
- [3] Guide to composites. Gurit [online]. 2014 [cit. 2014-11-19]. Dostupný z: < <http://www.gurit.com/guide-to-composites.aspx> >.
- [4] RTM. Kompozity [online]. 2005 [cit. 2014-11-19]. Dostupný z: < <http://mujweb.cz/zkorinek/technologie.pdf> >.
- [5] KRATOCHVÍL, B. ŠVORČÍK, V. VOJTĚCH, D. *Úvod do studia materiálů*. 1. vyd. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. 190 s. ISBN 80-7080-568-4.
- [6] HARPER, CH. A. *Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites*. 4. vyd. New York : McGRAW-HILL, 2002. ISBN: 978-00-71384-76-6.
- [7] Zylon (PBO). In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. 22. 8. 2014 [cit. 2014-11-16]. Dostupné z: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Zylon_\(PBO\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Zylon_(PBO))>.
- [8] MLEZIVA, J. ŠŇUPÁREK, J. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. vyd. Praha : Sobotáles, 2000. 544 s. ISBN 80-85920-72-7.
- [9] NUTSCH, W. *Konstrukce nábytku, nábytek a zabudované skříně*. 1.vyd. Praha : Grada, 2003. 400 s. ISBN 80-247-0220-7.
- [10] BÖHM, M., REISNER J. a BOMBA J. *Materiály na bázi dřeva*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
- [11] PECINA, P. *Materiály a technologie - dřevo*. [online prezentace]. 2011 [cit. 2014-11-26]. Dostupný z: < http://ped.muny.cz/materialy-a-technologie-drevo-a-plasty-te2bp_mtdr/ >
- [12] ROSS, R. J. Wood handbook: Wood as an engineering material [online]. 1. vyd. 2010 [cit. 2014-11-26]. Dostupný z: < http://www.fpl.fs.fed.us/products/publications/specific_pub.php?posting_id=18102&header_id=p >
- [13] VYMAZAL, J. *Vliv orientace výztuže na mechanické vlastnosti vybraných kompozitních materiálů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta technologická 2011. 71 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Soňa Rusnáková, PhD.

- [14] Vývěva VALUE VE 225N rotační olejová dvoustupňová. Unimed [online]. 2015 [cit. 2015-04-05]. Dostupný z: < <http://www.unimed.cz/vyveva-value-ve-225n> >.
- [15] Polyesterová pryskyřice. Pctuning [online]. 2008 [cit. 2015-04-05]. Dostupný z: < http://pctuning.tyden.cz/navody/upravy-modding/12243-casemodding-kompozitni_zazrak-laminat >.
- [16] Vacuum Consumables. Gurit [online]. 2014 [cit. 2015-04-09]. Dostupný z: < <http://www.gurit.com/files/documents/vac-consv2pdf.pdf> >.
- [17] RUSNÁKOVÁ, S. Vákuové technologie při výrobě kompozitních materiálů. (přednáška) Zlín : UTB ve Zlíně, 22.2.2014.
- [18] ČSN EN ISO 14 125. *Vlákny vyztužené plastové kompozity - Stanovení ohybových vlastností*. Praha: Český normalizační ústav, 2003.
- [19] ČSN EN ISO 14 130. *Vlákny vyztužené plastové kompozity - Stanovení zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti metodou krátkého nosníku*. Praha: Český normalizační ústav, 1999.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

η	[Pa.s]	Viskozita
HDT	[°C]	Tvarová stálost za tepla
T _g	[°C]	Teplota skelného přechodu
σ_{Pt}	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
σ_{fM}	[MPa]	Mez pevnosti v ohybu
E _f	[MPa]	Modul pružnosti v ohybu
ϵ	[%]	Poměrná deformace
δ	[%]	Tažnost
τ	[MPa]	Zdánlivá mezilaminární smyková pevnost
F	[N]	Zatěžující síla
b	[mm]	Šířka
h	[mm]	Tloušťka
t _g	[s]	Doba zgelovatění
t _v	[s]	Vytvrzovací doba
T _{max}	[°C]	Maximální teplota
\bar{x}		Aritmetický průměr
s		Směrodatná odchylka
v		Variační koeficient
RTM		Vysokotlaké vstřikování pryskyřice (Resin transfer Moulding)
UP-R		Nenasycené polyesterové pryskyřice
EP-R		Epoxidové pryskyřice
VE-R		Vinylesterové pryskyřice
SWP		Vícevrstvé desky z masivního dřeva
MFP		Multifunkční panely

OSB	Desky z orientovaných plochých třísek
LVL	Vrstvené dřevo
PSL, LSL, TSL	Materiály pro nosné účely
MDF	Středně měkké dřevovláknité desky
HDF	Tvrdé dřevovláknité desky

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Metoda vakuového vaku.....	14
Obr. 2. Lisování pomocí tlakového vaku.....	15
Obr. 3. Lisování prepregů v autoklávu.	15
Obr. 4. RTM technologie.....	16
Obr. 5. Zanořovací a těsnící hrana formy.	17
Obr. 6. Částicové, Vláknové a Vrstvené kompozity.....	18
Obr. 7. Skleněná vlákna.	19
Obr. 8. Aramidová vlákna.	20
Obr. 9. Uhlíková vlákna.	22
Obr. 10. Vytvrzovací charakteristika.	28
Obr. 11. Glycidylóvá (2,3-epoxipropylová) skupina.....	30
Obr. 12. Epoxidová skupina.	30
Obr. 13. Průměrné hodnoty sesychání dřevní hmoty.....	34
Obr. 14. Rozdělení materiálů na bázi dřeva v závislosti na druhu použitého pojiva a způsobu konstrukce.	35
Obr. 15. Způsoby krájení dýhy.	38
Obr. 16. Centrické a excentrické loupání dýhy.	40
Obr. 17. Dýhy (zleva): mahagon, ořechová kořenice, vinterio.....	41
Obr. 18. Rámová a kotoučová pila na řezání dýhy.....	42
Obr. 19. Dýhy s reprodukovanou texturou.	43
Obr. 20. Laminátová forma.....	47
Obr. 21. CNC ČZU Praha.....	47
Obr. 22. Tvarová forma.	48
Obr. 23. Aretační prostředky.	48
Obr. 24. MDF deska (Medium Density Fiberboard).	49
Obr. 25. Vakuová pumpa Value a zásobník vakua Air Tech.	50
Obr. 26. Skelná tkanina s keprovou vazbou.	51
Obr. 27. Smrková dýha.	52
Obr. 28. Buková dýha.	53
Obr. 29. Polyesterová pryskyřice.....	54
Obr. 30. Epoxidová pryskyřice L 285.....	54
Obr. 31. Tužidlo 285 MGS.	55

Obr. 32. Separáční vosk Oskar´s M 700/C-WAX.	55
Obr. 33. Těsnicí páska.	56
Obr. 34. Odtrhová tkanina.	57
Obr. 35. Vakuová fólie.	57
Obr. 36. Váha přesná HC-3000.	58
Obr. 37. Připravená skelná tkanina a dýhy na rozměr 600 x 300 mm.	59
Obr. 38. Postup výroby kompozitu.	61
Obr. 39. Zwick 1456.	62
Obr. 40. Třibodový ohyb.	64
Obr. 41. Vzorek při zkoušce na ohyb.	64
Obr. 42. Schéma zatížení krátkého nosníku.	65
Obr. 43. Vzorek při zkoušce na smyk.	65
Obr. 44. Grafické porovnání hodnot meze pevnosti v ohybu.	66
Obr. 45. Grafické porovnání hodnot ohybového modulu pružnosti.	66
Obr. 46. Grafické porovnání hodnot poměrného prodloužení.	67
Obr. 47. Porušení vzorku při ohybové zkoušce.	68
Obr. 48. Grafické porovnání hodnot zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti.	68
Obr. 49. Smykové porušení vzorku.	69
Obr. 50. Tvarová forma před kladením vrstev.	70
Obr. 51. Připravené dýhy pro tvarové lisování.	71
Obr. 52. Tvarová forma při lisování vakuem.	72
Obr. 53. Odformování a delaminace.	72
Obr. 54. Tvarová kompozitní deska.	73

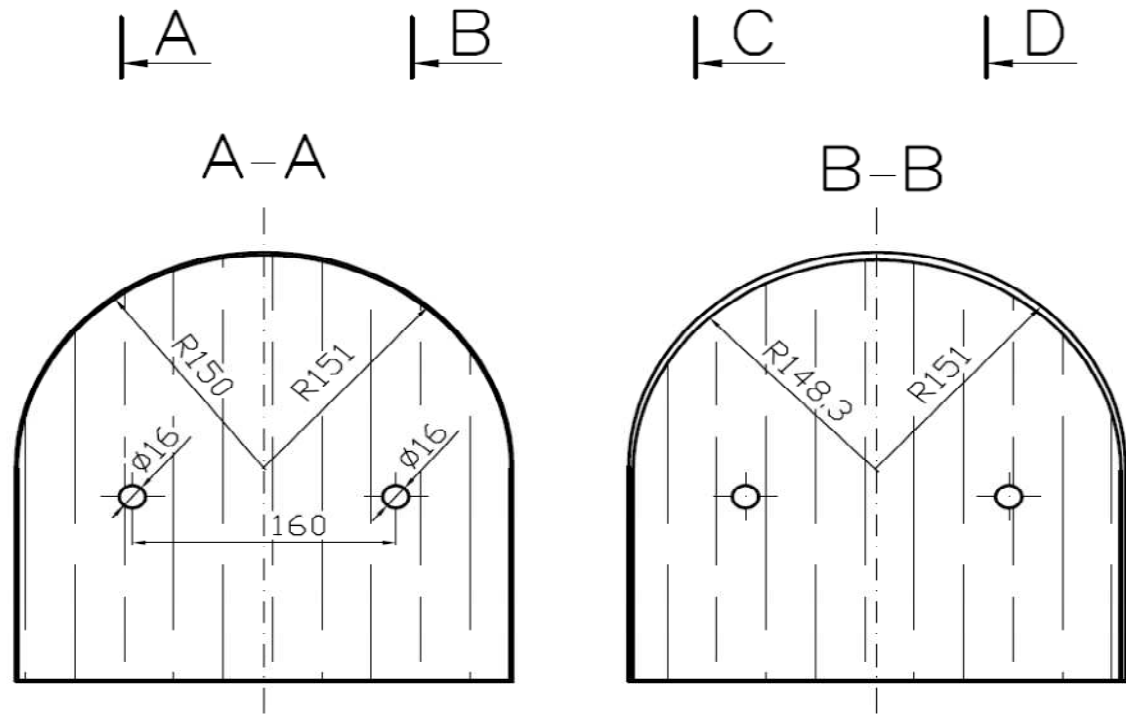
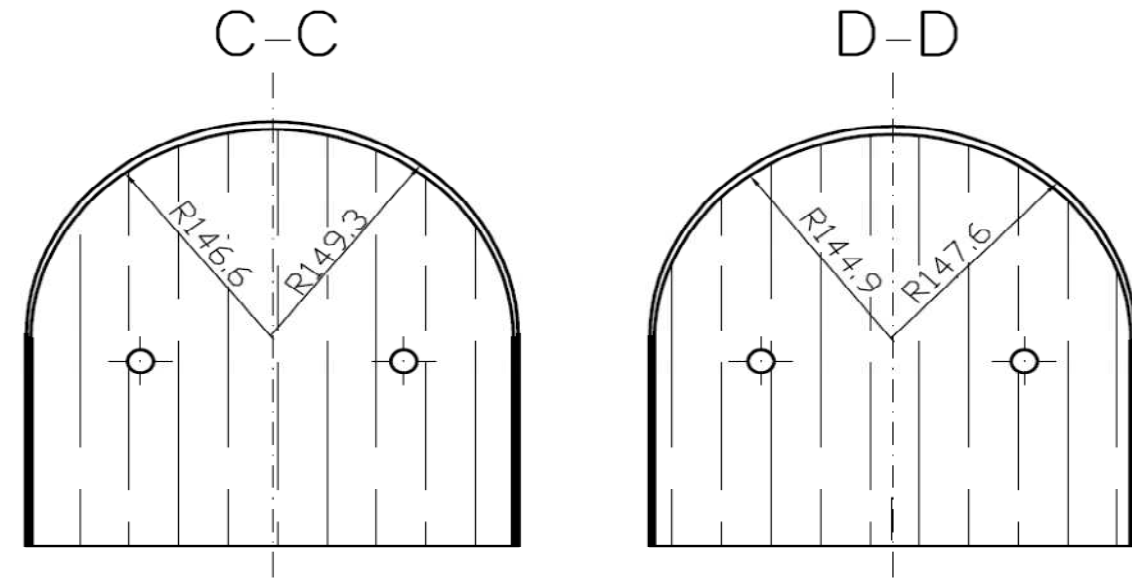
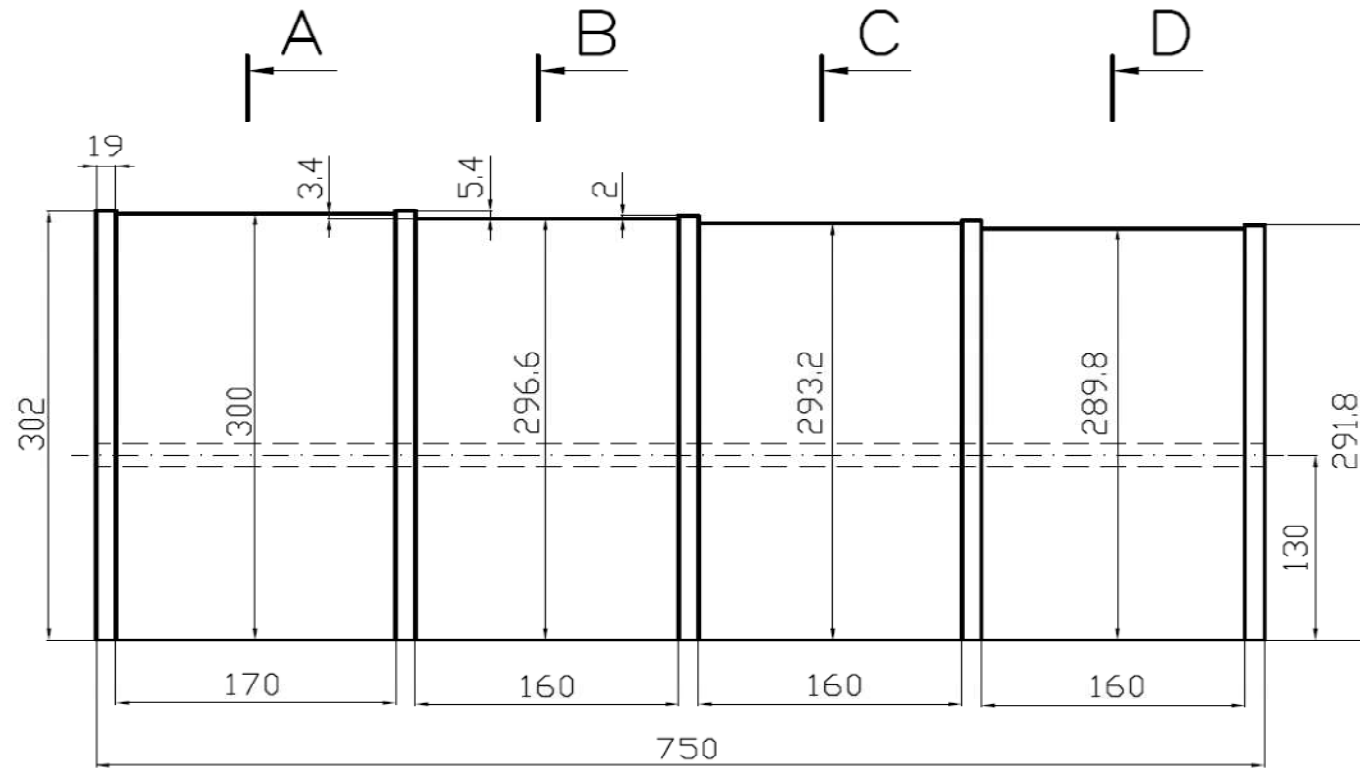
SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Ovlivnění vlastností nenasyčených polyesterových pryskyřic modifikací.....	26
Tab. 2. Vlastnosti a použití různých nenasyčených polyesterových pryskyřic.	27
Tab. 3. Ovlivnění vlastností epoxidových pryskyřic modifikacemi.	31
Tab. 4. Vlastnosti a použití různých typů epoxidových pryskyřic pro kompozity.	32
Tab. 5. Technické parametry vakuové pumpy Value.	51
Tab. 6. Skladba vrstev kompozitních desek.	61
Tab. 7. Technické parametry univerzálního zkušebního stroje Zwick 1456.	62
Tab. 8. Statistické údaje ohybových zkoušek.	67
Tab. 9. Statistické údaje zdánlivé mezilaminární smykové pevnosti.	69

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Výrobní výkres tvarové formy.
- P II Technický list polyesterové pryskyřice.
- P III Bezpečnostní list Butanox M-50.
- P IV Technický list epoxidové pryskyřice.
- P V Technický list separačního vosku.

PŘÍLOHA P I: VÝROBNÍ VÝKRES TVAROVÉ FORMY



INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	FT UTB ZLÍN	
				HMOTNOST kg	MĚŘÍTKO
				31,4	1:4
MATERIAL DŘEVOVLAKNITÉ DESKY (MDF)				ČSN	TRČ.
ROZMĚR POLDTOVARU				POZNÁMKA	Č. KUSOVNIKU
PŮM. ŽAŘ.				R. POZNÁMKA	
KRESLIL ŠKRABAL VÍTĚZSLAV			NORMA	STARÝ V.	
ZKONTROLOVAL			SCHVÁLIL	Č. VÝKRESU	
TECHNOLOG			DNE	11.3.2015	
NÁZEV			FORMA_01		
TVAROVÁ FORMA			LISTŮ		
			LIST		

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST POLYESTEROVÉ PRISKYŘICE

Strana 1 z 3

Technický list
644 / červen 2011

Ruší a nahrazuje všechna předchozí vydání

Vinalkyd 550 PE-TALV-LE-B



Nenasycená polyesterová pryskyřice

Popis:	Tixotropní, předrychlená, ortoftalová, středně reaktivní nenasyčená polyesterová pryskyřice s nízkou viskozitou
Použití:	<p>Používá se k produkci laminátových předmětů užívaných pro stavbu lodí, domácnost, stavebnictví a průmyslové účely. Vytvrzení se provádí přidáním 2% MEKP-50 (Butanox M-50). Vyztužení je docíleno přidáním skelné výztuže do hmotnostního obsahu až 60% v několika vrstvách.</p> <ul style="list-style-type: none">• Může být aplikován po gelcoatu G-2• Smí být zbarven organickými i anorganickými pigmenty• Velmi dobře smáčí skelnou výztuž• Nestéká při aplikaci na svislé povrchy• Na poslední vrstvu smí být aplikován topcoat.
Klasifikace:	Spňuje požadavky legislativy EU

Charakteristika

Vlastnost	NORMA
Vzhled (vizuální)	Modře zbarvená tixotropní tekutina
Netěkavý obsah, 125°C/1h: (ISO 2535)	56 ± 1%
Želatinační čas 20°C: (BNS EN ISO 3251)	15-25 min
Viskozita (Brookfield 23°C) (vřeteno 2, rychlost 12 ot/min)	800-1.000mPa.s
Tixotropní index (vřeteno 3, rychlost.5/50 ot/min) (ASTM D 2196-05 (B))	min 2,4

Ostatní data

Hustota při 20°C: (BNS EN ISO 2811-1)	1,1 g/cm ³
Číslo kyselosti: (BNS EN ISO 3682)	max 26 mgKOH/g
Bod vzplanutí: (BNS EN ISO 1523)	34°C

Fyzikálně – mechanické vlastnosti

Vytvrzovací systém	+ 2% MEKP
Vytvrzovací podmínky:	24 hod v běžné teplotě okolí dotvrzení 16 hod při 40°C
Pevnost v tahu: (BNS EN ISO 527-1,2)	min. 65 MPa
Pevnost v ohybu (BNS EN ISO 178)	min. 125 MPa
Tvrdość při 25°C (ASTM D 2583)	min. 50
HDT základní pryskyřice	80°C
Aplikace:	Nenasycená polyesterová pryskyřice Vinalkyd 550 PE-TALV-LE-B vytvrzuje následujícím vytvrzovacím systémem: Do 1000g pryskyřice přidejte 20g MEKP (Butano M-50), směs musí být dobře promíchána (homogenní) a poté použita. Zpracovatelnost směsi je od 15 do 25 minut, záleží na teplotě pryskyřice. Doba želatinace se zkracuje se zvyšující se teplotou nad 23°C. Nižší teplota čas želatinace prodlužuje.
Balení:	<ul style="list-style-type: none">• Kovová kónická dóza 22l s polyetylenou vložkou o čisté hmotnosti 20kg• Pozinkovaný barel 200l o čisté hmotnosti 200kg• Cisterna z nerezové oceli nebo hliníku

Skladování: Zabalená nenasyčená polyesterová pryskyřice je skladována v uzavřené, suché a ohnivzdorné skladovací ploše, chráněné proti přímému slunečnímu záření, při teplotě do 25°C.
Skladovací trvanlivost – 3 měsíce od data výroby

Bezpečnostní informace, ekologie: viz Bezpečnostní list

Účelem tohoto technického popisu je informovat klienta o kvalitě našeho produktu. Zdejší údaje jsou založené na našich stávajících znalostech. Vyzýváme naše klienty před započítím prací, aby prověřili kvalitu našich produktů nebo jejich přizpůsobivost bázi a udělali si zkušební aplikaci. Naši klienti se před započítím prací musí ujistit, že stávající technický popis nebyl změněn nebo nahrazen novým vydáním.

Orgachim®



Rousse, 21 "Treti mart", blvd., tel. 082 / 886 303; fax 082 / 886 257

www.orgachim.bg

PŘÍLOHA P III: BEZPEČNOSTNÍ LIST BUTANOX M-50

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005
Datum revize:

Stránka: 1/9

Název výrobku:

BUTANOX M-50



1. IDENTIFIKACE LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU A VÝROBCE, DOVOZCE, PRVNÍHO DISTRIBUTORA NEBO DISTRIBUTORA

1.1. Identifikace látky nebo přípravku:

Obchodní název látky:

BUTANOX M-50

Označení látky:

metyletylketonperoxid, roztok v dimethylftalátu

1.2. Použití látky nebo přípravku:

vytvrzovací činidlo

1.3. Identifikace výrobce, dovozce, prvního distributora nebo distributora:

Výrobce:

Akzo Nobel Polymer Chemicals bv
Stationsplein 4, PO Box 247, NL-3800 AE Amersfoort
Telefon: +31-3399-0

Číslo telefonu pro nouzové volání:

0031-570679211

Dovozce/první distributor:

POLYVIA NOVA, spol. s r.o.
Nad Vývozem 4844, 760 05 Zlín
Tel.: +420-577 141 171, 577 142 192
Fax: +420-577 142 144
Identifikační číslo: 499 754 71

1.4. Telefonní číslo pro mimořádné situace:

Toxikologické informační středisko
Na Bojišti 1, 128 00 Praha 2
Tel.: 224 919 293, 224 915 402, 224 914 575 (24 hodin/den)

2. INFORMACE O SLOŽENÍ LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

Výrobek obsahuje tyto nebezpečné látky:

Chemický název:	metyletylketonperoxid
Koncentrace:	30 – 37 %
Číslo CAS:	1338-23-4
Číslo EINECS:	215-661-2
Klasifikace:	R02; R22; R34; R07
Výstražný symbol nebezpečnosti:	C; E

Chemický název:	dimethylftalát
Koncentrace:	55 – 70 %
Číslo CAS:	131-11-3
Číslo EINECS:	205-011-6
Klasifikace:	žádný
Výstražný symbol nebezpečnosti:	žádný

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005
Datum revize:

Stránka: 2/9

Název výrobku: **BUTANOX M-50**

Chemický název: metyletylketon
Koncentrace: 1 - 5 %
Číslo CAS: 78-93-3
Číslo EINECS: 201-159-0
Klasifikace: R11; R36; R66; R67
Výstražný symbol nebezpečnosti: F; Xi

Chemický název: voda
Koncentrace: 1 – 3 %
Číslo CAS: 7732-18-5
Číslo EINECS: 231-791-2
Klasifikace: žádný
Výstražný symbol nebezpečnosti: žádný

Kompletní znění R-vět viz kapitola 16.

3. ÚDAJE O NEBEZPEČNOSTI LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

- 3.1. Klasifikace látky nebo přípravku:** žíravý, oxidující.
3.2. Nejdůležitější nepříznivé účinky na zdraví člověka při používání látky: zdraví škodlivý při požití. Způsobuje poleptání.
3.3. Účinky na životní prostředí při používání látky:
3.4. Možné účinky při nevhodném použití látky: může způsobit požár.

4. POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

- 4.1. Všeobecné pokyny:** okamžitě přivolejte lékaře.
4.2. Opatření první pomoci/při vdechnutí: přemístěte postiženou osobu na čerstvý vzduch. Pokud nedýchá, začněte s umělým dýcháním. Školená osoba může použít kyslíkový přístroj, pokud je k dispozici. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc.
4.3. Opatření první pomoci/při styku s kůží: ihned začněte oplachovat kůži velkým množstvím vody a pokračujte po dobu 15 minut. Během vyplachování vysvěčte kontaminovaný oděv a boty. Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc. Oblečení před opětovným použitím vyperte. Kontaminovanou obuv důkladně vyčistěte nebo zničte.
4.4. Opatření první pomoci/při zasažení očí: okamžitě začněte souvislé vyplachování očí vodou o délce nejméně 15 minut. Zkušená osoba by měla během vyplachování vyjmout kontaktní čočky, ale jen pokud je to snadno proveditelné. V průběhu vyplachování držte oční víčka otevřená tak, aby byl vodou opláchnutý celý povrch oka a víčka.
Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005
Datum revize:

Stránka: 3/9

Název výrobku: **BUTANOX M-50**

4.5. Opatření první pomoci/při požití:
lékařskou

NEVYVOLÁVEJTE zvracení. Neprodleně vyhledejte

pomoc. Zavolejte lékaře nebo toxikologické centrum. Pokud je oběť při vědomí a při smyslech, podejte jí šálek vody. Nikdy nevkládejte nic do úst osoby, která je v bezvědomí nebo v křeči. V případě zvracení položte pacienta na levou stranu, aby se snížilo riziko vdechnutí zvratků.

4.6. Pokyny pro lékařské ošetření:

symptomy a účinky: zdraví škodlivý při požití. Způsobuje poleptání. Způsobuje poranění rohovky a očních víček. Nebezpečí vážného poškození očí.

Osoby s kožním či respiračním onemocněním a/nebo chorobami centrální nervové soustavy jsou při styku s tímto materiálem vystaveny vyššímu riziku.

5. OPATŘENÍ PRO HASEBNÍ ZÁSAH

5.1. Vhodná hasiva:

postřik vodou, pěna odolná vůči alkoholu, písek, suchý chemický prášek, CO₂.

5.2. Z bezpečnostních důvodů nevhodná hasiva:

halony.

5.3. Zvláštní nebezpečí způsobená expozicí samotné látky nebo přípravku, jeho produktům hoření nebo

vzniklým plynům:

UPOZORNĚNÍ: může opětovně vzplanout. Rozklad za účinku zahřívání (viz. také sekci Nebezpečné produkty rozkladu). Při požáru podporuje hoření. Páry mohou tvořit výbušné směsi se vzduchem. V případě požáru nebo výbuchu nevdechujte dýmy.

Nebezpečné produkty rozkladu/spalování: oxid uhličitý, oxid uhelnatý, voda, kyselina octová, kyselina mravenčí, kyselina propionová, metyletylketon.

5.4. Zvláštní ochranné prostředky pro hasiče:

Hasiči musí mít na sobě protipožární osobní ochranné prostředky. Používejte schválený dýchací přístroj a ochranné rukavice.

5.5. Další údaje

Evakuujte všechny osoby, které nejsou nezbytné. Haste malý požár práškem nebo oxidem uhličitým a poté použijte vodu, abyste zabránili znovuvznícení. Ochlazujte uzavřené nádoby vodou. Voda používaná k hašení požáru se nesmí dostat do kanalizace a vodotečí. Po požáru důkladně vyvětrejte prostor a namočte vodou, očistěte stěny a kovové povrchy.

6. OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

6.1. Bezpečnostní opatření na ochranu osob:

Nevdechujte dýmy/páry. Zamezte styku s kůží a očima. Osobní ochrana viz. kapitola 8.

6.2. Bezpečnostní opatření na ochranu životního prostředí:

Zamezte úniku do kanalizace a vodotečí.

6.3. Doporučené metody čištění a zneškodnění:

Pokud možno zastavte únik. Odstraňte všechny zdroje vznícení a nevytvářejte otevřený plamen nebo jiskry. Co největší množství posbírejte do čisté nádře pro další použití (nejlépe) nebo zneškodnění.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005

Stránka: 4/9

Datum revize:

Název výrobku: **BUTANOX M-50**

Pokryjte zbytky inertním absorbentem (např. vermikulitem) pro zneškodnění. Udržujte obsah vlhký. Odpad by neměl být uzavřen. Opláchněte okolí velkým množstvím vody.

6.4. Dodatečné odkazy.

UPOZORNĚNÍ: může opětovně vzplanout. Páry jsou těžší než vzduch a mohou se šířit při podlaze. Páry se mohou dostat ke zdroji vznícení a znovu vzplanout. Zajištěte evakuaci osob na bezpečné místo.

7. POKYNY PRO ZACHÁZENÍ S LÁTKOU NEBO PŘÍPRAVKEM A SKLADOVÁNÍ LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

7.1. Pokyny pro zacházení:

Nikdy neodvažujte ve skladu.

Nejezte, nepijte a nekuřte při používání.

Nepipetujte ústy.

Nevdechujte dýmy/páry.

Zacházejte v dobře větraných prostorech.

Odstraňte všechny zdroje vznícení a nevytvářejte otevřený plamen nebo jiskry.

Uchovávejte odděleně od redukčních činidel (např. aminů), kyselin, alkalických látek, sloučenin těžkých kovů (např. urychlovačů, sušiv, kovových mýdel).

Udržujte produkt a vyprázdňenou nádobu odděleně od zdrojů tepla a vznícení. Je nutno zabránit uzavření. Zamezte otřesům a tření. Zamezte styku s kůží a očima. Zamezte styku s neslučitelnými

materiály (viz. sekce 10).

Doporučuje se použít elektrické zařízení teplotní skupiny T3. Nikdy však nelze vyloučit samovznícení. Po zacházení nebo kontaktu si umyjte důkladně ruce. Uchovávejte pracovní oblečení odděleně a neberte je domů.

7.2. Pokyny pro skladování:

Skladujte v souladu s místními národními předpisy.

Uchovávejte odděleně potravin, nápojů a krmiv.

Skladujte na suchém, dobře větraném místě odděleně od zdrojů tepla a přímého slunečního záření.

Skladujte odděleně od ostatních chemikálií.

Uchovávejte pouze v původním obalu.

Udržujte nádoby ve svislé poloze, aby se zabránilo úniku.

Pro zachování kvality skladujte při teplotě nižší než: 25°C.

Prevence požáru a výbuchu:

Používejte zařízení chráněná proti výbuchu. Uchovávejte mimo dosah zápalných zdrojů – Zákaz kouření. Páry jsou těžší než vzduch a mohou se šířit při podlaze. V oblastech, kde se mohou vyskytovat výbušné směsi par a vzduchu, používejte výhradně nástroje neprodukující jiskry.

Neřezejte ani nesvařujte v blízkosti nádoby i kdyby byla prázdná. Ochranná dusíková atmosféra sice snižuje hořlavost produktu, ale při teplotách nad 55°C (131°F) není plně efektivní.

8. OMEZOVÁNÍ EXPOZICE LÁTKOU NEBO PŘÍPRAVKEM A OCHRANA OSOB

8.1. Expoziční limity:

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005
Datum revize:

Stránka: 5/9

Název výrobku: **BUTANOX M-50**

Název látky	PEL (mg.m ⁻³)	NPK-P (mg.m ⁻³)
Metyletylketonperoxid (CAS 1338-23-4)		1.5
Dimetylfthalát (CAS 131-11-3)	5	10
Metyletylketon (CAS 78-93-3)	600	900

8.2. Omezování expozice:

zajistěte dobré větrání a místní odsávání na pracovišti. Je doporučeno větrání v nevybušném provedení.

8.2.1. Omezování expozice pracovníků:

8.2.1.1. Ochrana dýchacích orgánů:

v případě nedostatečného větrání použijte vhodné dýchací přístroje (dýchací přístroj s filtrem A).

8.2.1.2. Ochrana rukou:

použijte vhodné ochranné rukavice z neoprenu nebo syntetického kaučuku.

8.2.1.3. Ochrana očí:

použijte osobní ochranné prostředky pro oči a obličej.

8.2.1.4. Ochrana těla:

použijte vhodný ochranný oděv. Před dalším použitím oděv vyperte.

8.2.1.5. Další informace:

Nouzové sprchy a zařízení pro vyplachování očí musí být dostupné.

8.2.2. Omezování expozice životního prostředí:

9. INFORMACE O FYZIKÁLNÍCH A CHEMICKÝCH VLASTNOSTECH LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

9.1. Všeobecné informace:

Vzhled: kapalný
Barva: čirá, bezbarvá
Zápach: mdlý

9.2. Důležité informace z hlediska ochrany zdraví, bezpečnosti a životního prostředí:

Hodnota pH: slabě kyselé
Bod varu: nepoužitelné (rozkládá se)
Teplota tání: nestanoveno
Bod vzplanutí: nad hodnotou SADT
Hořlavost: produkty rozkladu mohou být hořlavé
Výbušné vlastnosti: žádné
Oxidační vlastnosti: nepoužitelné
Tenze par: nestanoveno
Hustota (20°C/68°F): 1180 kg/m³
Specifická tíha (20°C/68°F): 1.180
Rozpustnost ve vodě (20°C/68°F): z části mísitelný s vodou
Rozpustnost v dalších rozpouštědlech (20°C/68°F): mísitelný s ftaláty

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005

Stránka: 6/9

Datum revize:

Název výrobku: **BUTANOX M-50**

Rozdělovací koeficient

n-oktanol/voda: nestanoveno

Relativní hustota par

(vzduch = 1): nestanoveno

Viskozita (20°C/68°F): 24 mPa.s

Obsah aktivního kyslíku: 8.8 – 9.0%

Obsah peroxidu: 30 – 37%

SADT: 60°C (viz. také kapitola 10)

Meze výbušnosti: nestanoveno

Obsah těkavých látek: 5%

10. INFORMACE O STABILITĚ A REAKTIVITĚ LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

10.1. Podmínky, kterým je třeba zamezit: pro zachování kvality skladujte v níže uvedeném originálním uzavřeném balení při teplotě do 25°C. Zamezte otřesům a tření. Je nutno zabránit uzavření. K polymerizaci nedochází.

SADT (self accelerating decomposition temperature – teplota autokatalytického rozkladu) je nejnižší teplota, při které může nastat autokatalytický rozklad v balení použitém při dopravě. Nebezpečná reakce autokatalytického rozkladu a – za určitých podmínek – tepelný rozklad může způsobit výbuch nebo požár při následujících i vyšších teplotách: 60°C. Kontakt s neslučitelnými látkami může způsobit rozklad při teplotě SADT (autokatalytického rozkladu) nebo i při teplotách nižších než je SADT 60°C.

10.2. Materiály, které nelze použít:

zamezte styku se rží, železem a mědí. Nebezpečný rozklad při kontaktu s neslučitelnými materiály jako kyselinami, alkáliemi, těžkými kovy a redukčními činidly. Nesměšujte s peroxidovými urychlovači. Používejte pouze nerez ocel 316, PVC, polyetylen nebo zařízení potažené sklem.

10.3. Nebezpečné produkty rozkladu: propionová,

voda, kyselina octová, kyselina mravenčí, kyselina metyletylketon.

10.4. Další informace:

bezpečnostní postupy se mohou lišit s ohledem na podmínky. Zákazník musí mít odpovídající bezpečnostní plán na příslušném místě. Kontaktujte AKZO Nobel pro pomoc se zpracováním odpovídajícího bezpečnostního plánu.

11. INFORMACE O TOXIKOLOGICKÝCH VLASTNOSTECH LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

11.1. Toxikologické účinky (na lidské zdraví) a případné příznaky po zasažení:

Žádné experimentální toxikologické údaje o přípravku jako takovém nejsou k dispozici. Následující

údaje jsou použitelné pro směsi uvedené níže.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005

Stránka: 7/9

Datum revize:

Název výrobku: BUTANOX M-50

11.2. Informace o produktu:

Metyletylketonperoxid (CAS: 1338-23-4, EINECS: 215-661-2), 40% v dimethylftalátu

Akutní toxicita

- LD50, orálně, potkan: 1.017 mg/kg
- LD50, dermálně, potkan: 4.000 mg/kg
- LC50, vdechnutí, potkan: 17 mg/l; 4 hodiny doba expozice

Dráždění: kůže: žíravý
oči: žíravý

Senzibilizace: bez senzibilizačního účinku.

Genotoxicita: Amesův test: nemutagenní.

Dimethylftalát (CAS: 131-11-3, EINECS: 205-011-6)

Akutní toxicita

- LD50, orálně, potkan: > 2.400 mg/kg
- LD50, dermálně, králík: > 10.000 mg/kg
- LC50, vdechnutí: 9.300 mg/m³ (6.5 hod.)

Dráždění: kůže: slabě dráždivý
oči: minimálně dráždivý

Metyletylketon (CAS: 78-93-3, EINECS: 201-159-0)

Akutní toxicita

- LD50, orálně, potkan: 2.737 mg/kg
- LD50, dermálně, králík: 6.480 mg/kg
- LC50, vdechnutí, potkan: 23.5000 mg/m³

Dráždění: kůže: mírně dráždivý
oči: mírně dráždivý

12. EKOLOGICKÉ INFORMACE O LÁTCE NEBO PŘÍPRAVKU

Informace o produktu:

Žádné experimentální ekologické údaje o přípravku jako takovém nejsou k dispozici.

Následující

údaje jsou použitelné pro směsi uvedené níže:

Metyletylketonperoxid (CAS: 1338-23-4, EINECS: 215-661-2), 40% v dimethylftalátu

Ekotoxicita

Ryby: akutní toxicita, 96h-LC50 = 44.2 mg/l (Poecilia reticulata)
Bakterie: respirační inhibiční test aktivovaného kalu EC50 = 48.0 mg/l
Biotická degradace: snadno biodegradovatelný (test v uzavřené láhvi)

Dimethylftalát (CAS: 131-11-3, EINECS: 205-011-6)

Ekotoxicita

Ryby: Lepomis macrochirus, 96h-LC50: 420 ppm
Řasy: Selenastrum capricornutum: 39.8 mg/l (96h-IC50)
Biotická degradace: snadno biodegradovatelný
Další informace: biokoncentrační faktor ryby 5.4 (24 hodin)

Metyletylketon (CAS: 78-93-3, EINECS: 201-159-0)

Ekotoxicita

Ryby: Lepomis macrochirus: 96h-LC50: 3.22 g/l
Biotická degradace: snadno biodegradovatelný

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005
Datum revize:

Stránka: 8/9

Název výrobku: **BUTANOX M-50**

Další informace: přirozeně se vyskytující látka

13. POKYNY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

13.1. Způsoby odstraňování látky nebo přípravku:

vzhledem ke zvýšenému riziku kontaminace se recyklace/opětovné použití nedoporučuje. Zneškodnění odpadu podle místních předpisů (s největší pravděpodobností řízené spalování).

13.2. Způsoby odstraňování znečištěných obalů:

v souladu s místními předpisy. Prázdný kontejner může obsahovat zbytky výrobku. Dodržujte všechna bezpečnostní opatření i po vyprázdnění kontejneru.

13.3. Kódové číslo odpadu:

Odpad by měl být považován za speciální odpad pro odstranění. Prosím ověřte si údaje pro Vás průmyslový obor v Evropském katalogu odpadu.

13.4. Další informace:

Pro další radu kontaktujte výrobce.

13.5. Právní předpisy o odpadech:

Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech, ve znění pozdějších předpisů.

14. INFORMACE PRO PŘEPRAVU LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

ADR	5.2	UN-číslo: 3105	Klasifikační kód ADR: P1
		Nehodový list (TREM-Card): CEFIC TEC(R)-52GP1-L	
		Technický název pro přepravu:	
		Organický peroxid typu d, kapalný; (metyletylketonperoxid)	
		Požadované štítky: 5.2	
RID	5.2	UN-číslo: 3105	
		Nehodový list (TREM-Card): CEFIC TEC(R)-52GP1-L	
		Technický název pro přepravu:	
		Organický peroxid typu d, kapalný; (metyletylketonperoxid)	
		Požadované štítky: 5.2	
IMDG	5.2/II	UN-number: 3105	EMS: F-J, S-R
		Látky znečišťující moře: žádné	
		Technický název pro přepravu:	
		Organic peroxide type d, liquid; (Methyl ethyl ketone peroxide)	
		Nálepka (nálepky): 5.2	
IATA	5.2	UN-number: 3105	Typ obalu: II
		Technický název pro přepravu:	
		Organic peroxide type d, liquid; (Methyl ethyl ketone peroxide)	
		Nálepka (nálepky): 5.2	

15. INFORMACE O PRÁVNÍCH PŘEDPISECH VZTAHUJÍCÍCH SE K LÁTCE NEBO PŘÍPRAVKU

Označení / klasifikace v souladu s předpisy EU:

Symbole nebezpečí:



žravý



oxidující

BEZPEČNOSTNÍ LIST

(dle vyhlášky č. 231/2004 Sb.)

Datum vydání: 08.12.2005
Datum revize:

Stránka: 9/9

Název výrobku: **BUTANOX M-50**

Složka(y), určující nebezpečí pro uvedení na štítku:
metyletylketonperoxid, roztok v dimethylfthalátu

R-věty

R7	Může způsobit požár.
R22	Zdraví škodlivý při požití.
R34	Způsobuje poleptání.

S-věty

S 3/7	Uchovávejte obal těsně uzavřený na chladném místě. Uchovávejte odděleně od redukčních činidel (např. aminů), kyselin, alkalických látek, sloučenin těžkých kovů (např. urychlovačů, sušiv, kovových mýdel).
S 14	
S 36/37/39	Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít.
S 45	V případě nehody nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení).
S 50	Nesměšujte s peroxidovými urychlovači nebo redukčními činidly.

16. DALŠÍ INFORMACE VZTAHUJÍCÍ SE K LÁTCE NEBO PŘÍPRAVKU

Kompletní znění R-vět z kapitoly 2:

R2	Nebezpečí výbuchu při úderu, tření, ohni nebo působením jiných zdrojů zapálení.
R7	Může způsobit požár.
R11	Vysoce hořlavý.
R22	Zdraví škodlivý při požití.
R34	Způsobuje poleptání.
R36	Dráždí oči.
R66	Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže.
R67	Vdechování par může způsobit ospalost a závratě.

Tato informace se týká výše zmíněného produktu a nemusí být platná při použití s jiným produktem (produkty) nebo v jiném procesu. Informace jsou podle našich nejlepších současných znalostí správné a úplné a jsou podány v dobré víře, ale bez záruky. Zůstává vlastní odpovědností uživatele, aby se přesvědčil, že informace jsou odpovídající a úplné pro jeho speciální použití tohoto produktu.

PŘÍLOHA P IV: TECHNICKÝ LIST EPOXIDOVÉ PRYSKYŘICE



Havel L285

Laminating resin L 285 Hardener 500

Characteristics

Approval:	--
Application:	Production of composite structures Boat and shipbuilding Sports equipment Model airplanes Moulds and tools
Operational temperature:	-60°C → +50 - 60°C (75°F → 120 - 140°F) without heat treatment
Processing:	At temperatures between 10°C and 40°C (50-105°F) All usual processing methods
Special properties:	Extremely good physiological compatibility Good mechanical properties Very short curing times even at low temperatures
Special modifications:	L 285 T: Thixotropic L 285 W: White

Processing details

	Laminating resin L 285 Résine L 285	Hardener 500 Durcisseur 500
Average EP -Value Valeur moyenne EP	0,63	-
Average amine equivalent Equivalent moyen d'amine	-	62

Mechanical data of un-reinforced resin

	lbs/gal g/cm ³	9.8 - 10 1,18 - 1,20
Density Densité		
Flexural strength Résistance à la flexion	psi x 10 ³ N/mm ²	17 - 20 120 - 140
Modulus of elasticity Module d'élasticité en flexion	psi x 10 ³ kN/mm ²	4.8 - 5.1 3,3 - 3,5
Tensile strength Résistance à la traction	psi x 10 ³ N/mm ²	10 - 11.5 70 - 80
Compressive strength Résistance à la pression (Dureté)	psi x 10 ³ N/mm ²	18 - 20 120 - 140
Elongation Allongement	%	5 - 6.5
Impact strength Résistance aux chocs	Nmm/mm ²	40 - 50
Shore hardness Dureté / Shore	D	86 - 90
Water absorption % Absorption d'eau %	24 h 23°C (75°F) 7 d/23°C (75°F)	0,10 - 0,20 0,20 - 0,50
Fatigue strength under reversed bending stresses acc. to DLR Brunenw. Tenue à la flexion alternée selon DLR Braunschweig	10% 90%	exp. 2 X 10 ⁶ exp. 2 X 10 ⁶
Curing: Durcissement:	24 h at 23°C (75°F) 24 h à 23°C	+ 15 h at 60°C (140°F) + 15 h à 60°C.
Representative data according to WL 5.3203 Parts 1 and 2 of the German Aviation Materials Manual.		Données représentatives établies d'après les règlements WL 5.3203 parts 1 et 2 prises du manual sur les matières de l'aviation allemande

Application

Low-viscosity laminating resin system not containing solvents or fillers, intended for processing and curing at room temperature. Suitable for production of parts with glass, carbon and aramid fiber reinforcements featuring high static and dynamic loadability.
The pot life is approx. 10-15 min. Laminating resin L 285 combined with hardener 500 is distinguished by very short curing times even at low temperatures (good curing is assured at temperatures starting at +10 °C). Non-tacky, high-gloss surfaces are obtained even with unfavorable curing conditions, such as lower temperatures or high relative humidity.

The mixing viscosities have been adjusted such that the resin will not run out of wide-meshed fabrics on vertical surfaces.

Thanks to their excellent adhesive properties, this system can also be used as adhesives for wood, metal, glass, concrete and numerous plastics. The thixotropic modification (e.g. laminating resin L 285 T) is to be preferred for thicker adhesive joints and vertical surfaces. Fillers (e.g. metal powder, talcum, cotton flakes, etc.) may be admixed to obtain special system properties. Due to the elongation of 4-7%, which is advantageous for use as a laminating resin, the shear strength and peel resistance are somewhat lower than those of our special adhesive resins.

Adhesive resin L 135 / K2 and Adhesive resin A 10 / A 20.

As a general rule applicable to all adhesives, thorough preparation of the intended adhesion surface is a fundamental prerequisite for good adhesion. Parting agent residue and contamination, such as dust, grease or water residue, will prevent effective bonding.

Storage

The resins and hardeners can be stored for at least 12 months in their carefully sealed original containers. The resins and hardeners may crystallize at temperatures below +15°C(60°F). The crystallization is visible as a clouding or solidification of the contents of the container. Before processing, the crystallization must be removed by warming up. Slow warming up to approx. 50 - 60°C (120-140°F) in a water bath or oven and stirring or shaking will clarify the contents of the container without any loss of quality. Use only completely transparent products. Before warming up, open containers slightly to permit equalization of pressure. Caution during warm-up! Do not warm up over an open flame! While stirring up use safety equipment (gloves, eyeglasses, respirator).

Caractéristiques de mise en oeuvre

Specifications

Laminating resin L 285 Résine L 285	
Density Densité	lbs/gal / 77°F g/cm ³ / 25°C
Viscosity Viscosité	cps / 77°F mPas / 25°C
Epoxyde equivalent Equivalent epoxy	-
Epoxyde value Valeur EP	-
Colour Coloration selon	Gardner

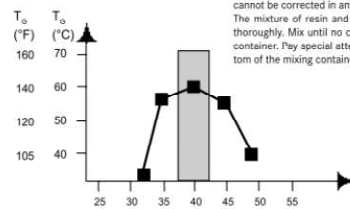
Hardener 500 Durcisseur 500	
Density Densité	lbs/gal / 77°F g/cm ³ / 25°C
Viscosity Viscosité	cps / 77°F mPas / 25°C
Amine value Indice d'amine	mg KOH / g
Colour Coloration selon	Gardner

Laminating resin L 285 - Hardener 500 Résin L 285 - Durcisseur 500	
Max T _g for curing at 18°C (65°F) Max T _g à 18°C durcissement	100 - 110°F 40 - 45°C
Max T _g for curing at 25°C (80°F) Max T _g à 25°C durcissement	120 - 150°F 50 - 60°C
Max T _g for heat treatment at 50°C (120°F) Max T _g à 50°C traitement thermique	140 - 150°F 60 - 65°C

Mixture ratio

Resin L 285 : Hardener 500 Résines L 285 : Durcisseur 500	
Parts by weight Parts de poids	100 : 40 +/-2
Parts by volume Parts de volume	100 : 50 +/-2

Mixing ratio ↔ glass transition temperature

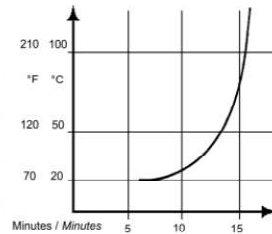


.....Parts by weight of hardener 500 to 100 parts by weight of laminating resin L 285
Curing: 14 days at 25°C (80°F)

Temperature rise

Quantity: 100 g/20°C (70°F)

The optimal processing temperature is in the range between 20 and 25 °C (70-80°F). Higher processing temperatures are possible, but will shorten pot life. A rise in temperature of 10 °C (20°F) will halve the pot life. Water (for example very high humidity or contained in fillers) causes an acceleration of the resin/hardener reaction. Different temperatures and humidities during processing have no significant effect on the strength of the cured product. Do not mix large quantities, especially from this highly reactive system. The heat flow from the mixing container is very low, so the contents will be warmed up very fast because of the reaction heat (exothermic resin-hardener reaction). This can cause temperatures >200°C (400°F) which may cause smoke intensive burning of the resin-hardener mixture.



Gel time

Film thickness 1 mm at different temperatures	70 - 80°F 20 - 25°C	app. 45 - 60 min. env. 45 - 60 min.
	105-115°F 40 - 45°C	app. 20 - 30 min. env. 20 - 30 min.

PŘÍLOHA P V: TECHNICKÝ LIST SEPARAČNÍHO VOSKU

Technical Bulletin

Wachsfabrik Segeberg GmbH

01-2005

Oskar's M-700

Product name: Oskar's M-700 Mould Release Paste Wax

General: M-700 is a solid emulsion of pure Carnauba wax in hydrocarbon solvents and water. At normal work in the mould it forms a very hard and resistant coat in order to delay the formation of styrene/wax residues (wax-built-up) and to avoid pre-release causing high costs of working over. M-700 is free from silicone.
The basic layer of M-700 is maintained by M-500.

Composition: M-700 contains Carnauba wax, petroleum-destillate, a emulsifier and water. M-700 does not contain morpholine, turpentine or silicone.

Appearance:	solid wax paste
Colour:	yellow up to gray-brownish
Odour:	nearly odourless
Specific Gravity:	~ 0.88 g/ml at 20 °C
pH-value:	not applicable
Flashpoint °C:	>65 °C
Ignition Temperature °C:	> 300
Explosion Limits:	0,6 – 8,5 Vol.-% (solvents)
Solubility:	partly in hydrocarbons, insoluble in water

Packaging: tins a' 425 gr. – cartons a' 12 tins

Storage: M-700 has a shelf life of at least 24 month if stored in its original, unopened containers in a dry and cool place. Avoid freezing and prolonged temperatures above 30 °C (86 °F).

Comments: M-700 is one component of OSKAR'S MOULD RELEASE AND MAINTENANCE SYSTEM. More detailed information regarding this system can be supplied upon request. This documentation describes the application of M-700 as well as the other parts of this system.

The data given above are based on current knowledge and experience. The data do not signify any warranty.

Wachsfabrik Segeberg, Asternweg 11, 23795 Bad Segeberg, Germany * Phone: +49 4551-3072 * Fax: +49 4551-3074