

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



**Přehled a hodnocení technických specifikací zalévacích  
materiálů pro výrobu desek na bázi dřeva s transparentní  
vrstvou**

Bakalářská práce

Autor: Jan Holub

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

2016

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Holub

Dřevařství

Název práce

**Přehled a hodnocení technických specifikací zalévacích materiálů pro výrobu desek na bázi dřeva s transparentní vrstvou**

Název anglicky

**The overview and the evaluation of the technical specifications of transparent materials for the production of composite wood panels**

---

### Cíle práce

Cílem práce je porovnání vlastností zalévacích pryskyřic na tuzemském trhu. Jedná se především o směsi na bázi epoxidových, polyuretanových a polyesterových pryskyřic, polymethylmetakrylátů apod. Součástí práce je zhodnocení technologických specifik jejich použití při zalévání a při dalším zpracování.

### Metodika

Počáteční etapou řešení je podrobné prostudování uvedené problematiky a provedení literární rešerše. Dále pak výběr jednotlivých typů pryskyřic k porovnání a u hlavních způsobů provedení zjištění a posouzení jejich parametrů. Součástí práce je návrh vlastního typu kompozitního materiálu ze dřeva a transparentní vrstvy s vizuálním efektem. Další etapou je vyhodnocení zjištěných údajů, vyvození závěrů a doporučení. Následuje odevzdání práce v tištěné i elektronické podobě.

Doporučený rozsah práce  
50-60 stran textu, 5-15 stran příloh

Klíčová slova  
materiál na bázi dřeva, zalévací hmota, transparentní vrstva, pryskyřice

---

Doporučené zdroje informací

KRÁL, P. – HRÁZSKÝ, J. *Výroba dřív a překližovaných materiálů – cvičení*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-484-8.  
LANDEL, R.F. – NIELSEN, L.E. *Mechanical properties of polymers and composites*. New York: Marcel Dekker, 1994. ISBN 0-8247-8964-4.  
NUTSCH, W. *Příručka pro truhláře*. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-60-3.  
Příslušné normy ČSN a EN.  
Webové prezentace výrobců a dodavatelů zalévacích hmot.

---

Předběžný termín obhajoby  
2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce  
doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Garantující pracoviště  
Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

---

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2016

doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.  
Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2016

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.  
Děkan

V Praze dne 26. 03. 2016

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Přehled a hodnocení technických specifikací zalévacích materiálů pro výrobu desek na bázi dřeva s transparentní vrstvou“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Martina Böhma, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 18. 4. 2016

---

Jan Holub

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Böhmovi, Ph.D. za pomoc a příkladné vedení bakalářské práce, podporu mé snahy zpracovat vlastní téma a pomoc při orientaci ve zvolené problematice.

Také musím poděkovat své rodině, manželce Kristýně a dětem Alžbětě, Antonínovi a Aloisovi za všeobecnou podporu.

Jan Holub

# **Přehled a hodnocení technických specifikací zalévacích materiálů pro výrobu desek na bázi dřeva s transparentní vrstvou**

## **Souhrn**

Práce obsahuje: obecné seznámení se součástmi desek na bázi dřeva s transparentní vrstvou, historii jejich výroby. Zahrnuje požadavky kladené na jednotlivé součásti kompozitních desek na bázi dřeva a požadavky na dřevo a další materiály na bázi dřeva, které slouží jako výztuž. Rovněž uvádí nároky na zalévání materiálu, který slouží jako matrice.

Součástí je popis technologie výroby desek na bázi dřeva s transparentní vrstvou. Práce seznamuje s nejpoužívanějšími materiály sloužícími jako matrice, jejich charakteristickými vlastnostmi, podstatnými pro výrobu kompozitních desek. Porovnává parametry pryskyřic na bázi polyesteru, polyuretanu a epoxidu a rozebírá problematiku volby vhodného materiálu pro výrobu kompozitní desky na základě uživatelských požadavků. Součástí práce je návrh materiálů pro výrobu kompozitní desky s řízenou distribucí světla.

## **Klíčová slova:**

materiál na bázi dřeva, zalévací hmota, transparentní vrstva, polyuretan, polyester, epoxid, výztuž, matrice

# **The overview and the evaluation of the technical specifications of transparent materials for the production of composite wood panels**

## **Summary**

Work includes: general introduction to the components of the wood-based panels with a transparent layer, the history of their production. It includes requirements for individual components of composite wood panels and requirements for wood and other wood-based materials, which serve as reinforcement. Also mentions claims potting material, which serves as a matrix.

It includes a description of the technology of wood-based panels with a transparent layer. This paper introduces the most commonly used material serving as a matrix, their distinctive characteristics essential for the production of composite plates. Compares parameters resins based on polyester, polyurethane and epoxy resins and analyzes the choice of a suitable material for producing a composite board based on user requirements. Part of this work is to design materials for the manufacture of composite board with controlled light distribution.

## **Keywords:**

wood-based material, potting compound (divest), transparent layer, polyurethane, polyester, epoxide, armature, matrix

# Obsah

Obsah.....	8
Seznam tabulek a obrázků .....	9
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	11
<b>1. Úvod .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Cíle práce .....</b>	<b>13</b>
<b>3. Literární rešerše.....</b>	<b>13</b>
3.1. Historie.....	13
3.2. Desky na bázi dřeva.....	14
3.3. Součásti desek na bázi dřeva s transparentní vrstvou.....	14
3.3.1. Výztuže.....	15
3.3.2. Matrice.....	16
3.4. Alternativní kompozit .....	16
<b>4. Metodika .....</b>	<b>18</b>
4.1. Polyester.....	18
4.2. Polyuretan .....	20
4.3. Epoxid.....	24
4.4. Porovnání uvedených materiálů .....	27
4.5. Kritéria výběru vhodného materiálu .....	28
4.6. Návrh alternativního kompozitu.....	28
4.6.1. Materiál.....	28
4.6.2. Technologie výroby .....	29
4.7. Zvolený výběr materiálu matrice.....	32
<b>5. Závěr .....</b>	<b>33</b>
<b>6. Seznam literatury a použitých zdrojů.....</b>	<b>34</b>
<b>7. Obrazová příloha .....</b>	<b>35</b>



## Seznam tabulek a obrázků

### Tabulky:

**Tab. č. 1** – parametry - polyesterový systém společnosti Easy Composites Ltd - Water Clear Polyester Casting Resin+MEKP – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 19

**Tab. č. 2** – parametry - polyesterový systém společnosti Ashland Composite - Aropol G 200 LE +Butanox M50 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 20

**Tab. č. 3** – parametry - polyuretanový systém společnosti Smooth-on - Crystal Clear 202 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 22

**Tab. č. 4** – parametry - polyuretanový systém společnosti Smooth-on - Crystal Clear 200 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 22

**Tab. č. 5** – parametry - polyuretanový systém společnosti Smooth-on- Crystal Clear 204 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 23

**Tab. č. 6** – parametry - polyuretanový systém společnosti Smooth-on - Crystal Clear 206 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 23

**Tab. č. 7** – parametry - epoxidový tvrdý systém společnosti Resoltech - WWAHT + WWB4 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 25

**Tab. č. 8** – parametry – epoxidový pružný systém společnosti Resoltech - WWAHT + WWB4 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 25

**Tab. č. 9** – parametry – epoxidový tvrdý systém společnosti Resoltech - WWAST + WWB4 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 26

**Tab. č. 10** – parametry - epoxidový pružný systém společnosti Resoltech - WWAST + WWB4 – zpracováno z produktového listu materiálu, str. č. 26

**Tab. č. 11** – Schematický přehled výhod a nevýhod jednotlivých bází, str. č. 27

### Obrázky:

**Obr. č. 1** - Rozdíl v poměru zastoupení výztuže a matrice (Pinterest – dostupné z: [http://www.earthporm.com/fill-table-cracks/?utm\\_rcreplace\\_392=4650](http://www.earthporm.com/fill-table-cracks/?utm_rcreplace_392=4650), <http://designmag.fr/meubles-design/table-de-salon-en-acrylique.html>, 15. 4. 2016), str. č. 14

**Obr. č. 2** - Vlastní schéma procesu zalití první čiré vrstvy, str. č. 29

**Obr. č. 3** - Vlastní schéma procesu zalití druhé barvené vrstvy, str. č. 30

**Obr. č. 4** - Vlastní schéma vyfrézování drážek pro světlovodná vlákna, str. č. 30

**Obr č. 5** - Trajektorie drážek pro optická vlákna, str. č. 30

**Obr č. 6** - Vlastní schéma zalití světlovodných vláken třetí stejnobarevnou vrstvou, str. č. 30

**Obr č. 7** - Vlastní schéma zalití podkladové černé vrstvy, str. č. 31

**Obr č. 8** - Výsledná distribuce světla ze zdroje mimo desku, str. č. 31

### **Obrazová příloha:**

**Obr. č. 9** - Vrchní probarvená vrstva (Pinterest – dostupné z: <http://schemata.jp/flat-tables/> , 15. 4. 2016), str. č. 35

**Obr. č. 10** - Využití starého nábytku jako výztuže (Pinterest - dostupné z: <http://schemata.jp/flat-tables/> , 15. 4. 2016), str. č. 35

**Obr. č. 11** - Vysoký podíl matrice (Pinterest – dostupné z: [https://www.google.com/search?hl=cs-US&q=epoxy+resin+table&tbs=isch&tbs=simg:CAQSjgEaiwELEKjU2AQaBAGCCAUMCxCwjKcIGmIKYAgDEjjUBYMNhQHICtgF1wXkCoYY4QqJGOE16ifiNdomnSigNd81hiaCPoE-GjBviGyoZ48ZqqleERNsMhgyuC\\_1XI2AOaWpIafLFaOINjAedxZdV\\_1SDJ5EIKA5tXVssgAwwLEI6u\\_1ggaCgoI CAESBIAcHdUM&sa=X&ved=0ahUKEwjL8cG0rJbMAhUD8ywKHSVhD50Qwg4IGigA&biw=1920&bih=971#imgrc=tiO28LBmLsreM%3A](https://www.google.com/search?hl=cs-US&q=epoxy+resin+table&tbs=isch&tbs=simg:CAQSjgEaiwELEKjU2AQaBAGCCAUMCxCwjKcIGmIKYAgDEjjUBYMNhQHICtgF1wXkCoYY4QqJGOE16ifiNdomnSigNd81hiaCPoE-GjBviGyoZ48ZqqleERNsMhgyuC_1XI2AOaWpIafLFaOINjAedxZdV_1SDJ5EIKA5tXVssgAwwLEI6u_1ggaCgoI CAESBIAcHdUM&sa=X&ved=0ahUKEwjL8cG0rJbMAhUD8ywKHSVhD50Qwg4IGigA&biw=1920&bih=971#imgrc=tiO28LBmLsreM%3A), 15. 4. 2016), str. č. 36

**Obr. č. 12** - Vysoký podíl výztuže (Pinterest – dostupné z: <http://kalasluxury.com/wp-content/uploads/2015/03/RES%C4%B0NE-MASA1-RSN-RM1.jpg>, 15. 4. 2016), str. č. 36

**Obr. č. 13** - Využití původního povrchu s mechem jako výztuže (Pinterest – dostupné z: <http://www.olnews.net/content-394188.html>, 15. 4. 2016), str. č. 37

**Obr. č. 14** – Využití původního povrchu se stopami po dřevokazném hmyzu – Pinterest – dostupné z: <http://www.olnews.net/content-394188.html>, 15. 4. 2016, str. 37

**Obr. č. 15** - Transparentní vrstva využitá k distribuci světla (Pinterest – dostupné z: [https://jasonthomasarchitect.files.wordpress.com/2012/01/1\\_table\\_for\\_website.jpg](https://jasonthomasarchitect.files.wordpress.com/2012/01/1_table_for_website.jpg), 15. 4. 2016), str. č. 38

**Obr. č. 16** - Transparentní vrstva využitá k distribuci světla (Pinterest – dostupné z: [http://www.woodweb.com/galleries/project/images/2360/Confluence\\_dining\\_tbl\\_72dpi.jpg](http://www.woodweb.com/galleries/project/images/2360/Confluence_dining_tbl_72dpi.jpg), 15. 4. 2016), str. č. 38

**Obr. č. 17** - Svítidla (Pinterest – dostupné z: [http://www.marcostefanelli.it/wp-content/uploads/2014/08/BRECCE\\_5-468x700.jpg](http://www.marcostefanelli.it/wp-content/uploads/2014/08/BRECCE_5-468x700.jpg), 15. 4. 2016), str. č. 39

**Obr. č. 18** – Užití bočního řeziva (Pinterest – dostupné z: <http://www.brummelhuishout.nl/Hout-combineren>, 18. 4. 2016), str. 39

**Obr. č. 19** – Vedení světla (Pinterest – dostupné z: <http://www.giancarlozema.com/bright-woods-collection-2/>, 18. 4. 2016), str. 40

**Obr. č. 20** – Využití zlomu dřeva (Pinterest – dostupné z: <http://www.6sqft.com/jack-craig-fixes-a-smashed-table-with-a-caramelized-resin-top/>, 18. 4. 2016), str. 40

## **Seznam použitých zkratk a symbolů**

AK..... Alternativní kompozit

MEKP.....Methylethylketonperoxid

## 1. Úvod

Současné designové trendy interiérového nábytku přinášejí potřebu řešit technologické problémy nových kombinací materiálů. Jednou ze, v současnosti dynamicky se rozvíjejících oblastí výroby, je tvorba kompozitních desek na bázi dřeva s transparentní vrstvou. Výstupy uvedené oblasti umožňují naplnění nejrůznějších individuálních požadavků klienta, ať už jde o požadavky čistě vizuální, ale i tvarové, požadavky na distribuci světla nebo jiné. Tato práce si bere za cíl jednoduchým způsobem uspořádat přehled dnes nejpoužívanějších materiálů. Měla by pomoci udělat si představu o podmínkách a možnostech vytvoření různých vizuálních efektů. Měla by přinést první informace těm, kteří se chtějí výrobou zmiňovaných produktů zabývat a posloužit jako odrazový můstek do složitého procesu volby vhodného materiálu.

## **2. Cíle práce**

Cíle této práce jsou:

- obecná charakteristika jednotlivých chemických bází nejpoužívanějších zalévacích hmot, pro potřeby stanovení specifických kritérií výběru vhodného materiálu,
- porovnání parametrů jednotlivých chemických bází materiálů,
- stanovení kritérií výběru vhodného materiálu,
- navržení vlastního AK a technologie jeho výroby,
- výběr materiálu vhodné chemické báze pro navrhovaný materiál.

## **3. Literární rešerše**

### **3.1. Historie**

V historii můžeme pozorovat mnoho příkladů snahy o vytvoření plochy s vysokou transparentní vrstvou. V minulosti byl pro vytvoření transparentní vrstvy používán především šelak (výměšky červce lakového), jehož zpracování je značně pracné, časově náročné a navíc dodnes vyžadující ruční práci. Teprve pokročilý rozvoj chemické výroby přinesl materiály použitelné pro skutečně silnou transparentní vrstvu. První, alespoň částečně transparentní umělou hmotou byl celuloid připravený roku 1865 z nitrátů celulózy a kafru (Mleziva J.- Kálal J., 1986). Jeho použití pro výrobu celého bloku bylo tehdy ještě daleko, ale předznamenal spolu s rozmachem vývoje materiálů na bázi kaučuku dynamický rozvoj makromolekulární chemie. Tento specializovaný vědní obor umožnil zavedení do praktické výroby roku 1941 polyesterových vláken, v roce 1947 použití epoxidových pryskyřic, roku 1954 první použití polyuretanů (Ducháček, V.,1995). Díky těmto úspěchům si pak plně našli své místo vývojáři a výrobci polymerních materiálů, kteří v současnosti neustále se zrychlujícím tempem uvádějí na trh stále nové materiály. Mezi nově uvedenými materiály tak samozřejmě mají své místo i transparentní zalévací pryskyřice.

### 3.2. Desky na bázi dřeva

Desky na bázi dřeva s transparentní vrstvou tedy alternativní kompozity (dále jen AK) jsou materiály podle způsobu výroby vycházející ze způsobů výroby kompozitů. Kompozit je nejčastěji definován jako materiál složený z jedné nebo více nespojitých fází uložených v jedné spojité fázi. Nespojitě fáze se pak označují pojmem výztuž a spojité pojmem matrice. (Valášek P., 2014) U AK již není tato definice zcela přesná, neboť poměrové zastoupení „výztuže“ a „matrice“ se může pohybovat z extrému na jedné straně, tedy z takřka plného zastoupení „matrice“ s nepatrným zastoupením „výztuže“ (deska z čiré hmoty se zalitými semínky), do druhého extrému téměř plného zastoupení „výztuže“ a nepatrného zastoupení „matrice“ (dřevěná deska se stopami po působení dřevokazného hmyzu vyplněnými čirou hmotou). Z uvedeného je patrné že v případě AK „matrice“ nemusí být vždy výhradně spojitá a „výztuž“ nemusí být výhradně nespojitá. Přes tento rozpor je možné pro potřeby rozdělení jednotlivých částí materiálu AK zachovat pojmy výztuž a matrice.



Obr. č. 1 - Rozdíl v poměru zastoupení výztuže a matrice - Pinterest

### 3.3. Součásti desek na bázi dřeva s transparentní vrstvou

AK jsou obvykle vyráběny s důrazem na vizuální efekt vycházející z nejrůznějších obměn kombinací materiálů, přesto některá specifika zůstávají zachována vždy. Zpravidla jde o kombinaci matrice z makromolekulárních látek, reaktoplastů, tvořící zcela homogenní izotropní a na změny vlhkosti jen málo reagující nebo zcela nereagující část, a výztuže tvořenou dřevem nebo jiným přírodním

materiálem na bázi celulózy obvykle pak anizotropní povahy, různou měrou reagující na změny vlhkosti, popřípadě ještě třetí části výztuže z jiných nedřevěných převážně přírodních materiálů, a i někdy konstrukčními prvky pro následnou montáž.

### 3.3.1. Výztuže

Pro potřeby výroby AK jsou na výztuže kladeny následující požadavky:

Vlhkost 6 - 8 %, soudržnost povrchu, dobrá adheze s matricí, snadná opracovatelnost, chemická stabilita (nesmí chemicky reagovat s matricí), barevná stabilita (nemá příliš měnit barvu vlivem působení ultrafialového záření), vhodná měrná hmotnost podle požadovaného efektu (je třeba, aby výztuž neplavala nebo naopak plavala podle technologického procesu), estetický vzhled, nízká cena, atd.

Výztuž v AK neplní roli výztužnou jako u obecných kompozitních materiálů, ale roli čistě estetickou. Výběr výztuže je tak podřízen nejvíce samotnému vizuálnímu záměru.

Jako výztuž pak bývá nejčastěji použito:

- dřeva ve formě řeziva,
- dřeva ve formě větví, větévek s kůrou nebo bez,
- dřeva ve formě recyklovaných dílců starého nábytku,
- šišek, ořechů, květů, listů, mechu,
- rákosu, slámy, částí bylin,
- bambusu,
- organických materiálů živočišného původu - kostí, lastur měkkýšů,
- vláken rostlinného i živočišného původu,
- anorganických materiálů-kamínků, písku, střepů skla,
- kovových a nekovových součástí mechanismů, spalovacích motorů, elektronických součástek, atd.

Výběr konkrétní výztuže pak může přinést řadu výhod a nevýhod pro další technologický proces. Výhodou může být volba výztuže většího objemu, neboť výrazně snižuje náklady na matrici. Výběrem výztuže, která je tvarově zajímavá a nedá se samostatně obrábět (květy, listy, různé druhy šišek), se otvírají možnosti tvorby dalších efektů, provedením jejího řezu. Nevýhodou pak může být vysoká tvrdost (vyšší než tvrdost nástrojů pro další opracování). Je to především v případě volby kamínků, písku,

lastur apod. Při volbě výztuže je tedy třeba zohlednit celý následný proces výroby a přijmout tak určité kompromisy.

### **3.3.2. Matrice**

Jako matrice pro výrobu kompozitních materiálů se používají makromolekulární látky, které mají v nezreagované formě podobu více či méně vazkých kapalin. Polymerací vznikají prostorově pravidelně uspořádané makromolekuly (www.wikipedia.cz). Procesem polymerace, v těchto kapalinách vznikají pevné struktury a nabývají tak tuhého skupenství. Pro různé účely se používají jako matrice látky nejrůznějšího původu, anorganické, přírodní rostlinná pojiva, živočišná pojiva, atd. Pro potřeby výroby AK, jsou kladeny na matrice požadavky, které zužují výběr na syntetické polymery. Dnes se používají předními světovými výrobci dodávané zalévací systémy nejčastěji na bázi: polyesteru, polyuretanu a epoxidu.

## **3.4. Alternativní kompozit**

Jednotlivé kroky technologie výroby AK se mohou, případ od případu značně lišit přesto základní procesy zůstávají stejné.

Sled činností zalévání obsahuje:

- přípravu formy se založenou výztuží,
- přípravu zalévací hmoty,
- přípravu poměru složek (obvykle navážení nebo objemové odměření),
- smísení složek,
- barvení směsi,
- případně rozmíchání výztuže, která má být stejnoměrně zastoupena v celém objemu (třpytky, semínka apod.),
- důkladnou homogenizaci směsi,
- odstranění bublinek vmíseného vzduchu (snížením tlaku ve vakuové komoře),
- zalití výztuže připravenou zalévací hmotou,
- případnou úpravu polohy výztuže.

Doba, po kterou probíhá polymerace, se může značně lišit v závislosti na použitém materiálu matrice. Probíhá s ohledem ke skutečnosti, že procesy



polymerace nejběžněji používaných materiálů jsou exotermickými reakcemi i na geometrickém uspořádání celého produktu. Postup zalévání může být podle potřeby a požadovaného výsledku, opakován v dalších vrstvách. K plnému vytvrzení matrice dochází v průběhu delšího času. Dobu vytvrzení je možné zkrátit temperováním celého produktu na teplotu doporučenou výrobcem materiálu matrice (z produktového listu [www.resoltech.com](http://www.resoltech.com)). Vytvrzená deska se opracovává do požadovaného tvaru procesy: řezáním, vrtáním, broušením. Po uvedených úpravách může opět následovat zalévání za účelem vytvoření úplné izolace dřevěné výztuže, aby byla snížena na minimum její reakce na změny vlhkosti a tím i namáhání matrice. Poslední operací je konečné broušení a leštění povrchu.

Kritéria výběru vhodného materiálu vycházejí z požadavků na materiál matrice.

Na materiál matrice AK jsou kladeny následující požadavky:

- relativně vysoká pevnost, neboť není podpořena vyztužovací rolí výztuže (naopak některé druhy výztuže mohou pevnost snižovat),
- vysoká tvrdost povrchu,
- celková mechanická odolnost,
- schopnost absorbovat rozměrové změny výztuže,
- chemická stabilita,
- barevná stabilita,
- odolnost ultrafialovému záření,
- co nejlepší adheze k povrchu výztuže,
- nízká viskozita při zpracování,
- nízká tendence k chemické reakci s výztuží,
- co nejnižší míra reakce na vlhkost,
- co nejlepší optické vlastnosti - průhlednost, čírost,
- možnost barvení,
- co nejmenší množství výparů,
- nízká toxicita,
- nízká tendence k exotermickému přehřívání,
- snadné zpracování,
- absence nutnosti použít vysoce specializované vybavení a postupy,
- nízké pořizovací náklady,

- vysoká bezpečnost práce, atd.

Žádný dosud známý materiál není schopen splnit všechny výše uvedené požadavky beze zbytku. Proto volbou materiálu pro matrici vždy přistupujeme na kompromis.

## **4. Metodika**

Porovnání parametrů materiálů jednotlivých bází bylo provedeno na základě hodnot obsažených v tabulkách produktových listů výrobců jednotlivých materiálů a empiricky zjištěných specifík vlastní praxí. Tabulky porovnávají tyto vybrané hodnoty materiálů prezentované výrobcí: objemový míšící poměr, váhový míšící poměr, viskozita mixu při 23°C, doba zpracovatelnosti, doba odformování, plné vytvrzení při 23°C, (plné vytvrzení při 60°C), smršťení, hustota, tvrdost Shore, mezní protažení, maximální napětí v ohybu (produktové listy výrobců). Empiricky hodnocena je míra optické čistoty a čirosti materiálů a zápach při zpracování.

### **4.1. Polyester**

Polyesterové pryskyřice jsou látky, jejichž proces polymerace je polykondenzace a spouští ji katalyzátor z řady organických peroxidů často benzolperoxid, nejčastěji pak MEKTP (methylethylketonperoxid) (Kučera M., 1999). Na trh jsou dodávány v podobě ucelených systémů zalévacích hmot umožňujících vždy určitý rozsah aplikací. Systém je složen z vlastní pryskyřice, ke které se přidává malé množství katalyzátoru, cca od 0,5 do 3 %.

Výhodou polyesterových hmot je jejich až o 70 % nižší pořizovací cena ve srovnání s materiály podobných parametrů na jiné chemické bázi. To umožňuje výrazně zlevnit výrobu produktů, u kterých lze některé nevýhody polyesteru tolerovat.

Zalévací hmoty na bázi polyesteru ale vykazují v porovnání s jinými materiály malou poměrovou pružnost. Vyžadují tak přesné dodržení poměru složek. Proces jejich vytvrzování je značně exotermický a nedodržení poměru ve smyslu navýšení množství katalyzátoru má za následek tendenci k přehřívání směsi, což může vést k nežádoucí

tvorbě bublin, prasklin, degradaci barvy až k samovznícení (produktové listy výrobců [www.ashland.com](http://www.ashland.com), [www.easycomposites.com](http://www.easycomposites.com)).

Pokud je množství katalyzátoru naopak sníženo, neúměrně se prodlužuje doba polymerace či dokonce k plné polymeraci v celém objemu nedojde. K nežádoucímu přehřívání může vést při správném poměru i nedodržení maximální tloušťky vrstvy doporučené výrobcem, jelikož celý objem není chlazen dostatečným odvodem tepla do okolí. Z toho důvodu je třeba mísení složek, jakož i další operace od smísení do samotného zalití provést pokud možno rychle a po menších množstvích (z produktových listů výrobců [www.ashland.com](http://www.ashland.com), [www.easycomposites.com](http://www.easycomposites.com)).

Ve srovnání s jinými materiály nedosahují ani opticky nejčistší polyesterové hmoty srovnatelných parametrů. Další nevýhodou polyesterových hmot, je skutečnost, že produkují velké množství toxických výparů, navíc nepříjemného zápachu. Také mají tendenci vlivem působení ultrafialového záření žloutnout.

*Tab. č. 1 – parametry - polyesterový systém společnosti Easy Composites Ltd - Water Clear Polyester Casting Resin + MEKP – zpracováno z produktového listu materiálu*

#### **Water Clear Polyester Casting Resin + MEKP**

objemový mísicí poměr	-	
váhový mísicí poměr	<b>100 : 0,8-2</b>	
viskozita mixu při 23°C	330	
doba zpracovatelnosti	45 min	<b>při vrstvě 3 mm</b>
doba odformování	90 min	<b>při vrstvě 3 mm</b>
plné vytvrzení při 23°C	24 h	
plné vytvrzení při 60°C	-	
smrštění	< 0,5%	
hustota	1,11 g/cm <sup>3</sup>	
tvrdost Shore	80 Shore D	
mezní protažení	10 %	
maximální napětí v ohybu	<b>105 MPa</b>	

Pozn. MEKP=methylethylketonperoxid

Tab. č. 2 – parametry - polyesterový systém společnosti Ashland Composite - Aropol G 200 LE +Butanox M50 – zpracováno z produktového listu materiálu

### Aropol G 200 LE +Butanox M50

objemový míšící poměr	-
váhový míšící poměr	<b>100 : 1</b>
viskozita mixu při 23°C	180
doba zpracovatelnosti	45 min
doba odformování	90 min
plné vytvrzení při 23°C	24 h
plné vytvrzení při 60°C	-
smrštění	< 0,5%
hustota	1,1 g/cm <sup>2</sup>
tvrdost Shore	45 Barcol
mezní protažení	2 %
maximální napětí v ohybu	<b>85 MPa</b>

při vrstvě 3 mm  
při vrstvě 3 mm

Z tabulek výše uvedených stojí za povšimnutí směšovací poměr pryskyřice s katalyzátorem, který spolu s výrazně rozdílnou viskozitou pryskyřice a katalyzátoru ještě více problematizuje nízkou poměrovou pružnost materiálu polyesterových bází. Vysoká exotermie polyesterových bází je příčinou toho, že časy uvedené v tabulce se vztahují jen pro nechlazené odlitky s vrstvou 3 mm. Oba prezentované polyesterové systémy vykazují srovnatelné technické parametry ([www.ashland.com](http://www.ashland.com), [www.easycomposites.com](http://www.easycomposites.com)).

## 4.2. Polyuretan

Polyuretany jsou makromolekulární látky vzniklé reakcí diizokyanátů. Izokyanáty, látky, které obsahují funkční skupinu (N=C=O) reagují se vším, co obsahuje aktivní vodík (voda, alkohol, fenol atd.). Diizokyanáty spolu s polyoly (vícenásobnými alkoholy) tvoří polymerové řetězce procesem polyadice (Mleziva J. 1993). Polyuretany v posledních třech desetiletích prošly z makromolekulárních látek běžně dostupných na trhu zřejmě největším rozvojem. Na trh jsou dodávány ve formě zalévacích systémů dvou složek, polyolu a izokyanátu, které umožňují pokrytí širokého rozsahu aplikací. V poslední době je tak k dostání hned několik zalévacích systémů od mnoha výrobců.

Polyuretanové zalévací hmoty se připravují smísením dvou složek nejčastěji v objemovém poměru 1 : 1 s relativně vysokou poměrovou pružností. Drobné odchylky od ideálního poměru ani v jednom směru nevedou k zásadnímu zhoršení mechanických, chemických a jiných vlastností konečného produktu. Polyuretany vykazují proti jiným materiálům nízkou tenzi par a relativně nízký zápach. Tato skutečnost spolu s nízkou viskozitou v průběhu zpracování usnadňuje provádění všech technologických kroků od smísení po samotné zalití především však odvakuování vmíchaného vzduchu. Proces polymerace polyuretanů je exotermickou reakcí, na jejíž rychlost nemá vliv poměr jednotlivých složek. Výrobci obvykle dodávají v rámci zalévacího systému několik variant s rozdílnou rychlostí polymerace. Proto je možné zvolit si optimální variantu zalévacího systému, pro odlitek požadovaného rozměru, jež zaručí, že nedojde k přehřátí vlivem exotermické reakce.

Polyuretany vykazují vysokou pevnost, výborné optické vlastnosti, dobrou mechanickou i chemickou odolnost, dobře se barví a obecně snadno zpracovávají.

Vedle relativně vysoké pořizovací ceny je zásadní nevýhodou polyuretanů, reakce zalévací hmoty a jejích složek v průběhu výroby s vodou a vlhkostí v jakékoli podobě za vzniku oxidu uhličitého – tedy i vlhkostí vázanou ve výztuži. To může způsobit vznik nežádoucích bublin (u polyuretanových montážních pěn se takto vzniklý oxid uhličitý využívá jako nadouvadlo). S vodou reagují, jak zalévací směs, tak obě složky polyol i izokyanát, který je navíc značně hydrokopický, což problematizuje i skladování. Nežádoucí reakci zalévací hmoty s vlhkostí obsaženou ve výztuži lze eliminovat nanesením tenké vrstvy matrice na výztuž nátěrem. Následně po vytvrzení je možné zalití celého objemu v druhém kroku.

Tab. č. 3 – parametry - polyuretanový systém společnosti Smooth-on - Crystal Clear 202 – zpracováno z produktového listu materiálu

### Crystal Clear 202

objemový míšící poměr	<b>1 : 1</b>
váhový míšící poměr	100A : 90B
viskozita mixu při 23°C	600
doba zpracovatelnosti	9 min
doba odformování	90 min
plné vytvrzení při 23°C	24 h
plné vytvrzení při 60°C	-
smrštění	< 1%
hustota	1,036 g/cm <sup>2</sup>
tvrdost Shore	80 Shore D
mezní protažení	10 %
maximální napětí v ohybu	<b>126 MPa</b>

Tento systém je díky vysoké rychlosti reakce určen pro odlitky o maximální tloušťce 12 mm ([www.smooth-on.com](http://www.smooth-on.com)).

Tab. č. 4 – parametry - polyuretanový systém společnosti Smooth-on - Crystal Clear 200 – zpracováno z produktového listu materiálu

### Crystal Clear 200

objemový míšící poměr	<b>1 : 1</b>
váhový míšící poměr	100A : 90B
viskozita mixu při 23°C	600
doba zpracovatelnosti	20 min
doba odformování	16 h
plné vytvrzení při 23°C	48 h
plné vytvrzení při 60°C	-
smrštění	< 1%
hustota	1,036 g/cm <sup>2</sup>
tvrdost Shore	80 Shore D
mezní protažení	10 %
maximální napětí v ohybu	<b>137 MPa</b>

Tento systém je svou rychlostí reakce a mírou exotermie určen odlitky o tloušťce 12 mm – 7,5 cm ([www.smooth-on.com](http://www.smooth-on.com)).

Tab. č. 5 – parametry - polyuretanový systém společnosti Smooth-on - Crystal Clear 204 – zpracováno z produktového listu materiálu

### Crystal Clear 204

objemový míšící poměr	<b>1 : 1</b>
váhový míšící poměr	100A : 90B
viskozita mixu při 23°C	600
doba zpracovatelnosti	2 h
doba odformování	48 h
plné vytvrzení při 23°C	1 týden
plné vytvrzení při 60°C	10 h
smrštění	< 1%
hustota	1,036 g/cm <sup>2</sup>
tvrdost Shore	80 Shore D
mezní protažení	10 %
maximální napětí v ohybu	<b>126 MPa</b>

Tento systém je svou rychlostí reakce a mírou exotermie určen pro odlitky o tloušťce 7,5 – 15 cm ([www.smooth-on.com](http://www.smooth-on.com)).

Tab. č. 6 – parametry - polyuretanový systém společnosti Smooth-on - Crystal Clear 206 – zpracováno z produktového listu materiálu

### Crystal Clear 206

objemový míšící poměr	<b>1 : 1</b>
váhový míšící poměr	100A : 90B
viskozita mixu při 23°C	600
doba zpracovatelnosti	7 h
doba odformování	5 dnů
plné vytvrzení při 23°C	3 týdny
plné vytvrzení při 60°C	24 h
smrštění	< 1%
hustota	1,036 g/cm <sup>2</sup>
tvrdost Shore	80 Shore D
mezní protažení	10 %
maximální napětí v ohybu	<b>137 MPa</b>

Tento systém je díky pomalejší reakci a relativně nízké exotermii určený pro odlitky velké tloušťky od 15 cm výše ([www.smooth-on.com](http://www.smooth-on.com)).

Z tabulek je zřejmý pro zpracování velmi přívětivý objemový míšící poměr. Ve všech čtyřech tabulkách je patrná vyšší pevnost v ohybu ve srovnání s polyestery.

### 4.3. Epoxid

Epoxid (správně propylenoxid) je makromolekulární polymer složený z nezreagovaných epoxidových jednotek. Proto tedy polyepoxid se nazývá epoxidová pryskyřice. Její polymerací je nukleofilní adice. Je katalyzována zásadou nebo kyselinou a vniká pevná struktura polyether (Mleziva J., 1993). Na trh je dodáván v podobě zalévacích systémů složených nejčastěji ze dvou složek. Materiály na bázi epoxidu procházejí už půl století relativně stejným vývojem, a proto nyní výrobci dodávají na trh systémy prvotřídních parametrů.

Epoxidové systémy předních výrobců umožňují úpravou míšícího poměru složek řídit dobu polymerace a výsledné mechanické vlastnosti produktu. Reakce epoxidových systémů nebývá v porovnání s ostatními materiály tolik exotermická. Rychlost polymerace je ovlivněna poměrem složek a teplotou, za které polymerace probíhá.

Současné produkty výrobců dosahují nejlepších optických parametrů. Odlitky z epoxidových systémů jsou tak zcela čiré a vysoce odolné působení ultrafialového záření. Jsou vysoce chemicky odolné. Index lomu světla je takřka shodný s indexem lomu světla skla. Podstatnou výhodou je, že vykazují velmi nízké rozměrové smrštění, nízkou viskozitu a díky nízké tenzi par i snadné příjemné zpracování, barvení a dokonalé odvodušnění. Úpravou míšícího poměru u jediného systému lze nastavit tuhost od velmi tvrdého až do pružného odlitku. To přináší výhody při zalévání výztuže ze skla, keramiky nebo tvrdých, křehkých materiálů, jejichž rozměrové změny vlivem změn teplot matrice absorbují. Velkou výhodou, proti dalším materiálům je, že nejsou náchylné k reakci s vodou a vlhkostí a pracovní vlhkost vzduchu může být až do 65 – 70 %.

Nevýhodou může být výrazně vyšší pořizovací cena moderních epoxidových systémů, která může být až o 20 – 30 % vyšší než cena systémů polyuretanových.



Tab. č. 7 – parametry - epoxidový tvrdý systém společnosti Resoltech WWAHT + WWB4  
– zpracováno z produktového listu materiálu

<b>WWAHT +WWB4</b>	Tvrký
objemový míšící poměr	<b>2 : 1</b>
váhový míšící poměr	<b>100A : 40B</b>
viskozita mixu při 23°C	300
doba zpracovatelnosti	10 h
doba odformování	19 h
plné vytvrzení při 23°C	21 dnů
plné vytvrzení při 60°C	15 h
smrštění	< 1%
odolnost proti přetržení	35 J/m
tvrdost Shore	95 Shore D
mezní protažení	8 %
maximální napětí v ohybu	105 MPa

Tab. č. 8 – parametry – epoxidový pružný systém společnosti Resoltech WWAHT + WWB4 – zpracováno z produktového listu materiálu

<b>WWAHT +WWB4</b>	Pružný
objemový míšící poměr	<b>1 : 1</b>
váhový míšící poměr	<b>100A : 89B</b>
viskozita mixu při 23°C	300
doba zpracovatelnosti	24 h
doba odformování	72 h
plné vytvrzení při 23°C	21 dnů
plné vytvrzení při 60°C	15 h
smrštění	< 1%
odolnost proti přetržení	450 J/m
tvrdost Shore	70 Shore A
mezní protažení	98 %
maximální napětí v ohybu	15 MPa

Tab. č. 9 – parametry – epoxidový tvrdý systém společnosti Resoltech WWAST + WWB4  
– zpracováno z produktového listu materiálu

<b>WWAST +WWB4</b>		Tvrdý
objemový míšící poměr	<b>2 : 1</b>	
váhový míšící poměr	<b>100A : 40B</b>	
viskozita mixu při 23°C	300	
doba zpracovatelnosti	1 h	
doba odformování	8 h	
plné vytvrzení při 23°C	21 dnů	
plné vytvrzení při 60°C	15 h	
smrštění	< 1%	
hustota	1,036 g/cm <sup>2</sup>	
tvrdost Shore	95 Shore D	
mezní protažení	8 %	
maximální napětí v ohybu	105 MPa	

Tab. č. 10 – parametry - epoxidový pružný systém společnosti Resoltech WWAST + WWB4 – zpracováno z produktového listu materiálu

<b>WWAST +WWB4</b>		Pružný
objemový míšící poměr	<b>1 : 1</b>	
váhový míšící poměr	<b>100A : 98B</b>	
viskozita mixu při 23°C	300	
doba zpracovatelnosti	3 h	
doba odformování	15 h	
plné vytvrzení při 23°C	21 dnů	
plné vytvrzení při 60°C	15 h	
smrštění	< 1%	
odolnost proti přetržení		
tvrdost Shore	70 Shore A	
mezní protažení	98 %	
maximální napětí v ohybu	15 MPa	

Z míšících poměrů uvedených v prvních řádcích tabulek je zřejmé, že se jedná jen o dva systémy umožňující tvorbu celé řady materiálů s odlišnou tvrdostí ([www.resoltech.com](http://www.resoltech.com)).

#### 4.4. Porovnání uvedených materiálů

Z pohledu mechanických vlastností dosahují materiály založené na všech třech porovnávaných bázích relativně srovnatelných hodnot. Hlavní rozdíly mezi materiály jednotlivých bází tak spočívají především v možné chemické interakci s materiálem výztuže, v úrovni optické čistoty, vlastnostech ovlivňujících přívětivost zpracování a v neposlední řadě v pořizovací ceně.

Z pohledu možné interakce s výztuží představují určité riziko materiály na bázi polyuretanu díky reakcím s vlhkostí. Materiály na bázích polyesteru a epoxidu nevykazují z pohledu možné interakce s výztuží zvláštní rizika.

Z pohledu optické čistoty se jeví jako ne zcela vyhovující jen materiály na bázi polyesteru. Epoxidové a polyuretanové materiály dosahují na současném stupni vývoje materiálu zcela ideální čistoty.

Rovněž tak z pohledu přívětivosti zpracování vychází nejhůře materiály na bázi polyesteru, příčinou nepohodlného mísicího poměru, náchylnosti k jeho nedodržení a zápachu při zpracování.

Významný rozdíl v pořizovací ceně oproti dražším materiálům na bázi polyuretanu a epoxidu tak staví z pohledu ceny levnější materiál na bázi polyesteru na první místo. Ve srovnání polyuretanů a epoxidů, není sice cenový rozdíl tak znatelný, ale epoxidy jsou nejdražší.

Tab. č. 11 – Schematický přehled výhod a nevýhod jednotlivých bází

Chemická báze zalévací hmoty	Tendence k interakci s výztuží	Optická čistota	Přívětivost zpracování	Cena
Polyester	+	-	-	++
Polyuretan	-	+	+	-
Epoxid	+	+	+	-

## 4.5. Kritéria výběru vhodného materiálu

Kritéria výběru jsou výsledkem obecných požadavků kladených na materiál matrice a podmínkami plynoucími z volby výztuže. Váha jednotlivých požadavků se mění v závislosti na vizuálním záměru a zvoleném druhu výztuže.

Z textu porovnání ve výše uvedené části vyplývají základní kritéria výběru materiálu matrice, která mají v rozhodovacím procesu různou váhu v závislosti na:

- požadovaném vizuálním záměru,
- zvoleném materiálu výztuže,
- poměru zastoupení výztuže a matrice,
- technologickém vybavení výrobce.

Z pohledu požadovaného vizuálního záměru bude optické kritérium mít vyšší váhu pro desky se silnou čirou vrstvou proti deskám se slabší, případně barvenou vrstvou.

Z pohledu zvoleného materiálu výztuže bude mít vyšší váhu kritérium možné interakce s vlhkostí u AK s výztuží z dřeva a materiálů na bázi dřeva oproti použitým výztužím anorganického charakteru.

Na poměru zastoupení výztuže a matrice je závislá váha cenového kritéria.

Na technologickém vybavení výrobce je pak závislá váha kritéria přívětivosti zpracování jednotlivých materiálů.

## 4.6. Návrh alternativního kompozitu

### 4.6.1. Materiál

Pro zamýšlený materiál ve formě desky s řízenou distribucí světla byly zvoleny následující součásti:

**Výztuž:** 4 přířezy z bočních neomítaných dubových prken tloušťky 30 mm, šířky 170 - 190 mm, délky 1005 mm (5 mm přídavek na opracování je potřeba jen v podélném směru). Ve vzhledově atraktivnější variantě je vhodné použít i s kůrou.

**Matrice:** polyuretanový zalévací systém Crystal Clear 200, zelený, bílý a černý pigment So-strong. Výrobce: Smooth-On.

**Optické vlákno:** Sideglow FOS-MONO 6 mm ECO, výrobce: FOSALI.

#### 4.6.2. Technologie výroby

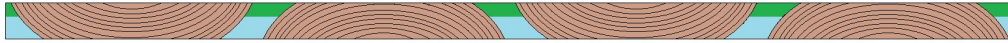
Na rovném stole pokrytém napnutou plastovou folií je třeba složit a utěsnit 45 mm vysoký rám, do kterého se pravidelně rozmístí předem připravené přířezy střídavě levou a pravou stranou vzhůru. Tato strana bude po dokončení dolní stranou desky. Utěsnění je snadné a možné pro kusovou výrobu lepicí páskou, plastelínou apod. Pro hromadnou výrobu je pak vhodné použít forem ze silikonových elastomerů.

Zalévací směs pro zalití cca 20 – 22 mm se připraví smísením obou složek v čisté mísící nádobě důkladným mícháním od stěn. Po dosažení opticky čisté směsi se tato přelije do další čisté nádoby a opět důkladně promísí. Pro odstranění vmíchaného vzduchu je nutné umístit nádobu s dostatečným přesahem objemu do vakuové komory a snížit tlak na technické vakuuum (2mbar(abs)) na alespoň deset vteřin. Přesah objemu nádoby pro odvzdušnění je nutný z důvodu značného vzkypění vlivem nárůstu bublin vmíchaného vzduchu. Po opětovném vyrovnání tlaku je možné již zcela čistou hmotu nalít do rámu na připravené přířezy do výšky 20 mm.



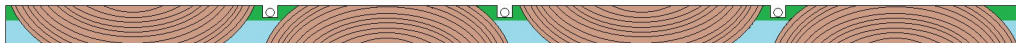
*Obr. č. 2 - Vlastní schéma procesu zalití první čiré vrstvy*

Doba vytvrzení je 16 hodin. Další vrstvu je ale možné nalít už po cca 8 - 10 hodinách. Pro další vrstvu se připraví zalévací směs stejně jako pro první vrstvu, ale s přidáním zeleného pigmentu a malého množství bílého pigmentu pro vytvoření průsvitného, ale ne zcela průhledného vzhledu. Pigmenty je třeba smísit s jednou ze složek systému v množství potřebném pro nalití druhé a třetí vrstvy (viz dále). Následně se smísí obě složky systému jen v množství potřebném pro druhou vrstvu. A po odvzdušnění se nalije vrstva do úrovně povrchu dřevěné výztuže.



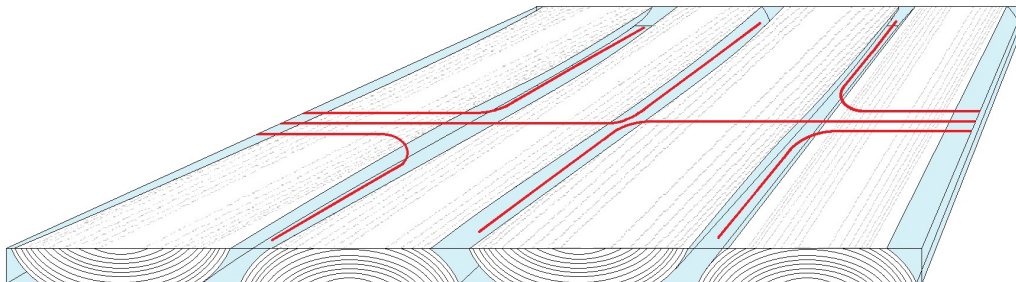
Obr. č. 3 – Vlastní schéma procesu zalití druhé barvené vrstvy

Plného vytvrzení dosáhnou první a druhá vrstva po šestnácti hodinách, teprve poté je možné vyfrézování drážek šířky 8 mm a hloubky 7 mm pro světlovodná optická vlákna.



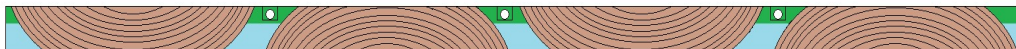
Obr. č. 4 – Vlastní schéma vyfrézování drážek pro světlovodná vlákna

Trajektorie drážek pro optická vlákna byla zvolena tak, aby bylo možno distribuovat světlo od plánovaných zdrojů na protilehlých stranách formátu desky, do všech mezer mezi částmi výztuže.



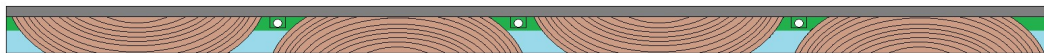
Obr. č. 5 – Trajektorie drážek pro optická vlákna

Po uložení optických vláken je možné nalití třetí vrstvy připravené ze složek obarvených už pro druhou vrstvu. Tím je dosaženo stejného barevného tónu jako v druhé vrstvě.



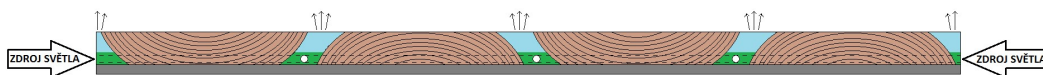
Obr. č. 6 - Vlastní schéma zalití světlovodných vláken třetí stejnobarevnou vrstvou

Po době potřebné k alespoň částečnému vytvrzení se připraví směs ze složek systému a černého pigmentu pro poslední vrstvu. Vzhledem k černé barvě je možno zužitkovat případné zbylé obarvené složky z předchozích kroků. Směs se připraví v takovém množství, které umožní vytvoření vrstvy cca 7 mm, jejíž hladina bude tvořit spodní rovinu desky.



Obr. č. 7 – Vlastní schéma zalití podkladové černé vrstvy

Po úplném vytvrzení se odlitá deska oddělí od stolu díky plastové folii a zařízne ze všech stran na přesný rozměr. Vrchní strana a případně, je-li třeba, i spodní strana se obrousí běžným způsobem pomocí pásové brusky. Po ručním obroušení bočních ploch se vrchní plocha a boční plochy s čelou dřevěné výztuže nalakují polyuretanovým lakem. Předem je nutné provést zkoušku možné interakce zvoleného laku a použité matrice.



Obr. č. 8 Výsledná distribuce světla ze zdroje mimo desku

Zvolená světlovodná vlákna FOS-MONO-6ECO SIDEGLow jsou typu vyzařujícího do stran a umožňují tak přenos světla od zdroje umístěného mimo desku do všech částí v celé ploše desky.

Zalitá výztuž společně s polyuretanovou matricí tvoří díky plné adhezi matrice na výztuž zcela kompaktní blok. Poslední černá zalévací vrstva tak netvoří oporu výztuži, ale jen dotváří vizuální efekt a tloušťku desky. Mechanická stabilita je tak ještě podpořena střídavým ukládáním výztuže pravou a levou stranou vzhůru.

Výhodou navrhovaného materiálu je relativně vysoká mechanická odolnost a schopnost vést světlo při zachování vysoké bezpečnosti a jednoduchosti konstrukce díky absenci elektrických zdrojů.

#### **4.7. Zvolený výběr materiálu matrice**

Vzhledem k zamýšlenému vizuálnímu záměru, kterým je deska s vysokou čirou vrstvou, byl zvolen materiál na polyuretanové bázi pro své výborné optické vlastnosti. Polyuretanová báze je rovněž snadno zpracovatelná i pro velmi malé provozy. Možná interakce polyuretanu s vlhkostí je v navrhované technologii eliminována postupným zaléváním ve vrstvách. Vzhledem k relativně malému zastoupení matrice ve spárách mezi výztuží je možné tolerovat vyšší pořizovací náklady polyuretanového materiálu. Konkrétní polyuretanový zalévací systém Crystal Clear 200, společnosti Smooth-On byl vybrán s ohledem na tloušťku zalévaných vrstev a ucelenou nabídku doplňkových materiálů – pigmentů.



## 5. Závěr

Původní předpoklad počítal s tím, že bude možné sestavit žebříček materiálů podle vhodnosti užití. Již v průběhu seznamování se s danou problematikou, však bylo vlastním šetřením zjištěno, že výběr vhodného materiálu je vždy výsledkem kompromisního řešení mnoha často vzájemně protichůdných požadavků. Vzhledem k dynamice v oboru vývoje makromolekulárních materiálů se dá předpokládat, že se na trh bude dostávat stále více transparentních zalévacích hmot vhodných pro kombinaci s materiály na bázi dřeva. Zároveň není vyloučeno, že se na trh vrátí materiály chemických bází pro zalévací hmoty v současnosti využívané v jiných oborech.

Zároveň s vývojem nových materiálů dochází také ke snižování ceny a tím možnosti masovějšího využití k tvorbě neomezeného spektra efektů.

Na základě zjištěných zkušeností lze uvést některá doporučení případným zájemcům o výrobu AK. Prvotně je nutné zvážit objem zamýšlené výroby. Pokud je záměrem kusová výroba, pak je třeba počítat se značnou měrou vývoje na půdě výrobce. Pokud je záměrem hromadná výroba, lze doporučit optimalizaci výroby zvolením takového spektra výrobků, které umožňují použití jedné báze, ideálně jednoho zalévacího systému. U výrobků pak se doporučuje unifikovat formáty tak, aby bylo možné ve výrobě použít formy ze silikonových elastomerů, což celý proces značně ekonomizuje a přitom lze zachovat značnou flexibilitu ve volbě výztuže a tím rozmanitost nabídky.

## 6. Seznam literatury a použitých zdrojů

### Tištěné monografie

DUCHÁČEK, V. *Polymery výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Praha, Vysoká škola chemickotechnologická, fakulta chemické technologie, 1995, ISBN 80-7080-241-3

KUČERA, M. *Makromolekulární chemie synthesis makromolekul*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, 1999, ISBN 80-214-1330-1

MLEZIVA, J. *Polymery struktura vlastnosti a použití*. Praha Sobotáles, 1993, ISBN 80-901570-4-1

MLEZIVA, J. - KÁLAL, J. *Základy makromolekulární chemie*. Praha SNTL státní nakladatelství technické literatury, ALFA vydavatelství technické a ekonomické literatury, 1986

VALÁŠEK, P. *Kompozity, prášková metalurgie a keramika*. Praha Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra materiálu a strojírenské technologie, 2014, ISBN 978-80-213-2488-6

### Webové stránky institucí (prezentace výrobců a dodavatelů zalévacích hmot)

[http://www.ashland.com/Ashland/Static/Documents/APM/PC-10556\\_Laminating\\_Linecard.pdf](http://www.ashland.com/Ashland/Static/Documents/APM/PC-10556_Laminating_Linecard.pdf), [15. 04. 2016]

<http://www.easycomposites.co.uk/#!/resin-gel-silicone-adhesive/casting-resin/water-clear-polyester-casting-resin.html>, [15. 04. 2016]

[http://www.resoltech.com/products.php?id\\_mot=142](http://www.resoltech.com/products.php?id_mot=142), [15. 04. 2016]

[http://www.smooth-on.com/Urethane-Plastic-a/c5\\_1120\\_1156/index.html](http://www.smooth-on.com/Urethane-Plastic-a/c5_1120_1156/index.html), [15. 04. 2016]

### Články o obrázky na webových portálech

Prispěvatelé Pinterestu, [online], ©2016 Pinterest, [citováno 18. 04. 2016], <<https://cz.pinterest.com/>>

Prispěvatelé Wikipedie, *Polymerizace* [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2016, Datum poslední revize 9. 02. 2016, 07:03 UTC, [citováno 18. 04. 2016] <<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Polymerizace&oldid=13329081>>

## 7. Obrazová příloha



*Obr. č. 9 – Vrchní probarvená vrstva – Pinterest*



*Obr. č. 10 – Využití starého nábytku jako výztuže – Pinterest*



*Obr. č. 11 - Vysoký podíl matrice – Pinterest*



*Obr. č. 12 – Vysoký podíl výztuže – Pinterest*



*Obr. č. 13 – Využití původního povrchu s mechem jako výztuže – Pinterest*



*Obr. č. 14 – Využití původního povrchu se stopami po dřevokazném hmyzu – Pinterest*



*Obr. č. 15 – Transparentní vrstva využítá k distribuci světla – Pinterest*



*Obr. č. 16 - Transparentní vrstva využítá k distribuci světla – Pinterest*



*Obr. č. 17 – Svítidla – Pinterest*



*Obr. č. 18 – Užití bočního řeziva - Pinterest*



*Obr. č. 19 – Vedení světla - Pinterest*



*Obr. č. 20 – Využití zlomu dřeva - Pinterest*