

Vakuová infuze plněných kompozitních systémů

Tomáš Minařík

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš MINAŘÍK**

Osobní číslo: **T10297**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vakuová infuze plněných kompozitních systémů**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární řešení o problematice kompozitních materiálů:

- Základní definice
- Rozbor plniv
- Vakuová infuze
- Způsoby plnění

2. Experimentální část:

- Popis použitých materiálů pro vakuovou infuzi
- Experimentální výroba vzorků s různým stupněm plnění matric
- Vyhodnocení výsledků, vzájemné srovnání a formulace optimálního stupněm plnění pro daný polymerní systém
- Závěr bakalářské práce

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] Jančář, J.: Úvod do materiálového inženýrství kompozitu. Brno, 2003.

[2] Liptáková T.: Polymérné technické materiály, 2009

[3] Ehrenstein, G. W.: Polymerní kompozitní materiály. Scientia Praha, 2009.

[4] Kořínek Z.: Teorie kompozitu.dostupné na: www.volny.cz/korinek

[5] Bareš R.A.: Kompozitní materiály,SNTL Praha, 1988

[6] Elektronické zdroje dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Soňa Rusnáková, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 23.5.2014

Minařík

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 nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá vakuovou infuzí plněných kompozitních systémů. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je zaměřena na obecný popis kompozitních materiálů, rozdělení různých druhů plniv, principem vakuové infuze pod pružnou folií a rozdělením pomocných materiálů.

Praktická část je zaměřena na výrobu vzorků kompozitních materiálů, s různým druhem plnění a následného testování mechanických vlastností zkoušky tříbodového ohybu a stanovení hořlavosti metodou kyslíkového čísla.

Klíčová slova: Vakuová infuze, plniva, kompozitní materiál, pryskyřice

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with vacuum infusion of filled composite systems. The thesis is divided into theoretical and practical parts. The theoretical part is focused on general description of composite materials, the distribution of various types of fillers, the principle of vacuum infusion under flexible foil division and auxiliary materials.

The practical part is focused on the production of samples of composite materials with different types of transactions and subsequent testing of mechanical properties of three-point bending tests and determination of flammability using the oxygen index method.

Keywords: Vacuum infusion, fillers, composite material, resin

Děkuji své vedoucí práce paní doc. Ing. Soně Rusnákové, Ph.D. za její odborné vedení, poskytnutí materiálů a užitečných rad, které mi pomohly ke zpracování mé bakalářské práce a dále za její volný čas, věnovaný konzultacím mé práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Vladimíru Rusnákovi a firmě Form s.r.o. za poskytnutí informací a materiálového zabezpečení při výrobě a testování vzorků.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 KOMPOZITNI MATERIÁLY	12
1.1 ROZDĚLENÍ KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ	13
1.1.1 Podle rozdělení vláken	13
1.1.2 Podle orientace a geometrie výztuže.....	13
1.1.3 Rozdělení podle disperzní fáze	14
2 PLNIVA.....	15
2.1 ROZDĚLENÍ PLNIV	15
2.1.1 Složení disperzních plniv	16
2.1.2 Vlastnosti disperzních kompozitů	17
2.1.3 Funkční plniva.....	18
2.1.4 Vliv tvaru částic plniva	19
2.2 GELCOATY	20
2.2.1 Epoxidové pryskyřice pro vakuovou infuzi (VIP).....	21
2.2.2 Polyesterové pryskyřice	22
2.3 RETARDÉRY HOŘENÍ.....	23
2.3.1 Retardéry hoření na bázi halogenidů.....	24
2.3.2 Retardéry hoření na bázi fosforu.....	24
2.3.3 Retardéry hoření obsahující křemík	24
2.3.4 Retardéry hoření obsahující brom.....	25
2.3.5 Bezhalogenové retardéry hoření.....	25
2.4 ČLÁNKY Z VĚDECKÉ DATABÁZE SCIENCE DIRECT	26
3 VAKUOVÁ INFUZE	27
3.1 PRINCIP VAKUOVÉ TECHNOLOGIE.....	28
3.2 POMOCNÉ MATERIÁLY A KOMPONENTY	30
3.2.1 Vakuová folie	30
3.2.2 Odtrhová tkanina	30
3.2.3 Distribuční medium – rozvodná síť	31
3.2.4 Rozváděcí kanál	32
3.2.5 Těsnicí páska	32
3.2.6 Hadice pro dopravu pryskyřice	33
3.2.7 Konektor RIC	33
3.2.8 Fixační lepidlo.....	33
3.2.9 Vakuová vývěva.....	34
3.2.10 Rezervoár	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
4 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	36
5 POUŽITÉ MATERIÁLY PRO VÝROBU VZORKŮ.....	37
5.1 POUŽITÉ PRYSKYŘICE	37
5.1.1 Pryskyřice DION ® 850-M850.....	37
5.1.2 Pryskyřice SYNPO FR 4/12.....	38

5.2	EXOLIT OP 1240	39
5.3	MARTINAL ® ON-90	39
5.4	TKANINA SAERTEX	40
5.5	INICIÁTOR BUTANOX M-50	40
5.6	URYCHLOVAČ	40
6	VÝROBA ZKUŠEBNÍCH TĚLES	41
6.1	POSTUP VÝROBY	41
7	ZKOUŠENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ	44
7.1	ZKUŠEBNÍ STROJ ZWICK 1456	44
7.2	ZKOUŠKA OHYBEM	46
7.2.1	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 1	47
7.2.2	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 2	48
7.2.3	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 3	49
7.2.4	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 4	50
7.2.5	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 5	51
7.3	ZKOUŠKA OHYBEM PO UVAŘENÍ VZORKU	52
7.3.1	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 1 po uvaření	52
7.3.2	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 2 po uvaření	53
7.3.3	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 3 po uvaření	54
7.3.4	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 4 po uvaření	55
7.3.5	Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 5 po uvaření	56
7.4	STANOVENÍ HOŘLAVOSTI	57
7.4.1	Pomocí metody kyslíkového čísla (ČSN ISO 4589-2)	57
	ZÁVĚR	59
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK	68
	SEZNAM PŘÍLOH	69

ÚVOD

Během vývoje lidské společnosti si člověk osvojil schopnost využívat nejrůznější druhy materiálu, jako kámen, bronz, železo, dřevo nebo keramiku. Zvládnutí výroby a použití nově objevených materiálů vždy posunulo míru uspokojení potřeb člověka na vyšší úroveň.

Pravděpodobně nejdynamičtěji se rozvíjející skupinou nových materiálů jsou polymery a jejich modifikace - směsi a kompozity. [1]

Kompozitní materiály a technologie představují revoluční změnu v oblasti konstrukčních materiálů. Jejich použití posunuje hranice, které byly při použití klasických konstrukčních materiálů a technologií nepřekonatelné. Za hlavní důvody používání kompozitních materiálů můžeme považovat jejich zvýšenou tuhost, pevnost, stabilitu, houževnatost a odolnost vůči korozi nebo chemickému prostředí.

Jednou z hlavních charakteristik kompozitních materiálů je, že nikdy nejsou univerzální a jsou navrhovány výhradně pro jisté použití, tím se stávají ekonomicky a energeticky výhodnými. [2]

Bakalářská práce se zabývá výrobou vzorkových desek vakuovou infuzí pod pružnou folií, zjišťování optimálního plnění pryskyřice s různou hustotou naplnění a následně jejich vyhodnocení.

Teoretická část popisuje rozdělení kompozitního materiálu, popis jejich složení, výroba vakuové infuze pod pružnou folií a její pomocné materiály. V praktické části je popsán postup při výrobě vzorkových desek a vyhodnocení jejich výsledků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KOMPOZITNI MATERIÁLY

Kompozitní materiál je kombinace dvou nebo více materiálů (vyztužovací elementy, výplně a spojovací matrice), lišících se tvarem nebo složením. Složky si v nich zachovávají svou identitu (vzájemně se úplně nerozpouštějí ani neslučují), ačkoliv na své okolí působí v součinnosti. Každá složka může být fyzikálně identifikována a mezi ní a dalšími složkami je rozhraní. [1]

Kompozity jsou složené materiály, u nichž se po smíšení materiálu se zcela odlišnými vlastnostmi, vytvoří jediná struktura. Jestliže se tyto vlastnosti doplňují, vzniká kompozitní materiál s přídatnými, nebo lepšími vlastnostmi, než mají jednotlivé složky samy. Polymerní kompozity mají nízkou měrnou hmotnost, vysokou pevnost při statickém i dynamickém namáhání a vynikající odolnost vůči korozi. Při použití skleněných či organických výztuží i vynikající tepelné a elektrické izolační vlastnosti. Na obrázku jsou: a) stíhací letadlo F117 US s kompozitním pláštěm, b) použití kompozitních kapot na tramvaji, c) letadlo Airbus A380, křídla jsou vyrobeny z kompozitních materiálů. [1, 15]



Obr. 1. Příklad použití kompozitních materiálů a, b, c

[15]

1.1 Rozdělení kompozitních materiálů

V dnešní době existuje nepřehledné množství druhů kompozitních materiálů a nové přibývají. Z tohoto důvodu je nutné je třídit do skupin nebo je nějak klasifikovat. Kompozitní materiály lze rozdělit podle různých hledisek a řady parametrů, např. podle druhu matrice, druhu výztuže, velikosti vláken.

Kompozit je materiál složený ze dvou nebo více fyzikálně a chemicky odlišných fází. Tužší, tvrdší a pevnější nespojitá fáze se nazývá výztuž, spjitá a poddajnější složka, která plní funkci pojiva výztuže, se nazývá matrice. Obecně je známo, že nespojitá fáze slouží k vytvoření nového materiálu, který má vysokou úroveň mechanických vlastností, ale může mít i jiné velice důležité vlastnosti, např. elektrickou vodivost. Výztuž před vlivy vnějšího prostředí chrání matrice. Matrice v kompozitu zajišťuje také spojení výztuže a matrice v kompaktní celek a vytvoří tak konečný tvar výrobku. [3]

1.1.1 Podle rozdělení vláken

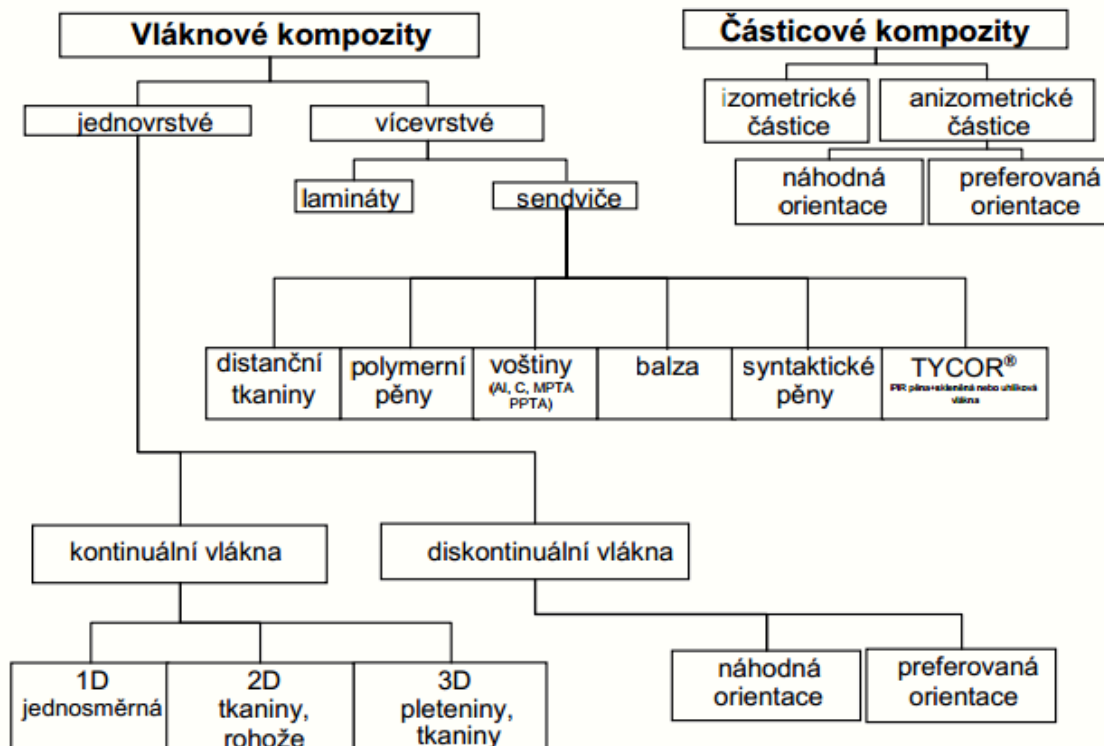
Kompozitní materiály mohou obsahovat vyztužovací fáze různých rozměrů. Rozlišujeme tři skupiny:

- Mikrokompozity - největší příčné rozměry výztuže jsou v rozmezí 10^0 až 10^2 μm .
- Makrokompozity - obsahují výztuž o velikosti příčného 10^0 až 10^2 rozměru.
- Nanokompozity – jsou kompozitní materiály, které mají rozměr výztuže v jednotkách nm.

V průmyslovém odvětví mají největší uplatnění mikrokompozity, ve stavebnictví se nejčastěji používají makrokompozity. [4]

1.1.2 Podle orientace a geometrie výztuže

Rozdělení kompozitních materiálů podle geometrie a orientace výztuže je patrné z následujícího schématu. [4]



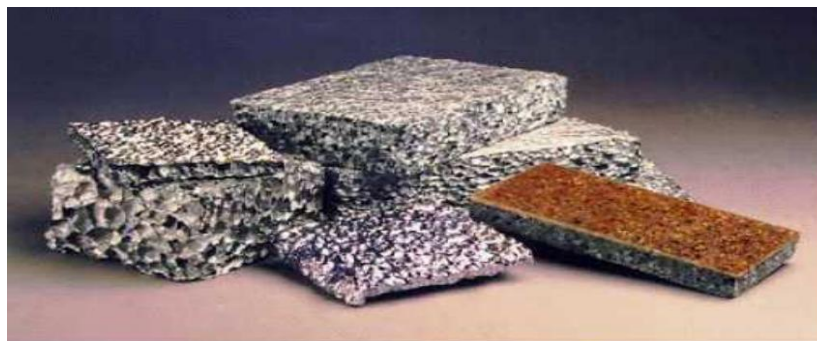
Obr. 2. Rozdělení kompozitních materiálů [4]

1.1.3 Rozdělení podle disperzní fáze

Kompozit I. typu- disperze (jednu nebo více) je tvořena z pevné fáze. Tyto kompozity se používají v technice nejčastěji.

Kompozit II. typu- má kapalnou disperzi. Tento druh není příliš častý, patří zde některé póry vyplněné kapalinou.

Kompozit III. typu- má plynou disperzi. Patří zde všechny pěnové materiály. Dnes často používané různé kovové pěny. [5]



Obr. 3. Kovové pěny [5]

2 PLNIVA

Plniva jsou přísady, které výrazným způsobem mohou ovlivnit výsledné vlastnosti směsi i výrobku. Přidáním plniv můžeme zlepšit mechanické vlastnosti výrobku (např. pevnost, houževnatost, odolnost proti oděru, korozi, ohni, stárnutí, teplu), ovlivnit jeho vzhled a snížit cenu. Ve většině případů se jedná o tuhé látky používané ve formě prášku, tuhých vláken nebo granulí a můžeme jimi plnit kaučuky, termoplasty i reaktoplasty. [6]

Základním požadavkem vyztužující fáze je její vysoká pevnost a modul pružnosti (řádově vyšší než modul matrice) a malá deformace v lomu (1-2%) při vysokém podílu pružné deformace. Výztuž přenáší převážnou část vnějšího zatížení. Celkový mechanismus pevnostního chování kompozitu je závislý na tvaru, koncentraci a orientaci výztuže. Základním tvarem částic je buď koule (práškové formy) nebo válec (vlákna). Velikost a distribuce částic se řídí texturou kompozitu a společně s objemovým podílem určují také mezifázový povrch, který má důležitou roli při určování rozsahu vzájemného působení mezi vyztužením a matricí na zpevnění. Koncentrace se udává v objemovém nebo hmotnostním podílu a popisuje objem výztuže. Patří mezi nejvýznamnější parametry, které ovlivňují výsledné vlastnosti kompozitu. Izotropii systému ovlivňuje orientace plniva. Jsou-li vyztužující částice tvarově a rozměrově přibližně ve všech směrech stejné (prášky), chová se kompozit v podstatě jako izotropní materiál a jeho vlastnosti jsou nezávislé na směru. Naopak kompozity s vláknovou výztuží vykazují anizotropní vlastnosti. [7]

2.1 Rozdělení plniv

Plniva můžeme rozdělit podle několika kritérií.

Podle geometrického tvaru rozdělujeme vyztužující fáze na:

- Částicové
- Vláknové

Částicové (partikulární) výztuže jsou prášky s částicemi různých tvarů (kulovité, jehlancovité, destičkovité apod.) a velikosti. Většinou se jako částicová výztuž používají prášky anorganických sloučenin typu oxidů, boridů a křemičitanů (kaolín, slída atd.).

Vláknové výztuže bývají vlákna kovová, polymerní, keramická, skleněná nebo vláknové monokrystaly (whiskery). Vlákna jsou podstatně pevnější než stejné kompaktní materiály a závisí především na jeho průřezu. Čím menší průřez, tím větší pevnost vlákna. Ve většině případů mají kruhový průřez o průměru od 10 μm do 1mm. [7]

2.1.1 Složení disperzních plniv

Ve funkci disperzních plniv se používá celá řada přírodních a syntetických, organických a anorganických materiálů. Disperzní plniva mají rozdílné chemické složení, tvar, barvu, hustotu, tvrdost a další fyzikálně - mechanické vlastnosti.

Do chemického složení disperzních plniv se používají uhličitany, sírany, oxidy, hydroxidy a jiné sloučeniny. [8]

Tab. 1. Fyzikální a chemické charakteristiky přírodních disperzních anorganických plniv používaných na přípravu polymerních kompozitu [8]

Plnivo	Tvar	Hustota ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	Chemické složení	Barva
Vápenec	sférický	2,7	CaCO_3	bílá
Dolomit	sférický	2,85	$\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$	bílá
Mastek	destičkový	2,7	$\text{Mg}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	šedě-bílá
Slída	destičkový	2,76-2,88	$\text{KM}(\text{AlSi}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	bílo-hnědá
Wollastonit	vláknitý	2,9	CaSiO_2	bílá
Kaolin	destičkový	2,6	$\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	bílo-hnědá
Barit	destičkový	4,5	BaSO_3	bílo-hnědá
Saze	sférický	1,7-1,9	$\text{C}(83-99\%)$	černá
ATH	různé	2,4	$\text{Al}(\text{OH})_3$	bílá
Silika	sférický	2	SiO_2	bílá

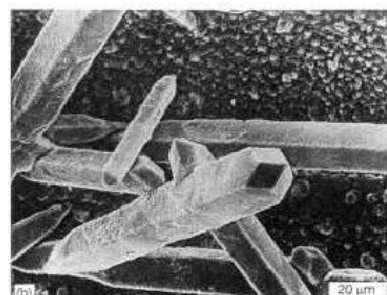
Tvar disperzních plniv může být pravidelný (sférický, vláknitý, destičkový), nebo nepravidelný.



sférické



anizotropní



destičkové

Obr. 4. Tvar částic disperzních plniv [8]

Hustota přírodních organických plniv je blízká hustotě polymerních matric a proto se hustota kompozitu jen málo liší od hustoty původní polymerní matrice. V případě anorganických plniv, hustota, která je v porovnání s hustotou polymerních matric více jako dvojnásobně vyšší, se uvádí nejen celková hustota kompozitu, ale také složení kompozitu v objemových, resp. hmotnostních procentech.

Hustota kompozitu ρ_k se vypočítá podle vztahu:

$$\rho_k = \rho_f v_f + \rho_v(1 - v_f) \quad (1)$$

kde: ρ_f - je hustota plniva

ρ_v - je hustota polymerní matrice

2.1.2 Vlastnosti disperzních kompozitů

Vlastnosti disperzních polymerních kompozitů jsou podmíněné mnoha faktory jak z hlediska plniva tak i polymerní matrice. Zásadní vlastnosti plniv:

1. Fyzikální a chemické vlastnosti plniva (velikost, tvar částic, chemické složení, obsah příměsí, způsob přípravy plniva) a matrice (chemické složení, tokové vlastnosti)
2. Obsah plniva v kompozitu, způsob přípravy
3. Interakce na mezifázové rozhraní plnivo/plnivo (aglomerace, destrukce plniva)
4. Interakce na mezifázovém rozhraní polymer/plnivo

Jelikož plniva mají zpravidla vyšší tvrdost jako polymery, se zvyšujícím obsahem plniva se zvyšuje i celková tvrdost kompozitu. Zároveň zlepšuje i tepelná vodivost, odolnost vůči hoření, propustnost UV záření, rozměrová stabilita a mnoho dalších vlastností. [8]

2.1.3 Funkční plniva

Funkční plniva ovlivňují celou řadu vlastností kompozitů a v některých případech navíc hovoříme o takzvaných multifunkčních plnivech, protože mohou mít celou řadu vedlejších funkcí. Částicová plniva nemají, na rozdíl od vláknových, velký vliv na modifikaci mechanických vlastností, modifikace povrchových vlastností nebo vylepšení a kontrola zpracovatelských vlastností. [9] Tabulka 2. popisuje hlavní a vedlejší funkce s příklady příslušných plniv. Kromě částicových obsahuje i příklady některých vláknových plniv.

Tab. 2. Funkce a příklady používaných funkčních plniv pro polymerní matrice [9]

Hlavní funkce	Příklad plniv	Vedlejší funkce	Příklady plniv
Modifikace elektrických a magnetických vlastností	Vodivé, nevodivé a feromagnetické: kovy uhlíkové vlákna, saze a slída	Rozloženosť	Organická plniva: škrobová a celulózová vlákna, některé polymery
Zvýšení ohnivzdornosti	Hydratovaná plniva: hydroxid hořečnatý	Bioaktivita	Regenerace kosti: fosforečnan vápěný a křemičitá skla
Zlepšení zpracovatelských vlastností	Tixotropní látky, tvrdidla, zahušťovadla a kyslíkové eliminátory	Regulace vlhkosti	Vločková plniva, sklo, barit (BaSO ₄)
Modifikace mechanických vlastností	Skleněná vlákna, slída uhlíkové nanotrubičky, uhlíková/grafitová vlákna	Regulace prostupnosti	Snížená prostupnost: slída, mastek, skelné vločky Zvýšená propustnost: uhlíčan vápenatý,

2.1.4 Vliv tvaru částic plniva

Ztužující účinek je zřejmý v případě vláknitých (wollastonit) a destičkovitých (slída) plniv, zatím co sférické plniva (uhličitan vápenatý) zahajují pokles pevnosti (tabulka 2.).

Tab. 3. Vlastnosti polyamidů s plnivem [8]

Vlastnost	Bez plniva	CaCO ₃	Pevné skleněné mikročástice	Wollastonit
Hustota	1,14	1,48	1,46	1,51
Tahové napětí	81,4	72,2	67,4	72,2
Prodloužení	50	2,9	3,2	3
Průhyb	2,83	4,55	4,24	5,45
Rázová houževnatost	2,67	26,7	21,3	32
HDT	77	199	210	221
Smrštění	0,018	0,012	0,011	0,009

Pokles mechanických vlastností je kritický zejména pro takové typy kompozitu, při kterých je vysoký obsah plniva nezbytnou podmínkou pro dosažení požadovaných vlastností. Interakce plnivo/plnivo je možné poměrně úspěšně regulovat optimalizací velikostí částic a obsahem plniva v polymerní matici, optimalizace interakcí polymer/plnivo je složitější. [8]



a)

b)

c)

Obr. 5. Lomová plocha kompozitu PP. [8]

2.2 Gelcoaty

Jsou to materiály používané na viditelné povrchy kompozitních materiálů. Většina gelcoatů je založena na nasycené polyesterové (UP) nebo epoxidové (EP) pryskyřici. Nejčastěji jsou pigmentované, obsahují stabilizátory proti degradaci UV zářením. Nanášejí se na dno dutiny formy v síle 0,5 až 2 mm. Při nanášení gelcoatu je důležité dodržovat bezpečnost práce, mít na sobě pracovní oděv, masku a brýle. Při nanášení se používají dvě metody, ruční natírání válečkem nebo stříkáním ze stříkací pistole. Gelcoatů existuje několik typů, které se liší svými vlastnostmi - od brousitelných a lešitelných přes otěru odolné až po tepelně a chemicky odolné. [10], [11]



Obr. 6. Nátěr gelcoatu na formu [17]

Porušené gelcoaty se opravují po obroušení brusným papírem a nanesení topcoatu, který se potom zbrousí až do úrovně originálního gelcoatu a vyleští se, aby se obnovil původní lesk.

Tab. 4. Gelcoat z nábytky firmy Havel Composites [12]

Gelcoat	Popis
EG 100 – T	Čirý, stříkací gelcoat pro tenké vrstvy. Pro vytvrzení gelcoatu použijeme tužidlo H 100 v poměru 100:40.
F 200	Epoxidový gelcoat na výrobu forem. Lze brousit, leštit. Případné opravy jsou lehce proveditelné. Tužidlo F 15 – poměr míchání je 100:25, doba zpracování 15-20 min.
Araldite SW 18	Epoxidový gelcoat na výrobu forem. Tužidlo Araldit HY 5159, poměr míchání je 100:18.

2.2.1 Epoxidové pryskyřice pro vakuovou infuzi (VIP)

Epoxidové pryskyřice jsou snadno a rychle vytvrditelné při jakékoliv teplotě v rozmezí od 5°C do 150°C v závislosti na výběru urychlovače tuhnutí. Jedna z nejvýhodnějších vlastností epoxidů je jejich malé smršťování během vytvrzování, tím se minimalizuje vnitřní napětí, odolnost proti vodě. Vysoká adhezní pevnost a vysoké mechanické vlastnosti jsou také zvýšeny velkou elektrickou izolační schopností a dobrou chemickou odolností. U epoxidových pryskyřic je možné zrychlit vytvrzování zvýšením teploty, čím vyšší teplota, tím rychlejší ztvrdnutí. [12]

Jako přísada zvyšující houževnatost se používají kopolymery, oxidy křemíku, nanočástice jílu a uhlíkové nanotrubičky. Použití nanočástic je nutnou podmínkou pro zachování malé viskozity pryskyřice. Menší teploty vytvrzování jsou výhodné i vzhledem k rozdílným koeficientům teplotní roztažnosti nástroje a kompozitu. Zabrání se tím praskání kompozitu. [16]

Tab. 5. Epoxidové pryskyřice z produkce firmy Havel Composites [12]

Epoxidová Pryskyřice	Popis
LH 130	Základní epoxidová pryskyřice, patří k nejlevnějším. Výroba lodí, sportovního nářadí, leteckých modelů a forem. Vysoká tvrdost výrobku a tvarová stálost za tepla. Tužidla: H 505 - H 512, H146, H 147.
LH 288	Speciální epoxidová pryskyřice s extrémně nízkou viskozitou. je vhodná pro infuzní technologie. Produkty se vyznačují vysokou tvrdostí. Tužidla: H 281 - H 284.
LH 289	Vytváří hladký a lesklý povrch. Vrchní lak, glazura na umělý kámen. Nižší cena. Doporučené tužidlo H 289.
L 160 MGS	Kvalitní univerzální epoxidová pryskyřice. Všestranné použití. Tužidla: H 133 - 138, H 500 - 502.
RIM 235 MGS	Velmi řídká epoxidová pryskyřice vhodná pro zpracování infuzní technologie. Tužidla: H 235, H 237.

2.2.2 Polyesterové pryskyřice

Polyesterová pryskyřice se nejčastěji používá v loďařském průmyslu. Nemodifikované nenasyčené polyesterové pryskyřice mají velké smrštění při vytvrzování (7 až 8 %). Jsou křehké, snadno v nich vznikají mikrotrhlinky. Mají dobré elektrické vlastnosti, odolnost proti ultrafialovému záření. Pryskyřice dobře smáčejí skelná vlákna, ale pevnost vazby matrice – skelné vlákno je menší. Pro zpracování je nutné, aby pryskyřice obsahovala ještě další látky. Nejčastěji obsahuje katalyzátor, akcelerátor, aditiva, chemické/ohnivzdorné látky. Pro získání nejlepších materiálových vlastností je potřeba přidat urychlovač a katalyzátor. Přebytek katalyzátoru způsobí příliš rychlý čas vytvrzování, naopak jeho nedostatek způsobí nedotvrzení. Plniva jsou přidávána v množství do 50 % hmotnosti pryskyřice. Polyesterová pryskyřice se vyznačuje především výrazně nižším obsahem styrenu (nižší emise a zápach, menší smrštění), obsahují minimálně 66 % netěkavých látek. [12]

Tab. 6. Polyesterová pryskyřice z produkce firmy Havel Composites [12]

Typ	Popis
Havelpol. 1	Základní orthoftalová pryskyřice, předurychlená - doporučený peroxid Butanox M 50, poměr míchání 100:2.
Havelpol. 2	Standardní orthoftalová pryskyřice, předurychlená, nízkoemisní, tixotropní.
Havelpol. H 834	Je učena k výrobě lodí a dalších kompozitních částí, je vhodná jak pro ruční laminaci, tak i pro aplikaci stříkáním. Má vysoké HDT 95° C. Výbornou hydrolytickou stabilitu (resistence k vodě).
RM 2000	Speciální pryskyřice na formy (ruční laminace), doporučený peroxid Cata 2000.

Při vytvrzování se uvolňuje reakční teplo a dochází k objemovému smrštění o 5 až 9 %. Vysokoviskozní pryskyřice se rozpouštějí ve styrenu, který současně působí při vytvrzování jako kopolymerační monomer. Existuje mnoho typů polyesterových pryskyřic s nejrůznějšími vlastnostmi, liší se základními druhy molekul. [13]

2.3 Retardéry hoření

Retardéry hoření mohou potlačit nebo dokonce zastavit proces hoření, záleží na jejich složení. Mohou fungovat chemicky nebo fyzikálně v pevné, kapalně i plynné fázi. Zasahují do jednotlivých částí hoření, zahřívání, rozkladu, vznícení nebo šíření ohně. [14]

Snížení hořlavosti organických pryskyřic se dosahuje jednak snížením obsahu organické fáze ve výsledném materiálu, tím je v kompozitech dosaženo přidávkem výztuže a anorganických plniv, aplikací organických a anorganických retardérů hoření. Tyto retardéry většinou zvyšují zápalnou teplotu materiálu a prodlužují dobu, po kterou musí plamen na materiál působit, aby došlo k jeho vznícení. V mnoha případech je účinnost retardérů taková, že po oddálení plamene způsobí samovolné uhašení hoření. K retardérům se navíc přidávají další látky, které podstatně snižují hustotu emitovaného kouře i jeho toxicitu. Pro výrobu kompozitů se sníženou hořlavostí se jako matrice používá středně nebo vysoce plněné polyesterové a epoxidové pryskyřice. [1]

Retardéry jsou používány pro zlepšení odolnosti materiálu proti ohni. Důležitou vlastností retardéru hoření, je nezbytnost zachování původních vlastností materiálů. Snížení hořlavosti můžeme docílit, tím že přidáme další monomer obsahující v molekule fosfor, halogen či antimon. Do skupiny retardérů hoření patří retardéry na organické a anorganické bázi. Dále můžeme retardéry rozdělit podle skupenství na pevné a kapalné. Retardéry by měli splňovat tyto vlastnosti:

- Nekorozivní
- Odolnost proti stárnutí a hydrolýze
- Kompatibilita s polymerem a dalšími aditivy
- Tepelná stabilita při zpracování
- Vysoká efektivita
- Minimální vliv na vlastnosti a cenu
- Recyklovatelné [14]

2.3.1 Retardéry hoření na bázi halogenidů

Mají výborné schopnosti a mohou být začleněny, buď mezi aditiva jako je etylen bis-(tetrabromftalimid), dekabromdifenyl, nebo jako reaktivní, např. vinyliden chlorid. Složky obsahující brom jsou účinnější než ty, které obsahují analogické složky s chlorem, ale brom je dražší a má menší tepelnou a fotochemickou stabilitu. Jejich mechanismus účinku souvisí s rozštěpením vazby mezi uhlíkem a halogenem. Volba typu sloučenin závisí na typu polymeru, na míšicím poměru, na podmínkách reakce halogenových retardérů hoření (tání, stabilita, distribuce) anebo na vlastnostech materiálu při dlouhodobém vystavení teplotě. Radikálové rekombinace zlepšují vlastnosti používaných halogenových retardérů hoření ve směsi s kovovými komponenty. [14]

2.3.2 Retardéry hoření na bázi fosforu

Použití retardéru hoření na bázi fosforu je mnohostranné, patří sem například několik oxidovaných stavů fosforu, fosforové komponenty, elementární červený fosfor. Retardéry na bázi fosforu efektivní v polymerech obsahující kyslík. Mechanismus v kondenzované fázi vzniká jako důsledek tepelného generování kyseliny fosforové z retardérů hoření, např. kyselina fosforová nebo polyfosforová. Tyto kyseliny se chovají jako dehydratační prostředek měnící degradaci v polymeru. Retardéry hoření na bázi fosforu mohou mít aditivní nebo reaktivní složky. Aditivní forma zahrnuje nízko molekulární složky, např. červený fosfor, polymerní aditiva jako je polyfosforový ester. Výskyt retardérů hoření obsahujících fosfor je všestranný, ale méně univerzální než retardéry hoření na bázi bromu, protože je omezuje použití jen pro určité skupiny polymerů. Efekt retardace se může zlepšit, jestli obsahují fosforové složky i halogenové složky. Mnoho retardérů hoření na bázi fosforu je tekutých nebo mají nízký bod tání a mohou fungovat jako plastifikátory polymerní matrice. [14]

2.3.3 Retardéry hoření obsahující křemík

Křemík se používá společně s chloridy cínu, olova, mědi, vápníku nebo železa. Nejvýznamnější kombinací retardéru je křemík a chlorid cínatý. Využívají se především v PP a PA 66. [21]

2.3.4 Retardéry hoření obsahující brom

Mohou se snadno zamíchat skoro do všech polymerů a mají malou tendenci vykvétat na povrch. Bromové retardéry hoření jsou škodlivé pro životní prostředí a lidské zdraví. Jejich efekt může být zvýšen přidáním oxidu antimonitého. Na povrchu polymeru dochází k vzniku zuhelnatělé vrstvy, která chrání polymer před hořením. Nevýhoda retardéru je, že je méně stabilní na světle a dražší. Může se používat jako reaktivní nebo aditivní retardéry hoření. [14]

Patří mezi retardéry s vysokou účinností její obsah v polymerní matici se pohybuje v rozmezí 10–15%. Obsah bromu v těchto látkách je obvykle 50-80%. K retardaci hoření dochází mechanismem blokového hoření, vznikem těkavé HBr v přítomnosti uhlovodíků.[22]

Mezi retardéry hoření obsahující brom patří:

- bromové epoxidy
- oktabromdifenyloxid
- Deca-BDE – dekabromdifenyloxid
- Tetradekabromodifenoxybenzen

2.3.5 Bezhalogenové retardéry hoření

Bezhalogenové retardéry hoření (HFFR – halogen free flame retardants) se obvykle dávkují ve větším množství, protože nejsou tak účinné jako halogenové retardéry hoření. Konečné vlastnosti výrobku ovlivňuje vyšší koncentrace a tím také výslednou cenu výrobku. Oproti halogenovým retardérům hoření se však vyznačují nízkou hustotou kouře, nižší hmotností proti klasickým materiálům, nízkou toxicitou a korozí zplodin hoření. Do této skupiny retardérů hoření patří:

- **Intumescentní látky**, které při hoření pění a jejichž zuhelnatělý zbytek tvoří tenkou vrstvu, která zabraňuje přístupu kyslíku.
- **Minerální plniva**, svou přítomností v polymeru zvyšují jeho tepelnou vodivost a tím posouvají hranici zápalnosti k vyšším teplotám. Používá se především netoxické retardéry hoření, např. hydroxid hlinitý $Al(OH)_3$, hydroxid hořečnatý $Mg(OH)_2$. [23]

2.4 Články z vědecké databáze Science Direct

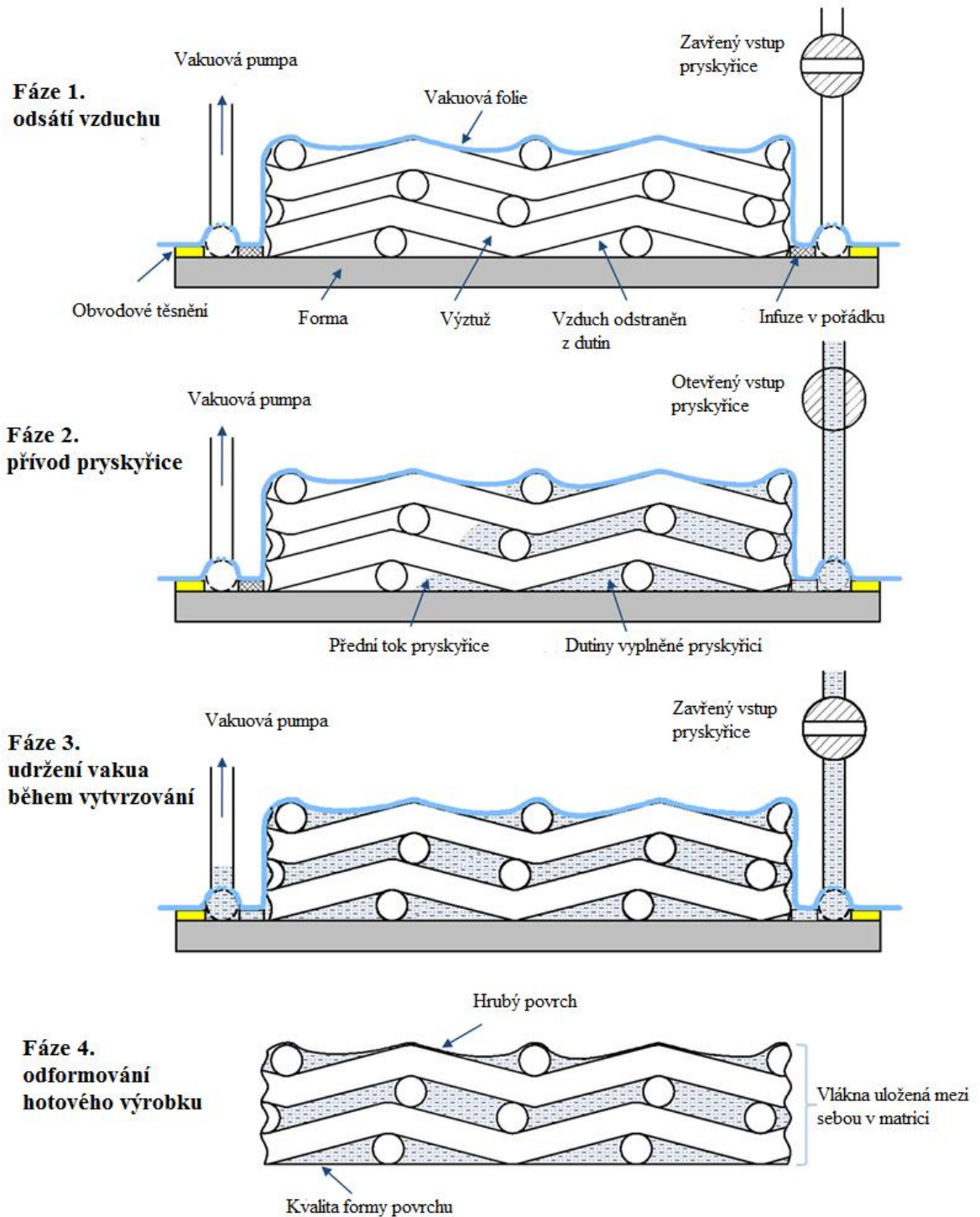
Resin film infusion of stitched stiffened composite panels (Efekt rychlého vytvrzování na vlastnosti uhlíkových vláken). V tomhle článku byly použity tři různé procesy, ve kterém je použit druh rychlého vytvrzování epoxidové pryskyřice. Předehřívání formy a vláken byla provedena s cílem zkrátit dobu plnění ve srovnání s rychlostí procesu. Doba cyklu je 16 min pro předehřívání procesu, asi o 30% kratší, pevnost a ohyb ve smyku byl zlepšen o 29% a 7%. Předehřívací proces je vhodný pro zlepšení zpracování. S přidáním sisalového vlákna se zlepší pevnost v tahu. Epoxidové monomery mají větší vliv na látky zpomalující hoření. [24]

Čím nižší je teplota polymerace, tím je vyšší stupeň krystality a následně vyšší úroveň smršťování.

- Viskozita pryskyřice je obvykle omezená na 100 až 500 MPa.s.
- Doba plnění se týká přímo viskozity pryskyřice.
- Nejvíce používané výztuhy jsou mezi 0,5 a 0,85.
- Ovlivňování průtoku vzdálenosti, objem, tvar

3 VAKUOVÁ INFUZE

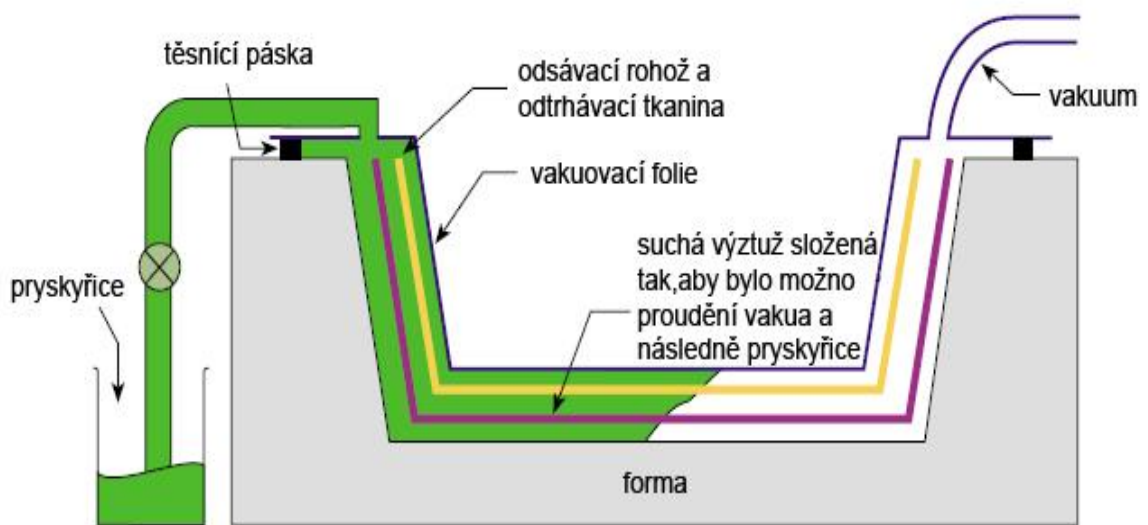
Vakuová infuze je děj, při kterém se využívá podtlak pro vedení pryskyřice přes suché výztuže. Nejdůležitější operací vakuové infuze je odstranění vzduchu před vstupem pryskyřice. Proces můžeme rozdělit na 4 fáze:



Obr. 7. Proces vakuové infuze [16]

3.1 Princip vakuové technologie

Vakuová infuze využívá podtlak pro distribuci pryskyřice v položených vrstvách výztuže. Výztuže se nasucho položí do dutiny formy, na výztuž se pokládají další pomocné materiály přikryté vakuovou folií. Pryskyřice je nasávána prostřednictvím systému hadiček a pomocí distribučního média. Patří mezi technologicky nejsložitější procesy ve výrobě kompozitních materiálů.



Obr. 8. Vakuová infuze

Vakuová technologie:

- Příprava formy
- Příprava výztuže
- Nátěr gelcoatu(povrch výrobku)
- Položení sklovýztuže do formy
- Vložení pomocných materiálů do formy
- Instalace vakuové folie
- Instalace vakua
- Kontrola vakua

- Odformování výrobku

Výhody:

- Vysoký obsah výztuže, který nemůže být dosažen standartním ručním laminováním
- Minimální obsah dutin
- Dokonalé přesycení výztuže, díky působení podtlaku a využití pomocných materiálů, které slouží k rozvodu pryskyřice
- Eliminuje únik styrenu do ovzduší v průběhu vytvrzování pryskyřice

Nevýhody:

- Pomocné materiály, zvyšují náklady
- Vysoké nároky na praktickou zkušenost na pracovníka
- Příprava a kontrola je závislá na zručnosti pracovníka

Výroba technologie je dána především charakterem výrobku. Její volba se řídí několika zásadními faktory:

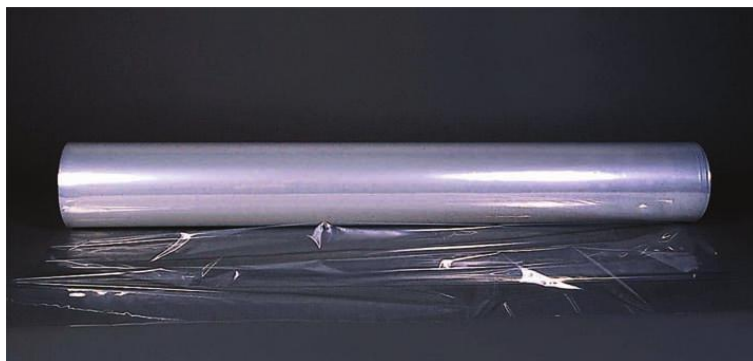
- Sériové dílce
- Velikost a členitost výrobku
- Kvalita povrchu
- Požadované vlastnosti
- Limity nákladů

3.2 Pomocné materiály a komponenty

Při výrobě vakuové infuze je potřeba několik pomocných materiálů, které jsou potřebné. Z pomocných materiálů se po dokončení výroby a odformování stává odpad. Díky těmto materiálům se při vakuové infuzi dosahuje dobrých vlastností. Počet komponentů určuje tvar a typ výrobku.

3.2.1 Vakuová folie

Je to průhledná folie, která se používá k utěsnění celé formy a rovnoměrnému rozložení tlaků na povrchu materiálu. Folie je flexibilní, odolná proti přetržení, odolná proti matrici. Materiál folie se volí podle matrice, teploty použití nebo složitosti výrobku. Vyrábí se především z materiálu polyetylen, polyamid nebo nylon. Pro vysoké teploty se používá PTFE. Tloušťka folie je maximálně 0,08mm. Rozměr folie se volí o 30 až 40% větší než výrobek. [17], [18]



Obr. 9. Vakuová folie [19]

3.2.2 Odtrhová tkanina

Je to tkanina ze syntetických vláken, která se pokládá jako první přímo na výztuže výrobku. Odtrhová tkanina se při odformování strhává z výrobku a vzniká drsný povrch potřebný pro další technologické operace - laminování, lepení, povrchové úpravy. Vyrábí se hlavně z polystyrenu, ale může být i z nylonu. Slouží k oddělení všech pomocných materiálů, které jsou položeny na ní. [17]

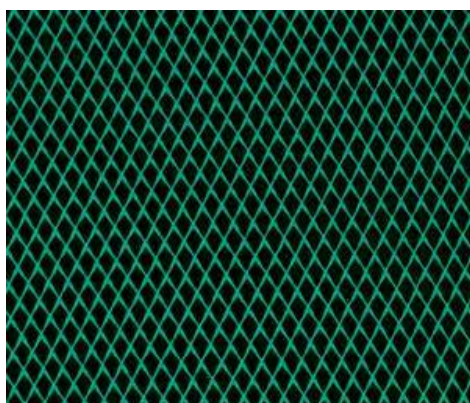


Obr. 10. Odrhová tkanina [19]

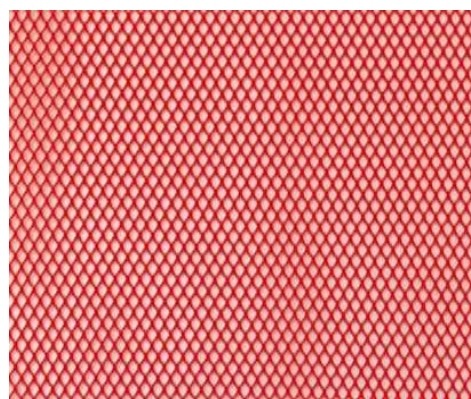
3.2.3 Distribuční medium – rozvodná síť

Rozvodná síť zabezpečuje lepší rozvod pryskyřice, protože jinak by byl rozvod pryskyřice zabezpečen pouze působením tlakem. Rozvodná síť urychluje tok pryskyřice do suché tkaniny, díky další vrstvě materiálu. [19]

Je mnoho druhů rozvodu pryskyřice. První je povrchový rozvod, kde se používá rozvodová tkanina. U dalšího způsobu, tzv. mezilaminárního rozvodu, kde se používají speciální 3D tkaniny. Volí se podle toho, jaké materiály použijeme na vakuovou infuzi, podle použitého druhu pryskyřice, podle zpracování a hmotnosti výrobku.



Obr. 11. Grenflow75 [19]



Obr. 12. Resiflow60 [19]

3.2.4 Rozváděcí kanál

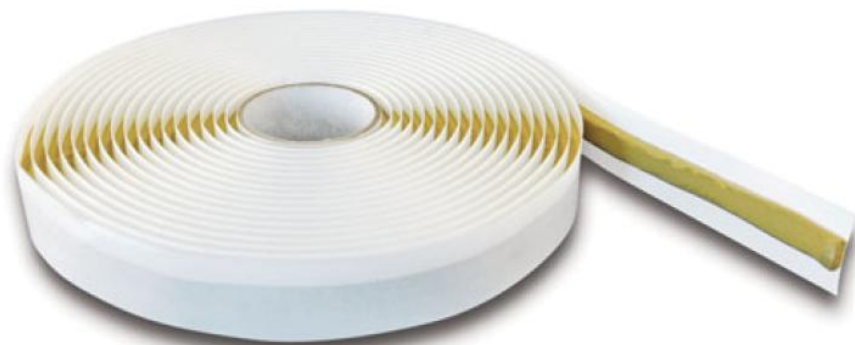
Rozváděcí kanál je tenká pletená technická páska, která pomáhá lepšímu toku a rozvodu pryskyřice při vakuové technologii. Páska se vyrábí z polyesteru a má svůj speciální tvar. Používá se na dopravu matrice do méně přístupných míst. Po výrobě je ostatními technologickými vrstvami odtržen jako odpad.



Obr. 11. Rozváděcí kanál [19]

3.2.5 Těsnící páska

Těsnící páska vytváří vzduchotěsný spoj mezi formou a vakuovou folií. Je to oboustranná páska, která je jednou stranou přilepena k formě a druhou k vakuové folii. Slouží k utěsnění prostoru mezi přívodní hadicí a konektorem. Podle teploty se používají různé druhy pásek. [17]



Obr. 12. Těsnící páska [19]

3.2.6 Hadice pro dopravu pryskyřice

Hadice slouží k vytvoření vakua a k dopravě pryskyřice do formy, slouží také k odvodu přebytečné pryskyřice do rezervoáru. Hadice je odolná proti teple a chemickému složení. Je vyrobena z PE. Spirálová hadice se používá k rozvodu pryskyřice do špatně přístupných míst a k odsávání přebytečného materiálu. Hadice odolá maximální teplotě 230°C. [19]



Obr. 13. Druhy hadic [19]

3.2.7 Konektor RIC

Konektor slouží k propojení přívodu pryskyřice a formy. Toto propojení je levné a efektivní, používá se pro nízkoteplotní aplikace do teploty 80°C. Konektor je vyrobený z polyetylenů. Liší se podle velikosti konektoru. [19]



Obr. 14. Konektor RIC [19]

3.2.8 Fixační lepidlo

Slouží k zafixování potřebných materiálů a pomocných materiálů.

3.2.9 Vakuová vývěva

Vývěva je zařízení, které odčerpává vzduch z uzavřené formy a vytváří vakuum. Díky vzniklému vakuu se nasává pryskyřice ze zásobníku do formy výrobku. Pro vakuovou infuzi je potřeba vytvořit podtlak 0,8 až 1 bar.



Obr. 15. Vakuová vývěva [20]

3.2.10 Rezervoár

Rezervoár je přepadová nádoba, která slouží k zachycování přebytečné pryskyřice. Nádoba má 1 vakuový vstup a 3 vstupy pryskyřice, aby bylo možné provádět několik infuzí současně. Každý vstup je vybaven pojistným ventilem. Přístroj je vybaven regulátorem vakua pro snížení vakua a zabránění úniku pryskyřice. [19]



Obr. 16. Rezervoár pryskyřice [19]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce:

1. Problematika kompozitních materiálů
2. Studium vlivu množství plnění akrylové pryskyřice 15 hm. %, 20 hm. %, 30 hm. % a plnivem Martinal ON 904, Exolit OP 1240 (ATH v hm. %)
3. Výroba vzorku technologií vakuové infuze pod pružnou folií, popis a význam pomocných technologických materiálů
4. Měření ohybových vlastností dle normy ČSN EN ISO 178 na vyrobených kompozitních vzorcích
5. Měření hořlavosti pomocí metody kyslíkového čísla, dle normy ČSN ISO 4589-2
6. Zpracování dosažených výsledků
7. Závěr

5 POUŽITÉ MATERIÁLY PRO VÝROBU VZORKŮ

Ve výrobě vzorků byly použity následující materiály:

5.1 Použité Pryskyřice

5.1.1 Pryskyřice DION ® 850-M850

Norpol 850-M850 je nehořlavá polyesterová pryskyřice pro ruční laminování a stříkání. Obsahuje retardéry hoření. Pryskyřice obsahuje parafín, který zaručuje nelepivost povrchu laminátu po vytvrzení. Bod vzplanutí je 34°C a čas zgelovatění je 40-50 minut. Prodloužená doba skladování nebo nevhodné podmínky skladování mohou způsobit sedimentaci plniva, proto je nutné před aplikací dokonale rozmíchat. [Příloha PI]

Tab. 7. Fyzikální vlastnosti pryskyřice při teplotě 23°C [Příloha PI]

Vlastnosti	Jednotka	Hodnota
Viskozita	mPa.s	350 - 400
Obsah netěkavých látek	% hm	69 ± 2
Obsah organických rozpouštědel	kg /kg	31 ± 2
Obsah netěkavých látek v obj. %	% obj.	40
Bod vzplanutí	°C	34
Geltime: 1% NORPOL PEROXIDE 1	minuty	40 - 50

Tab. 8. Mechanické vlastnosti ve vytvrzeném stavu [Příloha PI]

Vlastnosti	Jednotka	Hodnota
Pevnost v ohybu	MPa	90
Ohybový modul	MPa	6200
Pevnost v tahu	MPa	55
Tahový modul	MPa	6500
Protažení při přetržení	%	1,2

5.1.2 Pryskyřice SYNPO FR 4/12

Je nehořlavá polyesterová pryskyřice. Obsahuje speciální přísady potlačující odpar styrenu do pracovního prostředí. Pryskyřice obsahuje látku s fosforem v molekule, není možné ji vytvrzovat použitím standartního systému složeného z kobaltnaté soli jako promotoru a methylethylketon peroxidu. Proto byla navržena kombinace methylethylketon peroxidu a soli vanadu. (Tab. 8) Snižuje vznik dýmu při hoření. Možné použití i na místech citlivých na korozi. Geltime pryskyřice se pohybuje v rozmezí 25-45 minut. Tabulka zobrazuje geltime při 20°C a reaktivitu směsi pro kombinaci peroxidu a promotoru.

Tab. 9. Dávkování iniciačního systému složeného z methylethylketon peroxidu a roztoku vanadu a jeho vliv na geltime a reaktivitu poloprovodní pryskyřice FR- 4/12

Číslo systému	Koncentrace MEKP	Geltime (min)	Reaktivita	
	(%)		Čas (min)	T_{\max} (°C)
1.	1	4 - 10	41	88
2.	1	32 - 38	53	97
3.	1	45 - 49	76	98
4.	2	28 - 30	150	64

5.2 Exolit OP 1240

Exolit OP 1240 je bílý, jemně zrnitý prášek na bázi organického fosfinátu. Produkt je hygroskopický. Je nerozpustný ve vodě a organických rozpouštědlech. Vzhledem k vysokému obsahu fosforu se výrobek vyznačuje vysokou účinností. Byl vyvinut speciálně pro použití v polyesteru. Teplota taveniny polymeru by neměla překročit 320 °C. [Příloha PII]

Tab. 10. Technické údaje [Příloha PII]

Vlastnosti	Jednotka	Hodnota
Fosfor	%	Max. 0,2
Hustota	g/cm ³	1,35
Teplota rozkladu	°C	300
Objemová hmotnost	kg/m ³	400 - 600
Velikost částic	µm	25 - 50

5.3 MARTINAL ® ON-90

Martina ON – 904 je retardér hoření ATH, hydrát nebo hydroxid hlinitý Al(OH)₃. Světově nejpoužívanější retardér hoření. Potlačuje dýmivost a zpomaluje hoření v plastových výrobcích: pryžové výrobky, koberce a kabely. Také se používá k výrobě papíru, tiskařské barvy, keramiky, rozpouštědel, vodou ředitelných barev, zubních past, inkoustů a lepidel. Je to účinný retardér hoření. Používá se jako plnivo v syntetické pryskyřici. [Příloha PII]

Tab. 11. Vlastnosti retardéru ATH [Příloha PIII]

Vlastnosti retardéru hoření	
Fyzikální stav	Bílý prášek bez zápachu
Bod tání	300°C
Hustota	2,42 g/cm ³
Stabilita	Za normálních podmínek stabilní
NFPA hodnocení	Zdraví: 1; Hořlavost: 0; Reaktivita: 0
Vzplanutí	Není považován za požárně nebezpečný



Obr. 17. Retardér hoření ATH

5.4 Tkanina Saertex

Jde o bidiagonální výztuž, materiál je odolný a kompaktní. Vlákná nejsou zapletena mezi sebou, ale skládána v jednotlivých vrstvách na sebe v orientaci -45° , 90° , $+45^\circ$. Ve výrobě jsme použily čtyři vrstvy tkaniny na každou desku. [Příloha PIV]



Obr. 18. Bidiagonální výztuž

5.5 Iniciátor Butanox M-50

Butanox M-50 je univerzální methyl ethyl peroxid. Jedná se o čirou a bezbarvou kapalinu. Je určený pro vytvrzování nenasycených polyesterových pryskyřic za přítomnosti urychlovače při teplotě okolí. [Příloha PV]

5.6 Urychlovač

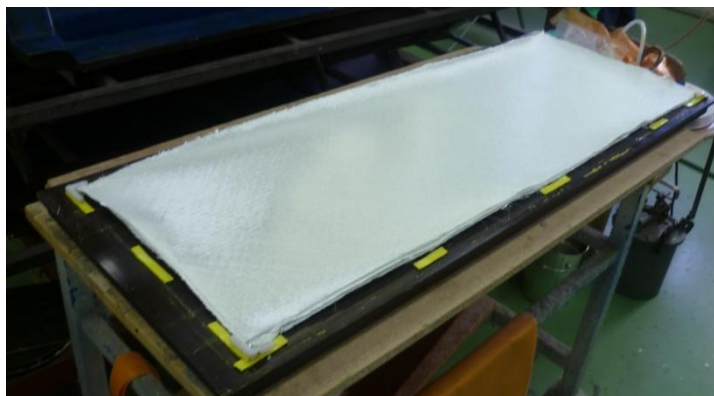
K vytvrzování nenasycených polyesterových pryskyřic za normální teploty v kombinaci s vhodnými iniciátory.

6 VÝROBA ZKUŠEBNÍCH TĚLES

Pro výrobu vzorků byla zvolena vakuová technologie pod pružnou folií.

6.1 Postup výroby

Na separovanou formu ze dřeva, byly položeny čtyři vrstvy výztuže o rozměru 1250 x 450 mm. Výztuže byly kladeny na sebe tak, aby vlákna byly orientované ve stejném směru.



Obr. 19. Položeny čtyři vrstvy výztuže

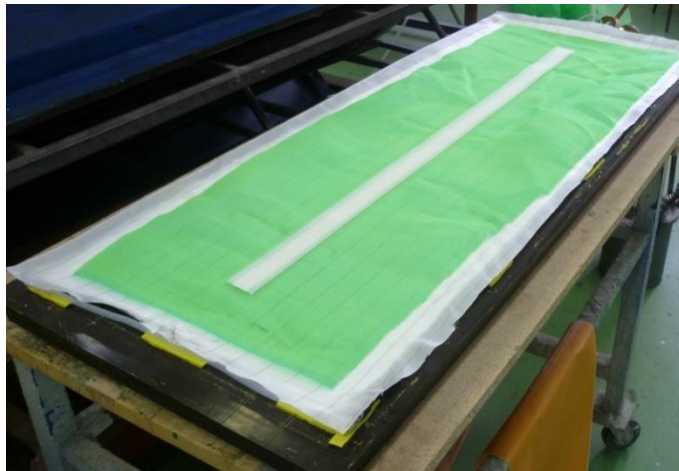
Dále se připojily spirálové trubičky, které se na konci formy spojily „L“ kolínky. Na formu byla nalepena žlutá oboustranná těsnící páska AT 200Y, na kterou se nalepovali spirálové trubičky pro odvod přebytečné pryskyřice do rezervoáru.



Obr. 20. Připevnění spirálové trubičky k formě

Následně na takto připravenou formu klademe pomocné vrstvy. Jako první se pokládá odtrhová tkanina přímo na výztuž. Odtrhová tkanina musí přesahovat přes spirálové hadice. Další vrstvou je distribuční médium, které pomáhá k lepšímu toku pryskyřice. Pro lepší

rozvod pryskyřice byl použit Resintrak, který byl umístěn ve středu formy, délka byla zvolena 1050 mm.



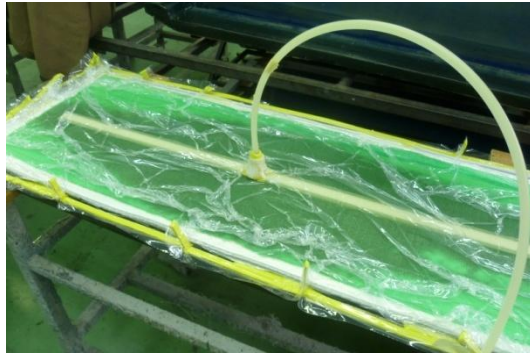
Obr. 21. Pomocné materiály pro vakuum

Všechny pomocné materiály byly pokryty vakuovou folií, která musí být větší o 30 % než odtrhová tkanina. Po okrajích folie se přilepila oboustranná těsnící páska k utěsnění formy s folií. Následně byl odsát všechen vzduch pomocí vakuové vývěvy. Až dosáhneme podtlak okolo 0,8 Barů.



Obr. 22. Zavakuovaný výrobek

Pryskyřice se zamíchala v nádobě s iniciátorem Butanox ON 904. Po zamíchání se ponořila hadička do nádoby, tím začala proudit pryskyřice pomocí podtlaku do formy.



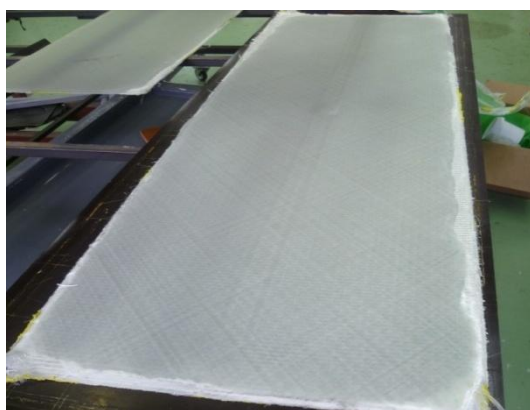
Obr. 23. Plnění formy pryskyřicí

V průběhu plnění výrobku pryskyřicí jsme pozorovali, že neprosakují všechny vrstvy výztuže rovnoměrně a vznikají nepropustná místa.



Obr. 24. Nepropustná místa

Celkem jsme vyrobili 5 desek. Desky byly odformovány až druhý den po vytvrdnutí.



Obr. 25. Hotový výrobek

Následně byla deska rozřezána na potřebné rozměry stanovené v jednotlivých normách.

7 ZKOUŠENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ

Zkoušení mechanických vlastností bylo měřeno v laboratoři na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně na stroji Zwick 1456. Polovina vyrobených vzorků byla zaslána na testování do firmy SYNPO Pardubice, která je specialistou ve výzkumu syntetických pryskyřic a laků. Zde testovaly zkoušku hoření metodou kyslíkového čísla.

7.1 Zkušební stroj Zwick 1456

Zkušební stroj Zwick 1456 slouží k měření mechanických vlastností materiálů. Umožňuje provádět statické zkoušky tahem, tlakem, ohybem a cyklické zkoušky mívajícím zatížením. Oblast použití je omezena velikostí maximální snímané síly siloměrnou hlavou na polymerní materiály (plasty, lamináty, lepenky, papíry, kompozity, pěnové materiály atd.). S použitím teplotní komory se může provádět i mechanické zkoušky při teplotě (-80°C až +250°C). Univerzální testovací program pro mechanické zkoušky je nainstalován na osobním počítači, který vyhodnocuje průběh zkoušky.



Obr. 26. Zkušební stroj Zwick 1456

Technické parametry

Snímač síly: 20 KN a 2,5 KN

Pracovní výška: 1160 mm

Celková šířka: 630 mm

Celková výška: 2012 mm

Strojová výška: 1284 mm

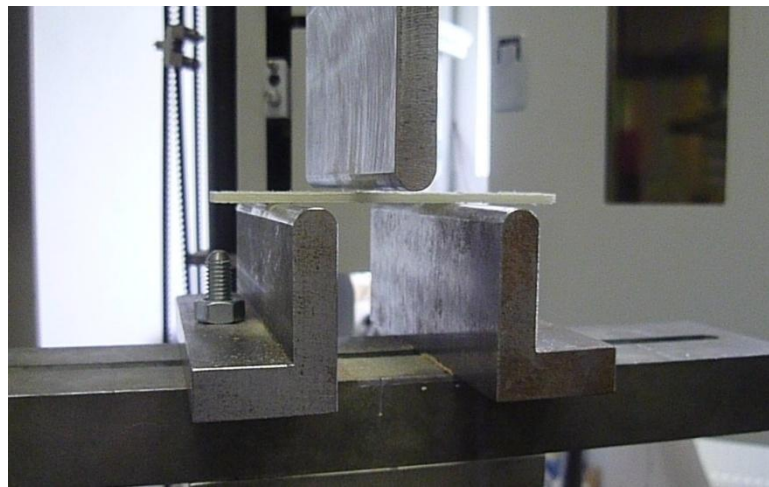
Pracovní šířka: 420 mm

Hmotnost: 150 kg

Maximální zkušební rychlost: 750 mm/min

7.2 Zkouška ohybem

Vyrobené vzorky byly zkoušeny na stroji Zwick 1453 při teplotě okolí 23°C. U série s 15hm %, 20 hm %, 30 hm% plnění Martinal ON 904, 20 hm % a 30 hm % plnění Exolit OP 1240. Bylo provedeno měření na deseti vzorcích. Celkový počet vzorků bylo 100. Přičemž polovina vzorků se vařila 2 hodiny ve vodě při 100°C. Jednalo se o tělíska o rozměrech 100mm x 20mm. Zkouška byla prováděna dle normy ČSN EN ISO 178 tříbodovým ohybem.



Obr. 27. Tříbodové zatěžování

Zkušební těleso se vloží do zařízení a je uloženo na dvou podporách. Vzdálenost podpor je šestnáctinásobek tloušťky vzorku. V našem případě je tedy vzdálenost podpor 50 mm.

Naměřené veličiny budou vyhodnoceny podle vztahu (2, 3, 4)

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} \text{ [MPa]} \quad (2)$$

$$M_o = \frac{F \times L_p}{4} \text{ [N. mm]} \quad (3)$$

$$W_o = \frac{b_o \times a_o^2}{6} \text{ [mm}^3\text{]} \quad (4)$$

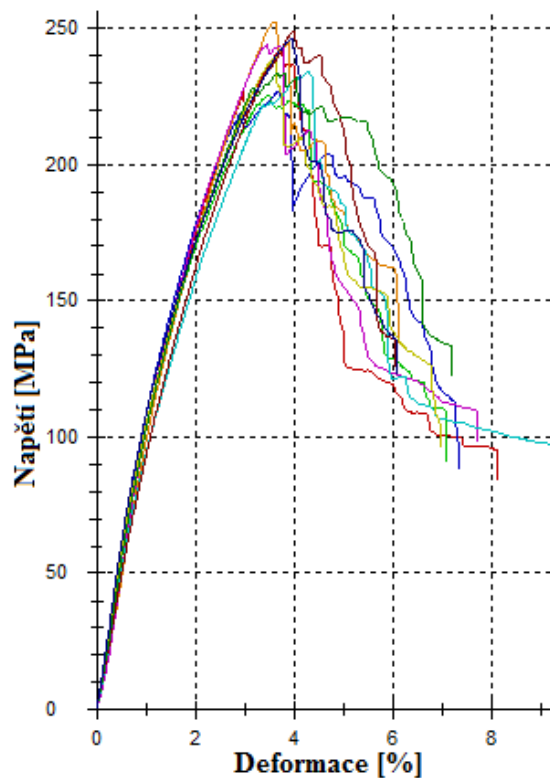
kde: M_o - ohybový moment při maximálním zatížení F

W_o - modul pružnosti v ohybu

L_p – vzdálenost podpor

a_o, b_o – tloušťka a šířka vzorku obdélníkového průřezu

7.2.1 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 1

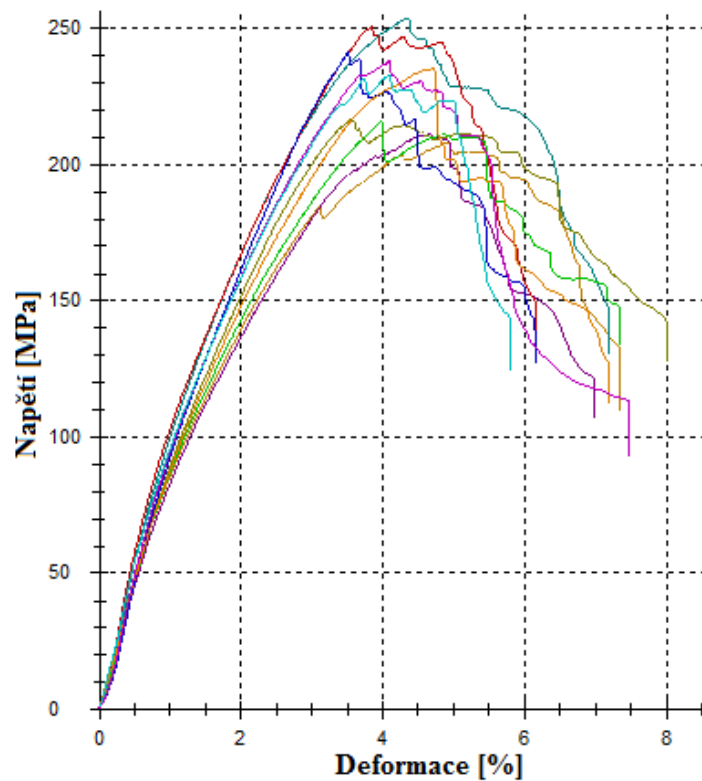


Obr. 28. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 1

Tab. 12. Výsledky ohybové zkoušky 15 hm. % plniva Martinal ON 904

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [Mpa]	a [mm]	b [mm]
1	10600	3,7	242	10600	2,8	20,4
2	10900	3,5	226	10900	2,8	20,5
3	10500	3,7	227	10500	2,8	20,2
4	8360	3,6	252	8360	2,8	20,5
5	8430	3,5	245	8430	2,8	20,5
6	9370	4,3	234	9370	2,8	20,4
7	10900	3,6	240	10900	2,8	20,4
8	9290	4	249	9290	2,8	20,4
9	10400	3,7	234	10400	2,8	20,5
10	12000	4	246	12000	2,8	20,5
\bar{X}	10100	3,7	240	10100	2,8	20,43
s	1180	0,3	9,17	1180	0	0,09487
v	11,7	7,05	3,83	11,7	0	0,46

7.2.2 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 2

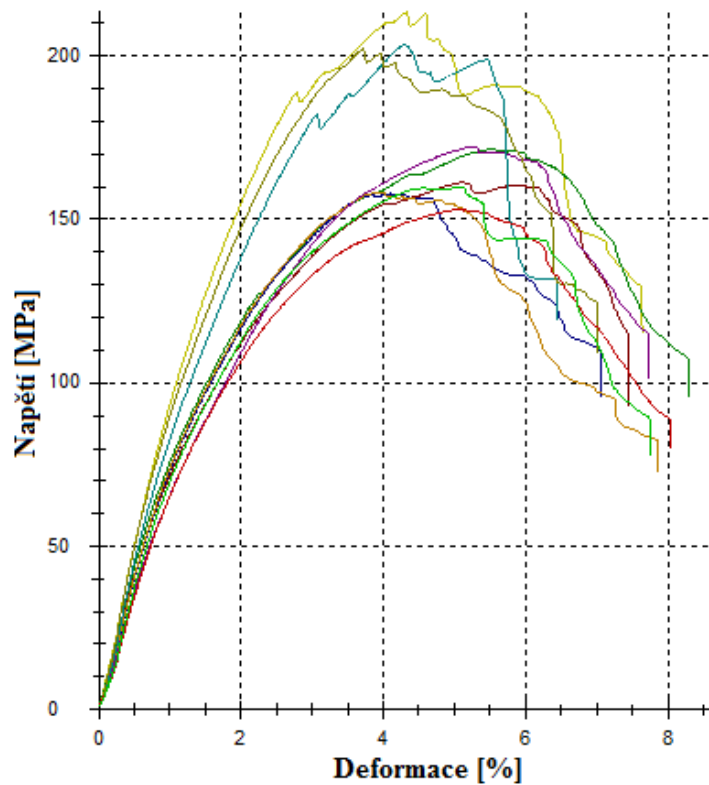


Obr. 29. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 2

Tab. 13. Výsledky ohybové zkoušky 20 hm. % plniva Martinal ON 904

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	9060	4,9	208	2234,06	2,8	20,6
2	7890	4,7	211	2080,75	2,8	20,7
3	10100	4,3	253	2254,29	2,8	20,6
4	8280	3,5	217	1480,38	2,8	20,7
5	10800	3,8	251	1884,46	2,8	20,7
6	8700	4	216	1691,28	2,8	20,7
7	7390	3,5	241	1560,95	2,8	20,7
8	8910	4,7	235	2303,21	2,8	20,7
9	8380	4,1	238	1958,77	2,8	20,7
10	10400	4,1	233	1947,6	2,8	20,7
\bar{X}	8990	4,2	230	1939,57	2,8	20,68
s	1120	0,5	16,4	290,07	0	0,04216
v	12,46	11,56	7,14	14,96	0	0,2

7.2.3 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 3

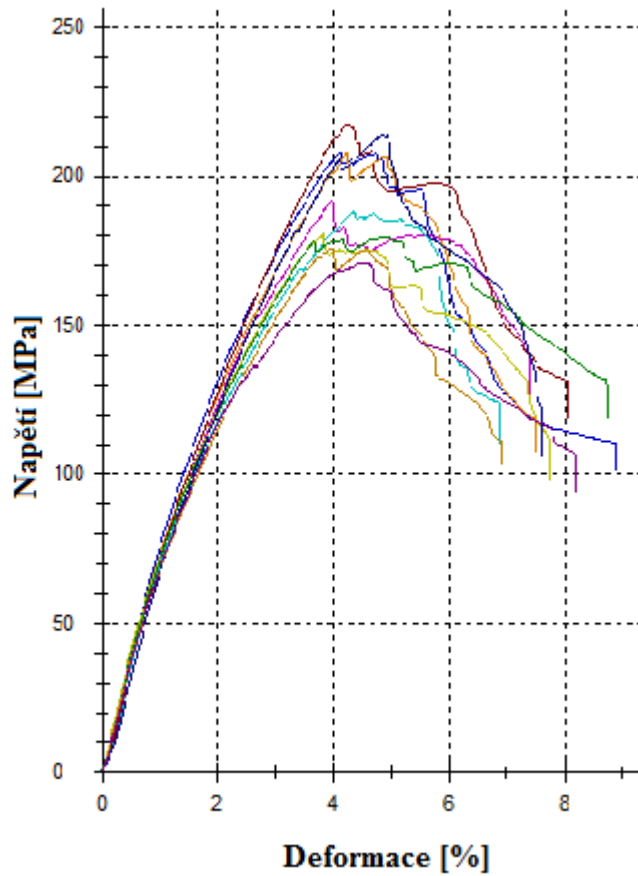


Obr. 30. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 3

Tab. 14. Výsledky ohybové zkoušky 30 hm. % plniva Martinal ON 904

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	9320	4,3	213	2034,59	2,9	20,4
2	7550	5,1	161	1894,62	2,9	20,2
3	7980	5,5	172	2219,25	2,9	20,2
4	7190	4,1	158	1397,66	2,9	20,4
5	7310	3,9	158	1332,46	2,9	20,1
6	6510	5,2	172	1979,81	2,9	20,1
7	8300	4,3	204	1841,24	2,9	20,3
8	9830	3,7	202	1555	2,9	20,3
9	5760	5,1	153	1757,79	2,9	20,2
10	6180	5,1	160	1891,9	2,9	20,4
\bar{X}	7590	4,6	175	1790,43	2,9	20,26
s	1310	0,6	22,4	283,55	0	0,1174
v	17,25	13,81	12,76	15,84	0	0,58

7.2.4 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 4

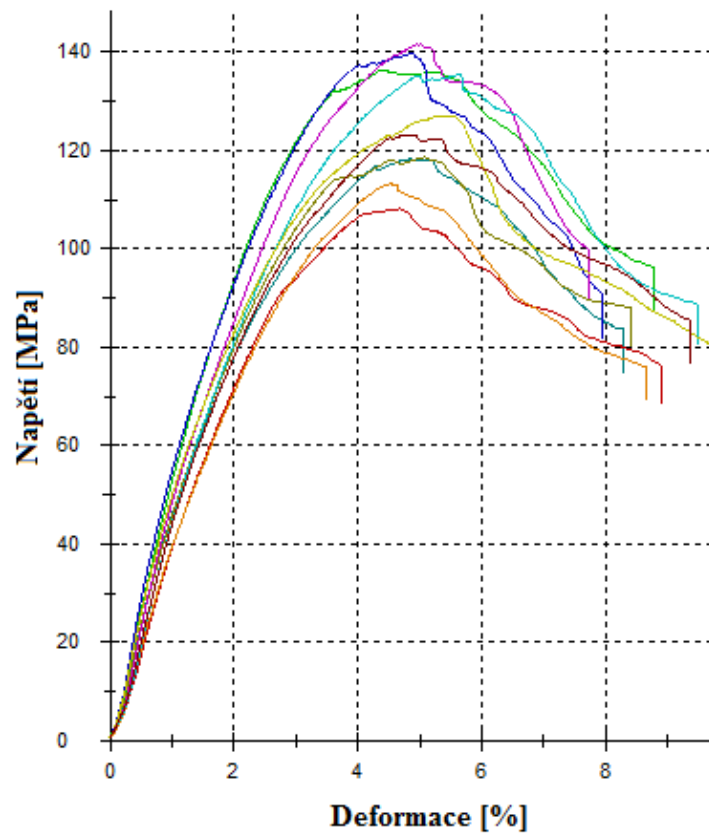


Obr. 31. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 4

Tab. 15. Výsledky ohybové zkoušky 20 % plniva Exolit OP 1240

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	6340	4,1	209	1625,86	2,8	20,4
2	6640	4,2	208	1643,44	2,8	20,3
3	7350	4	192	1432,81	2,8	20,3
4	5640	4,3	188	1584,22	2,8	20,4
5	7920	3,8	181	1334,75	2,8	20,3
6	5750	4,2	218	1677,21	2,8	20,3
7	7180	4,9	180	1942,79	2,8	20,3
8	4650	4,8	214	2004,47	2,8	20,3
9	7450	4	176	1338,35	2,8	20,3
10	6770	4,5	171	1575,49	2,8	20,3
\bar{X}	6570	4,3	194	1615,94	2,8	20,32
s	993	0,4	17	224,77	0	0,04216
v	15,12	8,56	8,8	13,91	0	0,21

7.2.5 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 5



Obr. 32. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 5

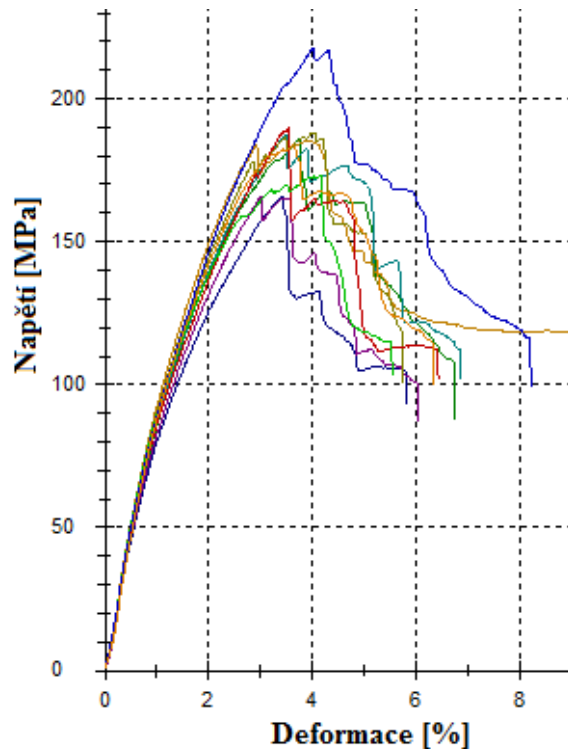
Tab. 16. Výsledky ohybové zkoušky 30 % plniva Exolit OP 1240

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	3680	4,9	118	1241,19	2,8	20,8
2	3900	5,1	119	1373,87	2,8	21,2
3	2500	4,7	108	1097,64	2,8	21,3
4	4170	4,5	136	1335,41	2,8	21,5
5	4810	4,9	140	1542,19	2,8	21,5
6	2640	4,5	113	1055,4	2,8	21,2
7	2960	5	142	1516,51	2,8	21,4
8	2640	5,6	135	1714,5	2,8	21,4
9	4540	5,5	127	1519,3	2,8	20,2
10	2770	4,9	123	1325,21	2,8	21,4
\bar{X}	3460	5	126	1372,12	2,8	21,19
s	864	0,4	11,7	206,83	0	0,404
v	24,97	7,63	9,25	15,07	0	1,91

7.3 Zkouška ohybem po uvaření vzorku

Pevnost v ohybu je ověřena dle normy NF T 57-105. Teplota vody je 100°C, doba vaření 2 hodiny.

7.3.1 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 1 po uvaření

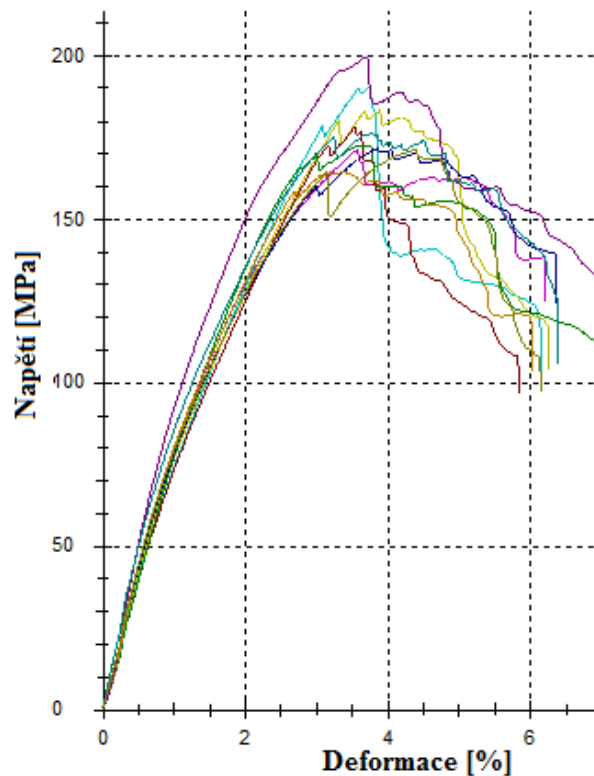


Obr. 33. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 1 po uvaření

Tab. 17. Výsledky ohybové zkoušky 15 hm. % plniva Martinal ON 904 po uvaření

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	8390	3,8	186	1504,45	2,8	21,4
2	8630	3,4	166	1184,78	2,8	21,4
3	9620	3,9	186	1660,75	2,8	21,4
4	8510	3	166	1007,95	2,8	21,4
5	9340	3,5	188	1363,4	2,8	21,4
6	9240	4	188	1739,97	2,8	21,4
7	9010	3,6	190	1387	2,8	21,4
8	9430	4,2	173	1632,98	2,8	20,4
9	9270	4	218	1719,59	2,8	20,4
10	7970	3,6	184	1380,71	2,8	20,4
\bar{X}	8940	3,7	185	1458,16	2,8	21,1
s	537	0,4	15	240,13	0	0,483
v	6	9,47	8,13	16,47	0	2,29

7.3.2 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 2 po uvaření

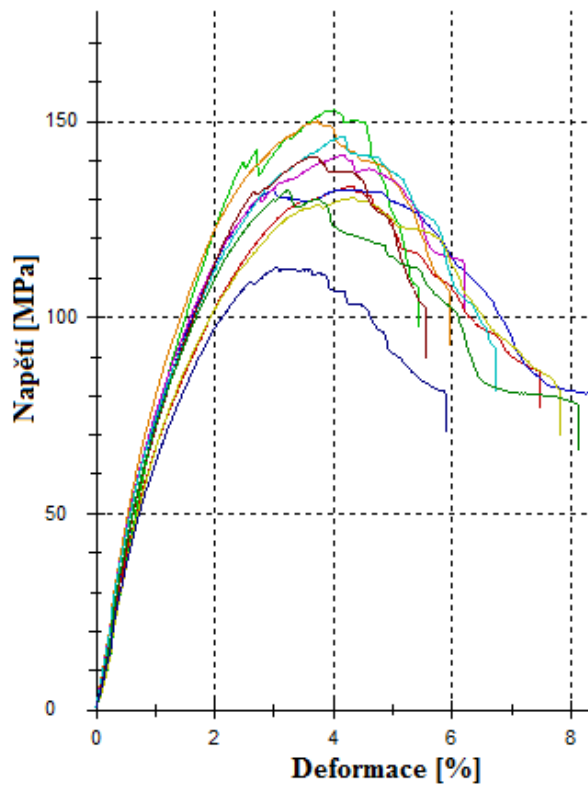


Obr. 34. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 2 po uvaření

Tab. 18. Výsledky ohybové zkoušky 20 hm. % plniva Martinal ON 904 po uvaření

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	6860	3,6	171	1287,84	2,9	20,8
2	7550	3,7	190	1437,44	2,9	20,8
3	7670	3,9	183	1508,82	2,9	20,8
4	7310	3,5	178	1264,59	2,9	20,8
5	7000	3,7	173	1420,91	2,9	20,8
6	7520	3,9	172	1443,35	2,9	20,8
7	8180	3,4	165	1215,13	2,9	20,8
8	9060	3,7	199	1568,22	2,9	20,8
9	9300	3,8	176	1494,45	2,9	20,8
10	8200	4,4	171	1737,92	2,9	20,8
\bar{X}	7860	3,7	178	1437,87	2,9	20,8
s	817	0,3	10,5	155,54	0	0
v	10,39	7,19	5,88	10,82	0	0

7.3.3 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 3 po uvaření

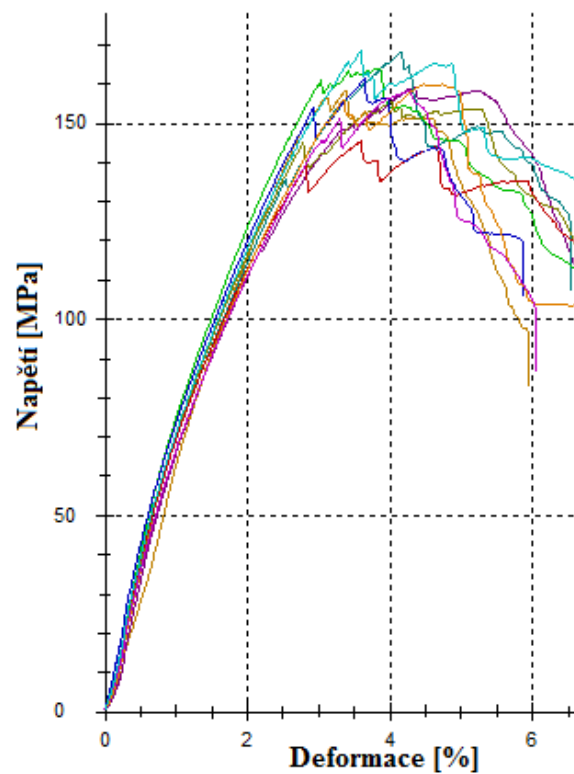


Obr. 35. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 3 po uvaření

Tab. 19. Výsledky ohybové zkoušky 30 hm. % plniva Martinal ON 904 po uvaření

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	6990	4,3	134	1273,75	2,8	20,1
2	5630	4	153	1326,26	2,8	20,3
3	7170	4,3	133	1366	2,8	20,4
4	8580	3,7	150	1224,54	2,8	20,2
5	8430	4,1	141	1315,93	2,8	20,1
6	8400	4,2	146	1327,39	2,8	20,2
7	6150	4,3	131	1267,59	2,8	20,2
8	7260	3,6	141	1087,54	2,8	20,2
9	7820	3,2	133	903,13	2,8	20,4
10	6230	3	113	708,73	2,8	20,2
\bar{X}	7270	3,9	137	1180,09	2,8	20,23
s	1040	0,5	11,6	216,52	0	0,1059
v	14,35	11,95	8,45	18,35	0	0,52

7.3.4 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 4 po uvaření

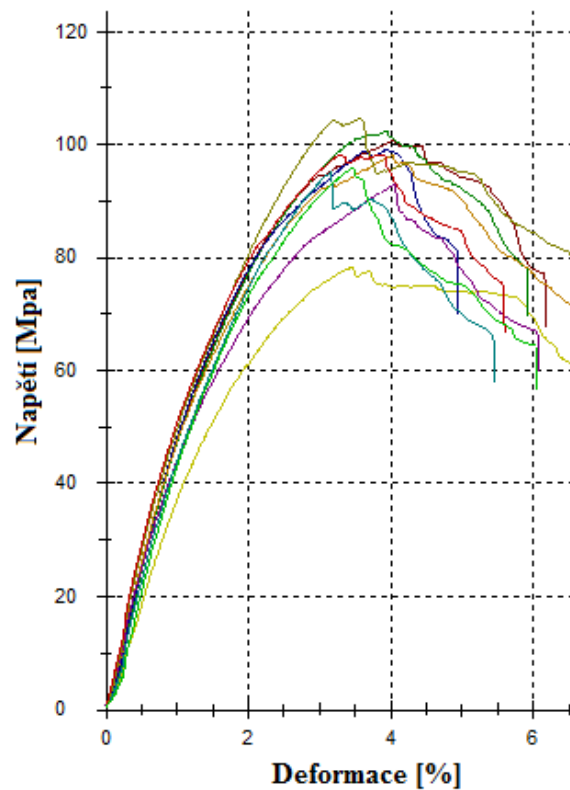


Obr. 36. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 4 po uvaření

Tab. 20. Výsledky ohybové zkoušky 20 hm. % plniva Exoltit OP 1240 po uvaření

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	4450	3,4	158	995,44	2,8	20,3
2	4520	4,3	159	1418,57	2,8	20,3
3	6400	4,2	168	1403,19	2,8	20,3
4	6400	4	156	1315,2	2,8	20,3
5	6980	3,6	145	1074,56	2,8	20,3
6	6140	3,8	164	1316,67	2,8	20,3
7	8080	3,6	162	1187,28	2,8	20,3
8	5770	4,5	160	1517,15	2,8	20,4
9	5840	4,3	158	1411,4	2,8	20,4
10	7190	3,6	169	1162,1	2,8	20,4
\bar{X}	6180	3,9	160	1280,16	2,8	20,33
s	1130	0,4	6,68	168,7	0	0,0483
v	18,26	9,42	4,18	13,18	0	0,24

7.3.5 Stanovení ohybové zkoušky u vzorku č. 5 po uvaření



Obr. 37. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 5 po uvaření

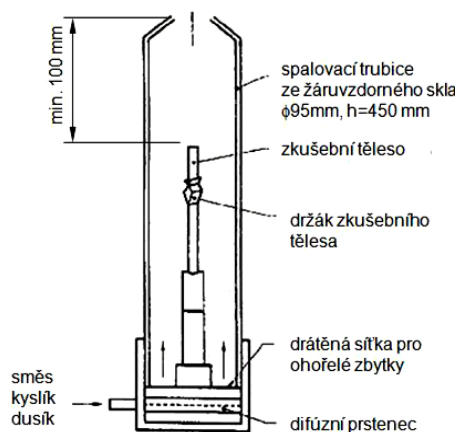
Tab. 21. Výsledky ohybové zkoušky 30 hm. % plniva Exolit OP 1240 po uvaření

Vzorek č.	E [MPa]	ϵ [%]	σ_m [MPa]	W [N.mm]	a [mm]	b [mm]
1	2600	3,5	78,3	558,4	2,8	20,8
2	3520	4	101	889,71	2,8	20,8
3	3460	3,9	102	866,25	2,8	20,8
4	3820	3,9	99,1	862,15	2,8	20,9
5	4330	4	98,2	885,33	2,8	21,2
6	4340	4,1	93,1	849,32	2,8	21,6
7	3440	3,2	95,1	632	2,8	22,3
8	5210	3,6	105	839,87	2,8	22,3
9	5220	3,9	98,3	896,76	2,8	21,4
10	2480	3,5	95,9	674,99	2,8	21,1
\bar{X}	3840	3,8	96,6	795,48	2,8	21,32
s	947	0,3	7,29	124,27	0	0,5827
v	24,65	8,39	7,55	15,62	0	2,73

7.4 Stanovení hořlavosti

7.4.1 Pomocí metody kyslíkového čísla (ČSN ISO 4589-2)

Zkouška probíhá při teplotě okolí. Kyslíkové číslo je minimální koncentrace kyslíku ve směsi s dusíkem, která je ještě schopná udržet hoření malých zkušebních těles ve vertikální poloze za předepsaných podmínek zkoušky. Metoda slouží k hodnocení materiálů ve tvaru vertikálně umístěných tyčinek nebo tenkých desek o tloušťce do 10,5 mm. Čím vyšší je hodnota kyslíkového čísla, tím je větší odolnost materiálu vůči vznícení a hoření.



Obr. 38. Zkouška metodou kyslíkového čísla

Tato metoda je vhodná pro tuhé, laminované nebo lehčené materiály o hustotě větší než 100 kg.m^{-3} . Dle normy ČSN 4589-2 byla vyrobena zkušební tělíska o rozměrech 150x10x3 mm, v počtu 12ks pro každou koncentraci plniva.



Obr. 39. Připravené vzorky pro zkoušku kyslíkového čísla

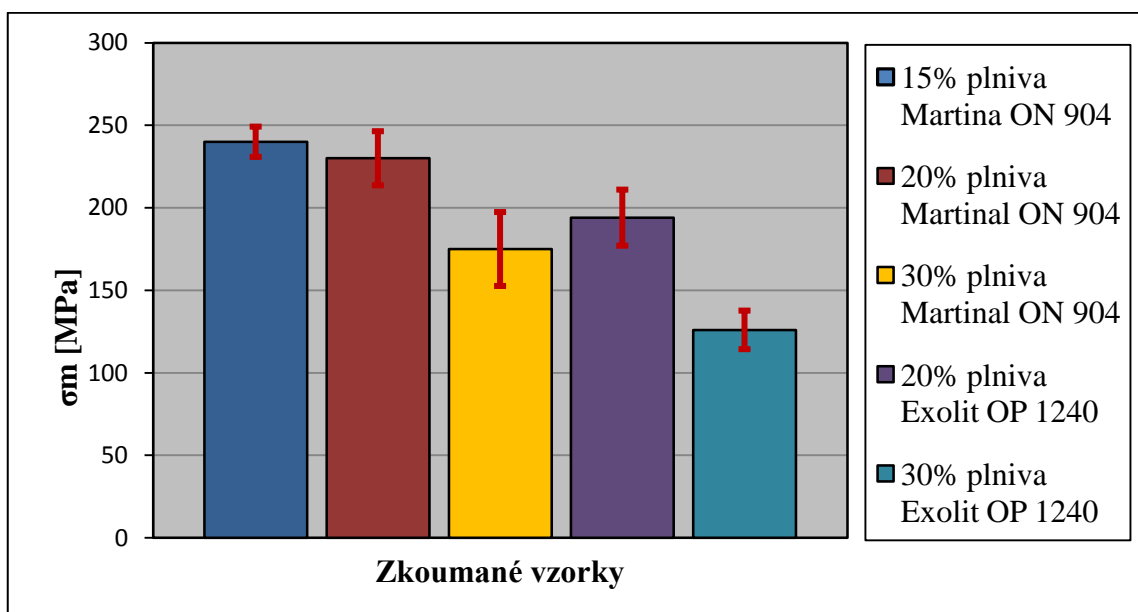
Tab. 22. Výsledky hodnot kyslíkového čísla

Vzo- rek č.	Prysky- řice	Výztuž	Plnivo	Iniciátor	Teplota	Hodnota
1	Dion® 850- M850	4xSaertex 988g/m ² bidiagonal	15% Martina- lu ON 904	Butanox M-50 2%	23°C	25,5
2	Synpo FR 4/12	4xSaertex 988g/m ² bidiagonal	20% Martina- lu ON 904	Butanox M-50 2%	23°C	36,5
3	Synpo FR 4/12	4xSaertex 988g/m ² bidiagonal	30% Martina- lu ON 904	Butanox M-50 2%	23°C	35,5
4	Synpo FR 4/12	4xSaertex 988g/m ² bidiagonal	20% Exolit OP 1240	Butanox M-50 2%	23°C	36
5	Synpo FR 4/12	4xSaertex 988g/m ² bidiagonal	30% Exolit OP 1240	Butanox M-50 1%	23°C	37,5

ZÁVĚR

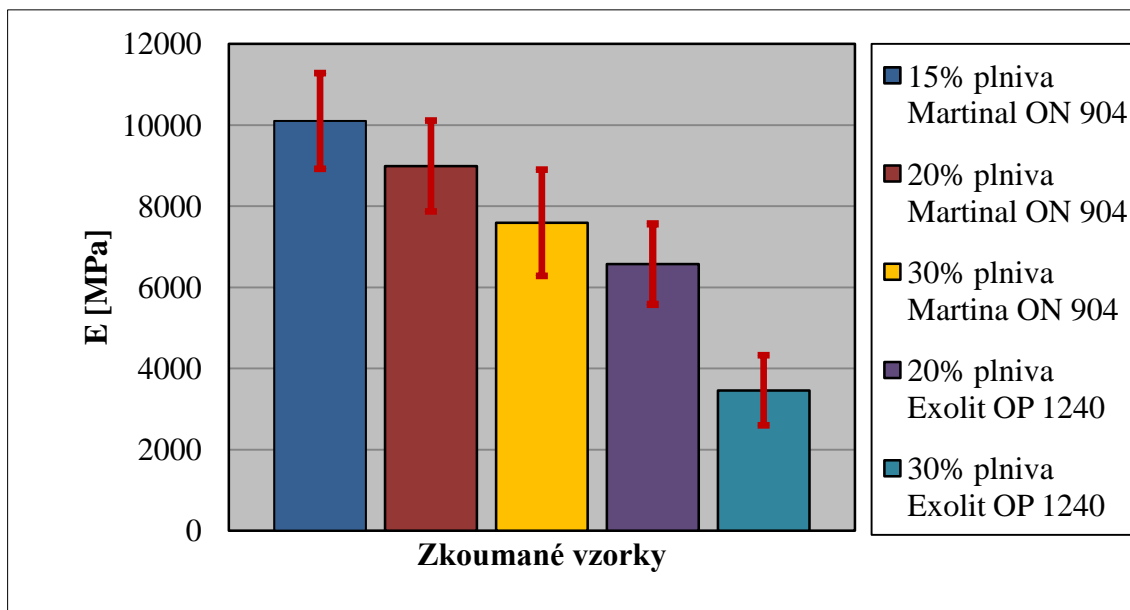
Cílem bakalářské práce bylo zkoumání vlivu různých poměrů plniva. Poměr plniva je 15%, 20%, 30% Martinal ON 904 a 20%, 30% Exolit OP 1240. Výztuž byla ve všech případech použita bidiagonální se skelných vláken.

V praktické části jsme vyhodnocovali vliv plnění pryskyřice Synpo FR 4/12 retardéru hoření ATH v 15, 20, 30 hm% Martinal ON 904 a 20%, 30% Exolit OP 1240 na hodnotu napětí v ohybu a modul pružnosti E před a po uvaření. Při stanovení ohybových vlastností plněných kompozitních materiálů jsme vyhodnotili průměrné hodnoty pro napětí v ohybu σ_m a modul pružnosti v ohybu E. Z naměřených výsledků můžeme pozorovat, že při 15 hm. % Martinal ON 904 plnění je nejvyšší průměrná hodnota v ohybu před uvařením $\sigma_m=240$ MPa. Nejnižší průměrná hodnota v ohybu před uvařením byla naměřena u vzorku s 30 hm.% Exolit OP 1240 $\sigma_m=126$ MPa.



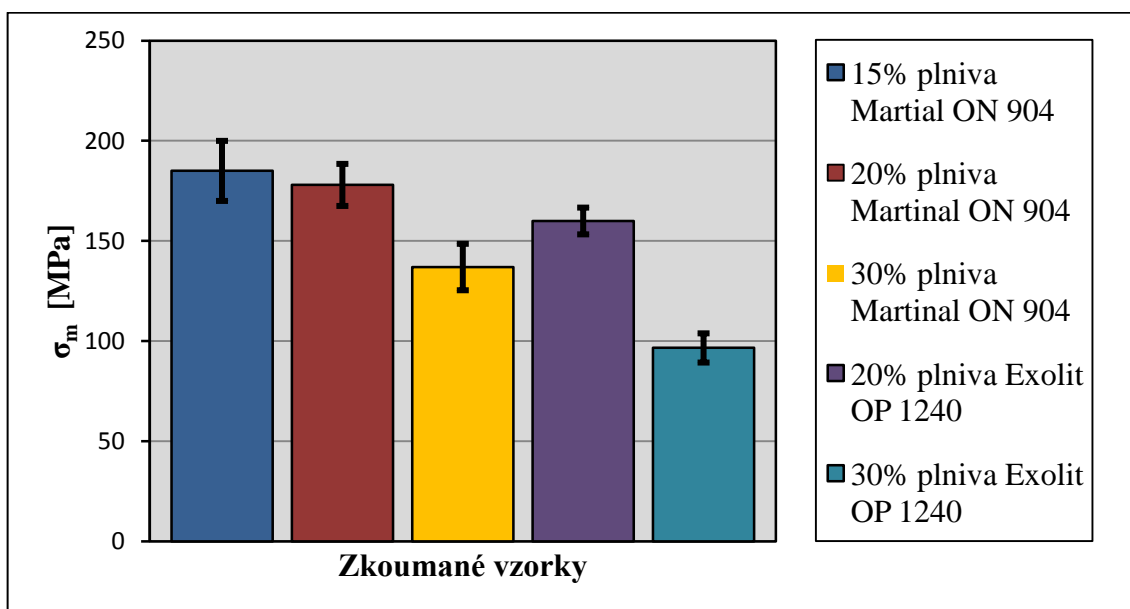
Obr. 40. Porovnání průměrných hodnot maximálního napětí v ohybu σ_m všech vybraných vzorků ohybové zkoušky před uvařením

Modul pružnosti v ohybu E dosáhl nejvyšší průměrnou hodnotu při 15 hm. % plnění Martinal ON 904 $E=10100$ MPa, nejnižší průměrná hodnota modulu pružnosti v ohybu byla naměřena 30 hm. % plnění Exolit OP 1240 $E=3460$ MPa



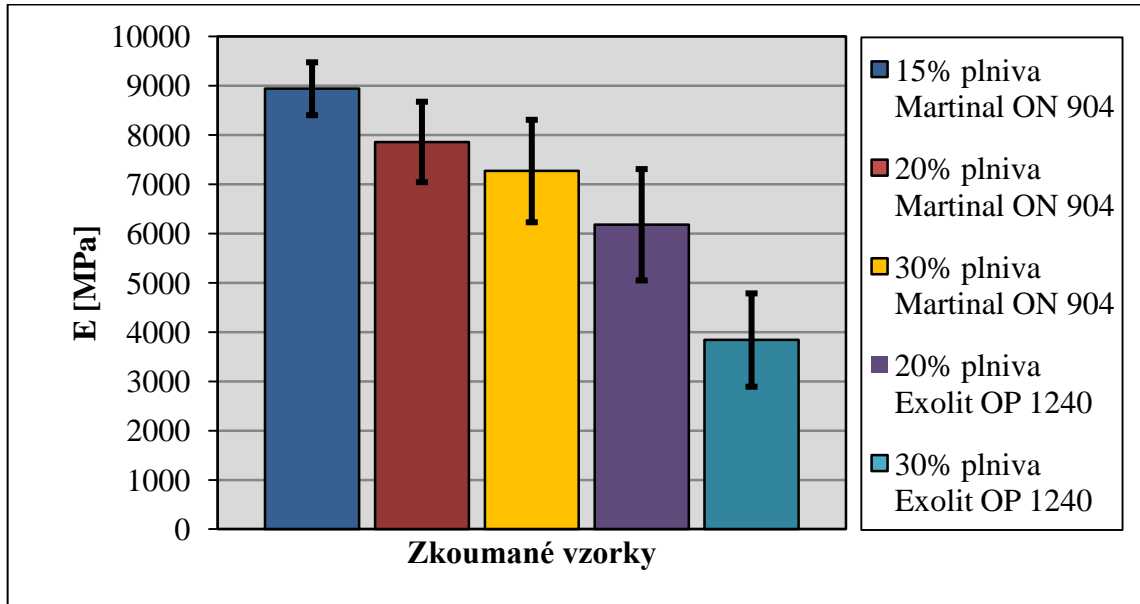
Obr. 41. Porovnání průměrných hodnot modulu pružnosti E všech vybraných vzorků ohybové zkoušky před uvařením

Nejvyšší průměrné hodnoty napětí v ohybu po uvaření dosáhl vzorek s 15 hm % plnění Martinal ON 904 $\sigma_m = 185$ MPa. Nejnižší průměrné hodnoty napětí v ohybu dosáhl vzorek s 30 hm % plnění Exolit OP 1240 $\sigma_m = 96,6$ MPa.



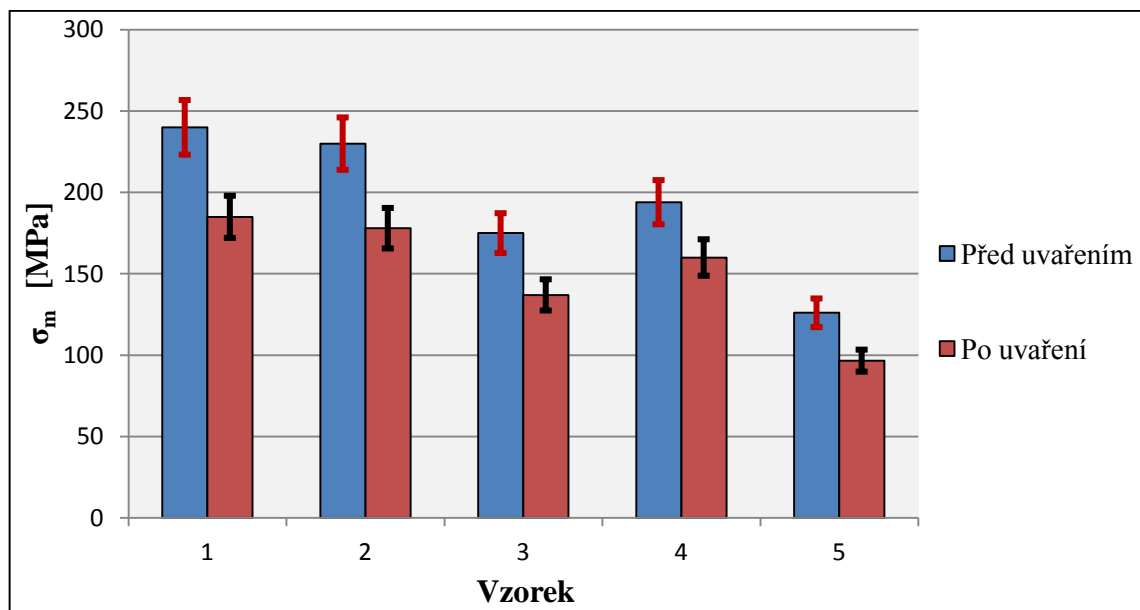
Obr. 42. Porovnání průměrných hodnot maximálního dosaženého napětí v ohybu σ_m všech vzorků po uvaření

Modul pružnosti v ohybu E dosáhl nejvyšší průměrnou hodnotu při 15 hm. % plnění Martinal ON 904 $E=8940$ MPa, nejnižší průměrná hodnota modulu pružnosti v ohybu byla naměřena 30 hm. % plnění Exolit OP 1240 $E=3840$ MPa



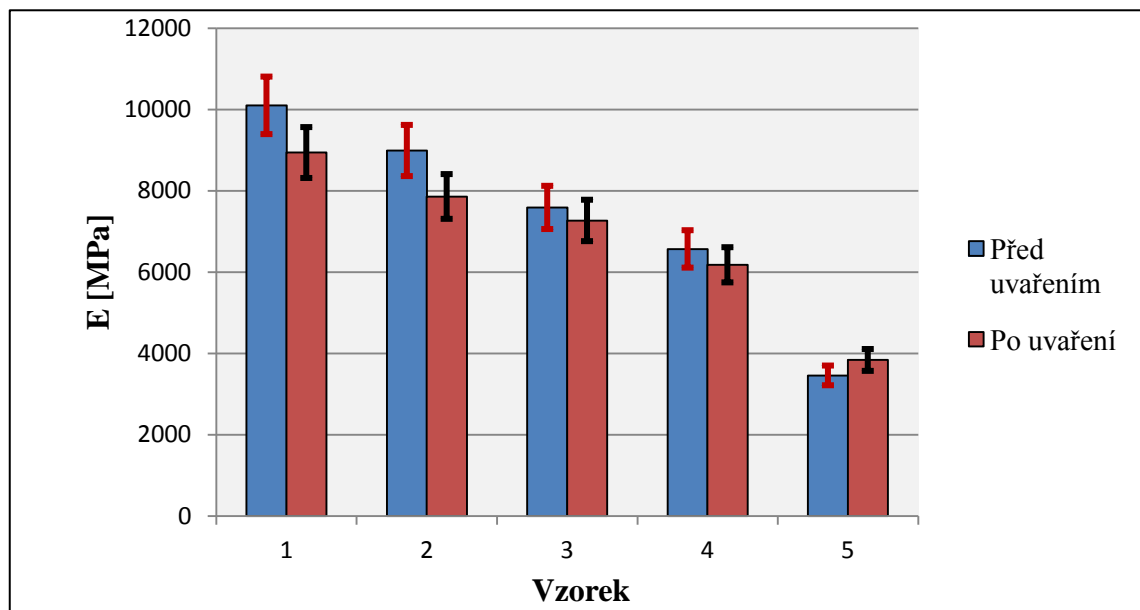
Obr. 43. Porovnání průměrných hodnot modulu pružnosti E všech vybraných vzorků ohybové zkoušky po uvaření

Průměrné hodnoty maximálního napětí v ohybu σ_m u jednotlivých vzorků před a po uvaření.



Obr. 44. Hodnoty průměrného maximálního napětí v ohybu σ_m před a po uvaření

Průměrné hodnoty maximálního modulu pružnosti E u jednotlivých vzorků před a po uvaření.



Obr. 45. Hodnoty maximálního průměrného modulu pružnosti E před a po uvaření

Stanovení hořlavosti metodou kyslíkového čísla, bylo naměřeno ve spolupráci s výzkumným ústavem Synpo a.s. podle normy ČSN ISO 4589. (tab. 15). Největší naměřenou hodnotu měl vzorek s 30 % plniva Exolit **37,5**. Čím vyšší je hodnota kyslíkového čísla, tím je větší odolnost materiálu vůči vznícení a hoření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JANČÁŘ J. *Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů*. Vyd. 1. Brno. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2003, 193 s. ISBN 8021424435.
- [2] BAREŠ. Richard. *Kompozitní materiály*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1988, 325 s.
- [3] ING. ZDENĚK KORÍNEK. CSc. kompozity [online]. [cit. 2014_01_30]. Dostupné z: <http://www.volny.cz/zkorinek/>
- [4] ING. ZDENĚK KORÍNEK. CSc. *Definice a historie kompozitů* [online]. [cit. 2014_01_30]. Dostupné z: <http://www.volny.cz/zkorinek/historie.pdf>
- [5] DAĐOUREK, Karel. *Kompozitní materiály- druhy a jejich užití*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci 2007, 114 s. ISBN 978-80-73272-279-1.
- [6] KRATOCHVÍL B. *Úvod do studia materiálů*. Vyd. 1. Praha VŠCHT, 2005. 191 s. ISBN 80-7080-568-4.
- [7] MÍŠEK B. *Kompozity*. Vyd. 1. Brno 2003, 81 s. ISBN 80-903386-0-7
- [8] LIPTÁKOVÁ T. *Polymérne technické materiály*, 2009
- [9] Xanthos, M. Polymers and Polymer Composites, in Functional Fillers for Plastics (ed M. Xanthos), 2005, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, FRG. doi: 10.1002/3527605096.ch1
- [10] ING. ZDENĚK KORÍNEK. CSc. Kompozity. *Matrice* [online]. [cit. 2014_01_30] Dostupné z: <http://www.volny.cz/zkorinek/matrice.pdf>
- [11] Gelcoat.in wikipedia [online]. [cit. 2014_02_21] dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/gelcoat>
- [12] Havel composites. *Pryskyřice a gelcoaty*. [cit. 2014_02_21] dostupné z: <http://www.havel-composites.com>
- [13] EHRENSTEIN, G. W. Polymerní kompozitní materiály. Vyd. 1. Praha Scientia, 2009. 351 s. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [14] TROITZSCH. J. *Plastics Flammability Handbook: Principles, Regulations and Approval*. 3rd edition. Hanser Gardener, 2004. 748 s. ISBN 1569903565
- [15] RUSNÁKOVÁ. Soňa. Kompozity_FORM_technology. Zlín 2011

- [16] What is resin infusion (or vacuum infusion)?. VACMOBILES.COM. [online]. [cit. 2014_02_10]. Dostupné z: http://www.vacmobiles.com/resin_infusion.html
- [17] RUSNÁKOVÁ, Soňa. Vakuové prosycování: VIP_vacuum infusion process. Zlín, 2011.
- [18] Vacuum Consumable. *Pomocné materiály* [online]. [cit. 2014_02_17]. Dostupné z: http://www.gurit.com/files/documents/vac_consv2pdf.pdf
- [19] Airtech.lu [online]. c2011[cit. 2014_02_20]. Catalogue Airtech. Dostupné z: [www: http://catalogue.airtech.lu/index.php?lang=EN](http://catalogue.airtech.lu/index.php?lang=EN)
- [20] Vacuum pump [online]. [cit. 2014_02_20]. Dostupné z: www.ihvac.in/mastercool/-90063-3-cfm-vacuum-pump-2/
- [21] EFRA_ The European Flame Retardants Association, Flame Retardants Frequently Asked Questions, 2007, 37
- [22] AFFOLTER, S., SCHMID, M., Thermal analysis experiments with fire-retarded polymers, *firemní materyály Mettler Toledo Usercom*, 2/2005, 12-16
- [23] <http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/Bum/bum2008/bum-2008-konstrukční-plasty.pdf>
- [24] *Resin film film infusion of stitched stiffened composite panels* [online]. [cit. 2014_02_22]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

E	[MPa]	Modul pružnosti
a_0	[mm]	Tloušťka zkušební vzorku
b_0	[mm]	Šířka zkušební vzorku
σ_m	[MPa]	Maximální naměřené napětí
L_p	[mm]	Vzdálenost podpor
M_0	[N.mm]	Ohybový moment
F	[N]	Síla
W_0	[mm ³]	Modul průřezu v ohybu
ε	[%]	Poměrná deformace
\bar{X}	[-]	Aritmetický průměr
s	[-]	Směrodatná odchylka
v	[-]	Variační koeficient
T	[°C]	Teplota
PA66		Polyamid 66
PP		Polypropylen
VIP		Metoda vakuové infuze
UP		Polyesterová pryskyřice
Mg(OH) ₂		Hydroxid hořečnatý
ATH		Hydroxid hlinitý
EP		Epoxidová pryskyřice
ČSN		Česká státní norma
EN		Evropská norma

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Příklad použití kompozitních materiálů a, b, c [15]</i>	12
<i>Obr. 2. Rozdělení kompozitních materiálů [4]</i>	14
<i>Obr. 3. Kovové pěny [5]</i>	14
<i>Obr. 4. Tvar částic disperzních plniv [8]</i>	17
<i>Obr. 5. Lomová plocha kompozitu PP. [8]</i>	19
<i>Obr. 6. Nátěr gelcoatu na formu [17]</i>	20
<i>Obr. 7. Proces vakuové infuze [16]</i>	27
<i>Obr. 8. Vakuová infuze</i>	28
<i>Obr. 9. Vakuová folie [19]</i>	30
<i>Obr. 10. Odtrhová tkanina [19]</i>	31
<i>Obr. 11. Rozváděcí kanál [19]</i>	32
<i>Obr. 12. Těsnící páska [19]</i>	32
<i>Obr. 13. Druhy hadic [19]</i>	33
<i>Obr. 14. Konektor RIC [19]</i>	33
<i>Obr. 15. Vakuová vývěva [20]</i>	34
<i>Obr. 16. Rezervoár pryskyřice [19]</i>	34
<i>Obr. 17. Retardér hoření ATH</i>	40
<i>Obr. 18. Bidiagonální výztuž</i>	40
<i>Obr. 19. Položeny čtyři vrstvy výztuže</i>	41
<i>Obr. 20. Připevnění spirálové trubičky k formě</i>	41
<i>Obr. 21. Pomocné materiály pro vakuum</i>	42
<i>Obr. 22. Zavakuovaný výrobek</i>	42
<i>Obr. 23. Plnění formy pryskyřicí</i>	43
<i>Obr. 24. Nepropustná místa</i>	43
<i>Obr. 25. Hotový výrobek</i>	43
<i>Obr. 26. Zkušební stroj Zwick 1456</i>	44
<i>Obr. 27. Tříbodové zatěžování</i>	46
<i>Obr. 28. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 1</i>	47
<i>Obr. 29. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 2</i>	48
<i>Obr. 30. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 3</i>	49
<i>Obr. 31. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 4</i>	50
<i>Obr. 32. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 5</i>	51

<i>Obr. 33. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 1 po uvaření.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 34. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 2 po uvaření.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 35. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 3 po uvaření.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 36. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 4 po uvaření.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 37. Průběh ohybové zkoušky vzorku č. 5 po uvaření.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 38. Zkouška metodou kyslíkového čísla.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 39. Připravené vzorky pro zkoušku kyslíkového čísla</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 40. Porovnání průměrných hodnot maximálního napětí v ohybu σ_m všech vybraných vzorků ohybové zkoušky před uvařením</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 41. Porovnání průměrných hodnot modulu pružnosti E všech vybraných vzorků ohybové zkoušky před uvařením.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 42. Porovnání průměrných hodnot maximálního dosaženého napětí v ohybu σ_m všech vzorků po uvaření</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 43. Porovnání průměrných hodnot modulu pružnosti E všech vybraných vzorků ohybové zkoušky po uvaření</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 44. Hodnoty průměrného maximálního napětí v ohybu σ_m před a po uvaření</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 45. Hodnoty maximálního průměrného modulu pružnosti E před a po uvaření</i>	<i>62</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Fyzikální a chemické charakteristiky přírodních disperzních anorganických plniv používaných na přípravu polymerních kompozitu [8]</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 2. Funkce a příklady používaných funkčních plniv pro polymerní matrice [9]</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 3. Vlastnosti polyamidů s plnivem [8]</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 4. Gelcoat z nábytky firmy Havel Composites [12]</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 5. Epoxidové pryskyřice z produkce firmy Havel Composites [12]</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 6. Polyesterová pryskyřice z produkce firmy Havel Composites [12]</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 7. Fyzikální vlastnosti pryskyřice při teplotě 23°C [Příloha PI]</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 8. Mechanické vlastnosti ve vytvrzeném stavu [Příloha PI]</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 9. Dávkování iniciačního systému složeného z methylethylketon peroxidu a roztoku vanadu a jeho vliv na geltime a reaktivitu poloprovozní pryskyřice FR-4/12</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 10. Technické údaje [Příloha PII]</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 11. Vlastnosti retardéru ATH [Příloha PIII]</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 12. Výsledky ohybové zkoušky 15 hm. % plniva Martinal ON 904</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 13. Výsledky ohybové zkoušky 20 hm. % plniva Martinal ON 904</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 14. Výsledky ohybové zkoušky 30 hm. % plniva Martinal ON 904</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 15. Výsledky ohybové zkoušky 20 % plniva Exolit OP 1240</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 16. Výsledky ohybové zkoušky 30 % plniva Exolit OP 1240</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 17. Výsledky ohybové zkoušky 15 hm. % plniva Martinal ON 904 po uvaření</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 18. Výsledky ohybové zkoušky 20 hm. % plniva Martinal ON 904 po uvaření</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 19. Výsledky ohybové zkoušky 30 hm. % plniva Martinal ON 904 po uvaření</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 20. Výsledky ohybové zkoušky 20 hm. % plniva Exolit OP 1240 po uvaření</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 21. Výsledky ohybové zkoušky 30 hm. % plniva Exolit OP 1240 po uvaření</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 22. Výsledky hodnot kyslíkového čísla</i>	<i>58</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Technický list pryskyřice Dion FR ® 850-M850

Příloha PII: Technický list plniva Exolit OP 1240

Příloha PIII: Technický list plniva Martinal ON-904

Příloha PIV: Technický list bidiagonální tkaniny Saertex

Příloha PV: Technický list tužidla Butanox M-50

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÝ LIST PRYSKYŘICE DION® FR 850-M850

form
KUZENA DOKUMENTACE
Obchodní manager
Str. č. 304
10.9.09 Jw



Technický list

DION® FR 850-M850

Nehořlavá polyesterová pryskyřice
pro ruční laminaci a stříkání

POPIS

DION® FR 850-M850 je isoftálová nenasycená polyesterová pryskyřice.

DION® FR 850-M850 je pryskyřice obsahující hydroxid hlinitý pro potlačení hořlavosti.

DION® FR 850-M850 neobsahuje žádné halogeny.

DION® FR 850-M850 obsahuje urychlovač a thixotropní přísady.

DION® FR 850-M850 je zvláště vhodný pro výrobky, kde je požadována min. kouřivost spolu s ostatními parametry hořlavosti.

DION® FR 850-M850 obsahuje spec. přísady potlačující odpar styrenu do pracovního prostředí. Pryskyřice obsahuje parafin, který zaručuje nelepivost povrchu laminátu po vytvrzení.

Prodloužená doba skladování nebo nevhodné podmínky skladování mohou způsobit sedimentaci plniva, proto je nutné před aplikací dokonale rozmíchat.

APLIKACE

DION® FR 850-M850 je vhodná pro ruční laminaci, laminaci stříkáním a další strojní aplikace.

CHARAKTERISTIKA

- Retardace hoření pomocí hydroxidu hlinitého
- Neobsahuje halogenové prvky
- Všestrannost
- Výroba a kontrola kvality dle ISO 9001

VÝHODY

- Snižuje vznik dýmu při hoření
- Možno použít i na místech citlivých na korozi
- Vhodná pro ruční kladení a stříkání
- Stabílní kvalita všech šarží

The information herein is general information designed to assist customers in determining whether our products are suitable for their applications. Our products are intended for sale to industrial and commercial customers. We require customers to inspect and test our products before use and to satisfy themselves as to contents and suitability for their specific applications. We warrant that our products will meet our written specifications. **Nothing herein shall constitute any other warranty express or implied, including any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose,** nor is any protection from any law or patent to be inferred. All patent rights are reserved. The exclusive remedy for all proven claims is limited to replacement of our materials and in no event shall we be liable for special, incidental or consequential damages.

919-990-7500 • 800-448-3482 • P.O. Box 13582, Research Triangle Park, NC 27709 USA • 2400 Ellis Road, Durham, NC 27703 USA • www.reichhold.com

Reichhold CZ s.r.o., Velešlavina 3, 400 11 Ústí nad Labem, Czech Republic, Tel. +420-47-270 7777, Fax +420-47-270 7710.

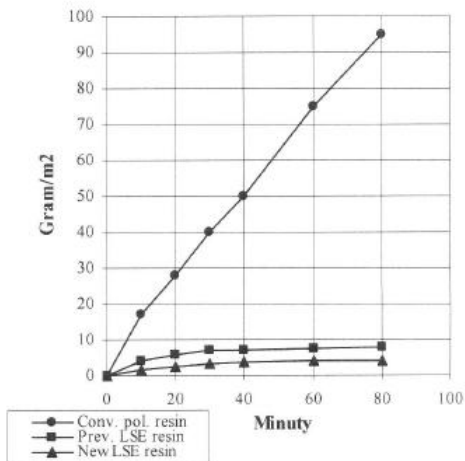
DION® FR 850-M850
10. leden 2005
Str. 1/4

Pokud laminace probíhá v několika stupních s různým vytvrzením několika vrstev, musí být každá operace ukončena normálním poměrem pryskyřice/skleněná výztuž. Pokud jsou na vytvrzeném laminát místa s přebytkem pryskyřice, musí být před další laminací obrousena. Pokud na povrchu laminátu je zachován normální poměr pryskyřice/sklo musí další laminace pokračovat max. po 48 hodinách, choeme-li se vyhnout obrousení povrchu. (dle Det norske Veritas)
 Další prodleva mezi laminováním, nebo nevhodné podmínky mohou způsobit dílčí separaci vrstev.

ZLEPŠENÍ PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ

Diagram byl získán laboratorním měřením a proto neodpovídá zcela situaci ve výrobě. Jak ale ukázala praxe, lze dosáhnout značného zlepšení pracovního prostředí záměnou běžné pryskyřice za pryskyřici POLILYTE LSE (se sníženou emisí styrenu)

EMISE STYRENU



The information herein is general information designed to assist customers in determining whether our products are suitable for their applications. Our products are intended for sale to industrial and commercial customers. We require customers to inspect and test our products before use and to satisfy themselves as to contents and suitability for their specific applications. We warrant that our products will meet our written specifications. **Nothing herein shall constitute any other warranty express or implied, including any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose,** nor is any protection from any law or patent to be inferred. All patent rights are reserved. The exclusive remedy for all proven claims is limited to replacement of our materials and in no event shall we be liable for special, incidental or consequential damages.

VLASTNOSTI
FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PŘI 23°C

Vlastnost	Jednotka	Hodnota	Metoda
Viskosita			
- Brookfield LVF 2/12	mPa s(cP)	1400 – 1800	ASTM D 2196-86
- Kužel & deska	mPa s(cP)	350 – 400	ISO 2884-1999
Obsah netěkavých látek	% hm.	69 ± 2	B070
Obsah organických rozpouštědel	kg/kg pryskyfice	31 ± 2	
Obsah celkového org. uhlíku	kg/kg pryskyfice	0,37	
Obsah netěkavých látek v obj. %	% obj.	40	
Bod vzplanutí	°C	34	ASTM D 3278-95
Geltime: 1% NORPOL PEROXIDE 1 (MEKP)	minuty	40 – 50	G020
Reaktivita při 25°C: 1% NORPOL PEROXIDE 1			DIN 16945
-25 - 35°C	minuty		
-25 – max. teplota	minuty		
Max. teplota	°C		
Skladovatelnost od data výroby	měsíců	6	-

MECHANICKÉ VLASTNOSTI VE VYTVRZENÉM STAVU

Plně dotvrzeno

Vlastnosti	Jednotka	Hodnota	Hodnota (rohož)	Hodnota (rohož)	Metoda
Obsah skla	%	-	25 – 30	30 – 35	
Pevnost v tahu	MPa	55	100	120	ISO 527-1/2-1993
E-modul v tahu	MPa	6500	9200	11500	ISO 527-1/2-1993
Protážení při přetržení	%	1,2	2,4	2,3	ISO 527-1/2-1993
Pevnost v ohybu	MPa	90	160	200	ISO 178-2001
E-modul v ohybu	MPa	6200	9000	9700	ISO 178-2001
Rázová houževnatost, P4J	mJ/mm ²	7,5	80	90	ISO 179-2001

The information herein is general information designed to assist customers in determining whether our products are suitable for their applications. Our products are intended for sale to industrial and commercial customers. We require customers to inspect and test our products before use and to satisfy themselves as to contents and suitability for their specific applications. We warrant that our products will meet our written specifications. Nothing herein shall constitute any other warranty express or implied, including any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose, nor is any protection from any law or patent to be inferred. All patent rights are reserved. The exclusive remedy for all proven claims is limited to replacement of our materials and in no event shall we be liable for special, incidental or consequential damages.

 919-990-7500 • 800-448-3482 • P.O. Box 13582, Research Triangle Park, NC 27709 USA • 2400 Ellis Road, Durham, NC 27703 USA • www.reichhold.com

Reichhold CZ s.r.o., Velešlavínova 3, 400 11 Ústí nad Labem, Czech Republic, Tel. +420-47-270 7777, Fax +420-47-270 7710.

DION® FR 850-M850

10. leden 2005

Str. 3/4

Tvarová stálost za tepla	°C	83	-	-	ISO 75-1/2-1993
Tvrdość dle Barcola	934-1	50	50 – 55	50 – 55	ASTM D 2583-87
Kyslíkový index (OI)	%	25	25	-	ASTM D 2863
Test AEB	mm	10	10	-	ASTM D 635-74
Test ATB	sec	80	60	-	ASTM D 635-74
Šíření plamene po povrchu		Class 2	Class 2	-	BS 476 part 7

SKLADOVÁNÍ

Aby se zajistila maximální stabilita a uchovaly optimální vlastnosti, mají být pryskyřice skladovány v uzavřených nádobách při teplotách pod 24°C a mimo dosah zdrojů tepla a přímého slunečního záření. Před aplikací musí být pryskyřice vyhřáta nejméně na 18°C, aby se zajistilo správné vytvrzení a manipulace. Skladovací prostory a nádoby musí být v souladu s místními požárními a stavebními předpisy. Obalové materiály, které se používají pro skladování polyesterových pryskyřic nesmí obsahovat měď a její slitiny. Skladovat odděleně od oxidujících materiálů, peroxidů a solí kovů. Sudy musí být skladovány mimo jakýchkoli zdrojů plamene nebo hoření. Skladované množství je nutno udržovat na rozumné míře.

BALENÍ

Nevratné 220 kg kovové sudy. Kontejnery IBC 1000 kg. Automobilové cisterny

BEZPEČNOST

PŘED PRVNÍM POUŽITÍM TOHOTO VÝROBKU JE NUTNÉ SE PEČLIVĚ SEZNÁMIT S BEZPEČNOSTNÍM LISTEM

Vše je uvedeno v Bezpečnostním listě, se kterým je nutno se před prvním použitím výrobku seznámit. Bezpečnostní list je nutno obdržet před první dodávkou zboží od dodavatele.

Výrobky POLYLITE, NORPOL, DION, HYDREX, jsou klasifikovány a označeny jako Xn – Zdraví škodlivý.

POZNÁMKA

Údaje o vlastnostech výrobku a jeho zpracování byly získány laboratorním měřením a aplikačními zkouškami. Tento prospekt však může jen právně nezávazně poradit, zpracování výrobku je nutno přizpůsobit konkrétním podmínkám

The information herein is general information designed to assist customers in determining whether our products are suitable for their applications. Our products are intended for sale to industrial and commercial customers. We require customers to inspect and test our products before use and to satisfy themselves as to contents and suitability for their specific applications. We warrant that our products will meet our written specifications. **Nothing herein shall constitute any other warranty express or implied, including any warranty of merchantability or fitness for a particular purpose,** nor is any protection from any law or patent to be inferred. All patent rights are reserved. The exclusive remedy for all proven claims is limited to replacement of our materials and in no event shall we be liable for special, incidental or consequential damages.

919-990-7500 • 800-448-3482 • P.O. Box 13582, Research Triangle Park, NC 27709 USA • 2400 Ellis Road, Durham, NC 27703 USA • www.reichhold.com

Reichhold CZ s.r.o., Veleslavínova 3, 400 11 Ústí nad Labem, Czech Republic, Tel. +420-47-270 7777, Fax +420-47-270 7710.

DION® FR 850-M850
10. leden 2005
Str. 4/4

PŘÍLOHA P II: TECHNICKÝ LIST PLNIVA EXOLIT OP 1240



Product Data Sheet - Flame Retardants

Business Unit Additives

Exolit OP 1240

Edition 2014-01-16

Flame Retardants PHP

Chem. Group: Flame Retardants PHP
Product-No.: 199832

Supply Form: white powder
Chemical Formula:

CAS-No.:

Product Description

Exolit OP 1240 is a white, fine-grained powder based on an organic phosphinate. The product is non-hygroscopic and it is insoluble in water and organic solvents.

Delivery Specification and Technical Data

Characteristics	Unit	Target Value	DS ¹⁾ TD ²⁾	Test Method
Phosphorus	%(w/w)	23.3 - 24.0	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	photometry after oxidizing dissolution; (11/17) or wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry; (11/23)
Water / Moisture	%(w/w)	max. 0.2	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Thermogravimetry; (11/03)
Density	g/cm ³	1.35	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	at 20° C
Bulk Density	kg/m ³	400 - 600	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	
Decomposition Temperature	°C	> 300	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	(TGA 2% weight loss)
Average Particle Size (D50)	µm	25 - 50	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	

¹⁾ Delivery specification: The product is monitored on a regular basis to ensure that it adheres to the specified values. Test methods: Clariant method numbers 11/xx in brackets.

²⁾ Technical data: The technical data are used solely to describe the product and are not subject to regular monitoring.

Applications

Applications

Exolit OP 1240 is a flame retardant for thermoplastics and thermosets. Due to its high phosphorus content the product is distinguished by a high efficiency.

Exolit OP 1240 was developed especially for the use in polyesters. It is suitable for both glass fibre reinforced and unreinforced grades. The flame retarded polyester compounds exhibit very good physical and electrical properties.

In PBT, a dosage of 20 % (by wt.) Exolit OP 1240 is usually sufficient to obtain the UL 94 V-0 classification for electrical components (at 1.6 as well as 0.8 mm thicknesses). In PET, less than 15 % are required to pass UL 94 V-0. Synergistic effects are known with other flame retardants like melamine polyphosphate, melamine cyanurate or zinc borates.

Subject to the polymer grade, processing conditions and glass fibre reinforcement the dosage of the flame retardant may vary.

Processing

Before incorporating Exolit OP 1240, it is important to predry the polyester as usual. If possible, the resulting moisture content

should be below 0.05% (by wt.) for PBT and 0.005% for PET. Predrying of Exolit OP 1240 is not necessary. However, predrying (e. g. 4h at 120 °C) is recommended, if even very low moisture contents must be avoided.

Wear and corrosion protected screw elements are recommended when using Exolit OP 1240 in reinforced polyesters.

The mixing and processing methods customary in powder processing of polymers can be used with Exolit OP 1240. The VDI Guideline 2263 "Prevention of dust fires and dust explosions" or the relevant national regulations must be observed. The optimum conditions for incorporating should be determined in each individual case. Care must be taken to ensure homogeneous dispersion of all components. The temperature of the polymer melt should not exceed 320 °C.

Safety and Handling

Further safety data and handling information are available from our current Material Safety Data Sheet. For disposal in accordance with the regulations the product should be treated as special waste and taken to a suitable incineration plant.

Minimum shelf life is 12 months from the date of shipping when stored according to the said conditions.

Dispatch and Storage

GGVE/RID

GGVS/ADR

ADNR

IMDG-Code

UN Number

IATA-DGR

For regulatory details such as the classification and labelling as dangerous substances or goods please refer to our corresponding material safety data sheet. The product should be stored in a dry place at room temperature.

Packaging

Exolit OP 1240 is delivered in 20 kg paper bags with PE inliner or 500 kg big bags.

For all specifications, deliveries and services the following applies:

[Contact Flame Retardants](#)

Clariant Web Site:

<http://www.clariant.com>

[Contact Us](#)

Clariant Additives Web Site:

<http://additives.clariant.com>

PŘÍLOHA P III: TECHNICKÝ LIST EXOLIT OP 1240

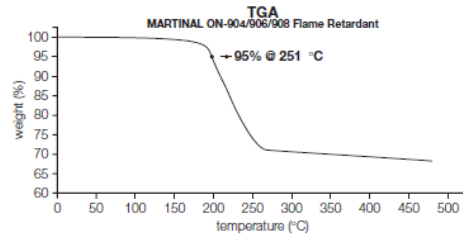


MARTINAL® ON-904, ON-906 & ON-908 Flame Retardant

Description MARTINAL ON flame retardant grades are aluminum hydroxides with low-viscosity behavior. They are used as fillers in synthetic resins.

Typical Properties

	ON-904	ON-906	ON-908
Al(OH) ₃ , %, approx.	99.6	99.6	99.6
Moisture (105 °C), %	≤ 0.35	≤ 0.30	≤ 0.30
Loss on Ignition (1200 °C), %, approx.	34.5	34.5	34.5
Na ₂ O (soluble), %	≤ 0.10	≤ 0.10	≤ 0.10
Sieve residue, > 45 μm (wet), %	≤ 0.1	≤ 2.0	≤ 20.0
Median particle size, μm, approx.	4	6	8
Top cut, μm	≤ 45	≤ 60	≤ 100
Bulk density, untamped, kg/m ³ , approx.	530	550	600
Bulk density, tamped, kg/m ³ , approx.	870	930	980
Electrical conductivity (10% in H ₂ O), μS/cm	≤ 140	≤ 130	≤ 120
Specific surface area (BET), m ² /g, approx.	2.8	2.6	2.5
Oil absorption, ml/100g, approx.	21	18	17
Whiteness (Eirepho 457 nm), %, approx.	95	94	93
Density, g/cm ³	2.4	2.4	2.4



Shipping Information**Container Information**

50 lb bag, 25 kg bag (55.1 lb), 1000 kg supersack

Shipping Classification

DOT Classification, Not Regulated for Transportation

Safety and Handling Information

For specific safety, toxicity and handling information, please refer to the material safety data sheet on this product.

Chemical Registration Numbers

CAS:

21645-51-2

TSCA:

This material complies with the Toxic Substances Control Act (15 USC 2601-2629)

The information presented herein is believed to be accurate and reliable, but is presented without guarantee or responsibility on the part of Albemarle Corporation. It is the responsibility of the user to comply with all applicable laws and regulations and to provide for a safe workplace. The user should consider any health or safety hazards or information contained herein only as a guide, and should take those precautions which are necessary or prudent to instruct employees and to develop work practice procedures in order to promote a safe work environment. Further, nothing contained herein shall be taken as an inducement or recommendation to manufacture or use any of the herein materials or processes in violation of existing or future patents.



AMERICAS 451 Florida Street • Baton Rouge, Louisiana 70801-1765 • Tel: 225-388-7402 or 800-535-3030 • Fax: 225-388-7848 **EUROPE** Parc Scientifique Einstein • Rue du Bosquet 9 • B-1348 Louvain-la-Neuve Sud, Belgium • Tel: 32-10-48-1711 • Fax: 32-10-48-1717 **ASIA PACIFIC** 111 Somerset Road # 13-03 • Singapore 238164 • Tel: 65-6732-6286 • Fax: 65-6737-4155
ASIA PACIFIC 16th Floor, Fukoku Seimei Building • 2-2-2, Uchisaiwai-cho • Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan • Tel: 81-3-5251-0796 • Fax: 81-3-3500-5623 **ASIA PACIFIC** China World Tower, Room 1317 • No. 1 Jian Guo Men Wai Avenue • Beijing 100004 China • Tel: 86-10-6505-4153 or 86-10-6505-4154 • Fax: 86-10-6505-4150

AC-0241

(9/03)

© 2003 Albemarle Corporation

ALBEMARLE and MARTINAL are trademarks of Albemarle Corporation

www.albemarle.com

PŘÍLOHA P IV: TECHNICKÝ LIST BI-DIAGONÁLNÍ TKANINY SEARTEX



SAERTEX[®] GmbH & Co. KG
Brochterbecker Damm 52
D-48369 Saerbeck
phone: ++49/2574/902-0
fax: ++49/2574/902-209
e-mail: info@saertex.com

DATASHEET

STYLE NO.
S32EX010-00980-01270-283000

DESCRIPTION OF STYLE **BIDIAGONAL-GLASS-FABRIC**

CONSTRUCTION	AREAL-WEIGHT [g/m ²]	TOLERANCE [+/--%]	MATERIAL	LINEAR DENSITY tex
-45°	476	5	E-Glass	900
90°	29	5	E-Glass	300
+45°	476	5	E-Glass	900
STITCHING:	6	5	PES 76 dtex	

BINDER: Warp

GAUGES: 5

WIDTH: 1270 mm or in tapes

TOTAL AREAL WEIGHT: 988 g/m² TOTAL TOLERANCE: 5,0 %

Threads of stabilization in 0° (E-Glass 34tex)

PŘÍLOHA P V: TECHNICKÝ LIST TUŽIDLA BUTANOX M-50

Product Data Sheet

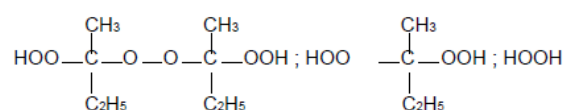


AkzoNobel
Tomorrow's Answers Today

Butanox_v M-50

Product description

Methyl ethyl ketone peroxide, solution in dimethyl phthalate



CAS No. : 1338-23-4
EINECS/ELINCS No. : 215-661-2
TSCA status : listed on inventory

Specifications

Appearance : Clear and colorless liquid
Total active oxygen : 8.8-9.0%

Characteristics

Density, 20°C : 1.180 g/cm³
Viscosity, 20°C : 24 mPa.s

Storage

Due to the relatively unstable nature of organic peroxides a loss of quality can be detected over a period of time. To minimize the loss of quality, AkzoNobel recommends a maximum storage temperature (T_s max.) for each organic peroxide product.

For *Butanox* M-50 T_s max. = 25°C

When stored under the recommended storage conditions, *Butanox* M-50 will remain within the AkzoNobel specifications for a period of at least 6 months after delivery.

Thermal stability

Organic peroxides are thermally unstable substances, which may undergo self-accelerating decomposition. The lowest temperature at which self-accelerating decomposition of a substance in the original packaging may occur is the Self-Accelerating Decomposition Temperature (SADT). The SADT is determined on the basis of the Heat Accumulation Storage Test.

For *Butanox* M-50 SADT : 60°C

The Heat Accumulation Storage Test is a recognized test method for the determination of the SADT of organic peroxides (see Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria - United Nations, New York and Geneva).

Major decomposition products

Carbon dioxide, Water, Acetic acid, Formic acid, Propanoic acid, Methyl ethyl ketone

Packaging and transport

The standard packaging is a 30 l HDPE can (Nourytainer-) for 30 kg peroxide solution.

In Asia Pacific the standard packaging is a 30 l HDPE can for 20 kg peroxide solution.

Both packaging and transport meet the international regulations. For the availability of other packed quantities contact your AkzoNobel representative.

Butanox M-50 is classified as Organic peroxide type D; liquid; Division 5.2; UN 3105.

Safety and handling

Keep containers tightly closed. Store and handle *Butanox M-50* in a dry well-ventilated place away from sources of heat or ignition and direct sunlight. Never weigh out in the storage room.

Avoid contact with reducing agents (e.g. amines), acids, alkalis and heavy metal compounds (e.g. accelerators, driers and metal soaps).

Please refer to the Material Safety Data Sheet (MSDS) for further information on the safe storage, use and handling of *Butanox M-50*. This information should be thoroughly reviewed prior to acceptance of this product.

The MSDS is available at www.akzonobel.com/polymer.

Applications

Butanox M-50 is a general purpose methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) for the curing of unsaturated polyester resins in the presence of a cobalt accelerator at room and elevated temperatures.

The curing system *Butanox M-50*/cobalt accelerator is particularly suitable for the curing of gelcoat resins, laminating resins, lacquers and castings; moreover the manufacture of light resistant parts may be possible contrary to the curing system benzoyl peroxide/amine accelerator.

Practical experience throughout many years has proven that by the guaranteed low water content and the absence of polar compounds in *Butanox M-50*, this peroxide is very suitable in GRP products for e.g. marine applications.

For room temperature application it is necessary to use *Butanox M-50* together with a cobalt accelerator (e.g. Accelerator NL-49P).

Dosing

Depending on working conditions, the following peroxide and accelerator dosage levels are recommended:

<i>Butanox M-50</i>	1 - 4 phr
Accelerator NL-49P	0.5 - 3 phr

phr = parts per hundred resin

Cure Characteristics

In a high reactive standard orthophthalic resin in combination with Accelerator NL-49P (= 1% cobalt) the following application characteristics were determined:

Gel times at 20°C

2 phr <i>Butanox</i> M-50 + 0.5 phr Accelerator NL-49P	12 minutes
2 phr <i>Butanox</i> M-50 + 1.0 phr Accelerator NL-49P	7 minutes

Cure of 1 mm pure resin layer at 20°C

The speed of cure is expressed as the time to reach a Persoz hardness of respectively 30, 60 and 120 s.

	Persoz:	30	60	120 s
2 phr <i>Butanox</i> M-50 + 0.5 phr Accelerator NL-49P		2.4	4.1	13 h
2 phr <i>Butanox</i> M-50 + 1.0 phr Accelerator NL-49P		1.7	3.0	9.5 h

Cure of 4 mm laminates at 20°C

4 mm laminates have been made with a 450 g/m glass² chopped strand mat. The glass content in the laminates is 30% (w/w).

The following parameters were determined:

- Time-temperature curve.
- Speed of cure expressed as the time to achieve a Barcol hardness (934-1) of 0-5 and 25-30 respectively.
- Residual styrene content after 24 h at 20°C and a subsequent postcure of 8 h at 80°C.

	Gel time (min.)	Time to peak (min.)	Peak exotherm (°C)
2 phr <i>Butanox</i> M-50 + 0.5 phr Accelerator NL-49P	13	36	44
2 phr <i>Butanox</i> M-50 + 1.0 phr Accelerator NL-49P	8	26	64

	Barcol		Res. styrene	
	0-5	25-30	24 h + 8 h	20°C 80°C
	(h)	(h)	(%)	(%)
2 phr <i>Butanox</i> M-50 + 0.5 phr Accelerator NL-49P	3	15	6	0.3
2 phr <i>Butanox</i> M-50 + 1.0 phr Accelerator NL-49P		1	5	0.1

Pot life at 20°C

Pot lives were determined of a mixture of *Butanox* M-50 and a non-preaccelerated UP resin at 20°C.

2 phr <i>Butanox</i> M-50	12 h
4 phr <i>Butanox</i> M-50	7h

Solubility

Butanox M-50 is miscible with phthalates and slightly miscible with water.

Colors

Butanox M-50 is available in the colors blue, yellow-A, red-YM and red-YM 1/6.

Butanox and *Nouryliner* are registered trademarks of Akzo Nobel Chemicals B.V. or affiliates in one or more territories.

All information concerning this product and/or suggestions for handling and use contained herein are offered in good faith and are believed to be reliable. AkzoNobel Functional Chemicals, however, makes no warranty as to accuracy and/or sufficiency of such information and/or suggestions, as to the product's merchantability or fitness for any particular purpose, or that any suggested use will not infringe any patent. Nothing contained herein shall be construed as granting or extending any license under any patent. Buyer must determine for himself, by preliminary tests or otherwise, the suitability of this product for his purposes. The information contained herein supersedes all previously issued bulletins on the subject matter covered. The user may forward, distribute, and/or photocopy this document only if unaltered and complete, including all of its headers and footers, and should refrain from any unauthorized use. You may not copy this document to a website.

AkzoNobel Functional Chemicals
Amersfoort, The Netherlands
T +31 33 467 6767
F +31 33 467 6151
E polymerchemicals.nl@akzonobel.com

AkzoNobel Functional Chemicals
Chicago, U.S.A.
T +1 312 544 7000
1 800 826 7029 (Toll free US only)
F +1 312 544 7188
E polymerchemicals.us@akzonobel.com

Akzo Nobel (Asia) Co., Ltd.
Shanghai, PR China
T +86 21 2216 3600
F +86 21 3360 7739
E polymerchemicals.ap@akzonobel.com

www.akzonobel.com/polymer

TS 65421.07/June 2012