

Gelcoat polyesterových kompozitů

Gelcoat of polyester composites

Martin Winkler

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Vložit oficiální zadání diplomové/bakalářské práce

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Simoně Mrkvičkové za odborné vedení, cenné rady a podnětné připomínky, které mi poskytovala při zadání a vypracování bakalářské práce. Dík patří i všem ,kteří mě podporují při studiu.

Souhlasím s tím, že výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 26. 05. 2005

.....

jméno diplomanta

RESUME

Kompozitní materiály vyrobené ze sklem vyztužené pryskyřičné matrice s gelcoatem jsou běžně používané materiály pro výrobu lodí, lodního náčiní, potrubí, bazénů, autobusových a nákladních karoserií a mnoha jiných výrobků. Gelcoat je první vrstva pryskyřice, která přichází do kontaktu s okolním prostředím, proto musí splňovat zvýšené nároky na její chemickou a mechanickou odolnost.

Teoretická část bakalářské práce je zaměřena na objasnění pojmu gelcoat a popis jeho výroby a aplikace. Dále jsou zde uvedeny možné vady gelcoatů vzniklé při užívání nebo i vlastní aplikaci a diskutovány možné příčiny vzniku těchto defektů. Praktická část bakalářské práce shrnuje poznatky o komerčně vyráběných gelcoatech a uvádí přehled výrobců a dodavatelů polyesterových gelcoatů.

Composite materials made from glass reinforced resin matrix with gelcoat are usually used materials for manufacturing boats, boat equipments, tubes, pools, bus and tracks bodies. Gelcoat is first layer of resin, which is in contact with surroundings, so it has to fulfil elevated demands on chemical or mechanical immunity.

Teoretical part of this work is aimed to clearing term *gelcoat*, its producing and application. Below are there state eventually errors, which had arised while using or while application and are discused causes of their rises. Practical part sums up informations about comercial available unsaturated polyester gelcoats and their productors and distributors.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 TEORETICKÁ ČÁST	7
1.1 Gelcoat	7
1.1.1 Rozdělení gelcoatů dle materiálů.....	7
1.1.2 Příprava polyesterových gelcoatů	8
1.1.3 Vytvrzování gelcoatů	13
1.1.4 Nanášení gelcoatů	15
1.1.5 Rozdělení gelcoatů dle použití.....	17
1.2 Vady gelcoatů	18
2 PRAKTICKÁ ČÁST	29
2.1 Přehled firem zabývajících se výrobou gelcoatů.....	29
2.2 Seznam komerčně dostupných výrobků.....	32
3 ZÁVĚR	38
PŘEHLED SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	39
SEZNAM OBRÁZKŮ	40
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	41

ÚVOD

V dějinách lidstva a celé lidské kultury můžeme, kromě ještě jiných kritérií, rozdělit historické epochy podle nejčastěji používaného materiálu. Například doba kamenná, bronzová, železná, troufám si dvacáté a dvacáté první století nazvat dobou plastů respektive polymerů. Pochopitelně ke zpracování polymerů jsou potřebné i jiné materiály převážně ocel, ale takový rozmach ať už v oblasti výzkumu, výroby nebo běžného použití nemají polymery v dnešní době na poli materiálů konkurenci. Z velké variability druhů, tvarů a technologií jsem si pro svou bakalářskou práci vybral polyesterové kompozity, které spojují kvalitní adhesivní a mechanické vlastnosti polyesterů s výbornými mechanickými vlastnostmi skla popř. jiných anorganických nebo organických plniv. Tématem této práce nejsou kompozity všeobecně, ale přiblížení a osvětlení termínu gelcoat. Jedná se o tenkou vrstvu nevyztužené polyesterové pryskyřice definované tloušťky, která se pohybuje okolo 0,5 – 0,8 mm, nanášená na upravený povrch formy. Nanášení se provádí natíráním pomocí válečků, štětcem nebo stříkáním speciální pistolí, což je převážně používáno u velkých výrobků. Gelcoat slouží k ochraně laminátu proti povětrnostnímu působení, vlhkosti, zvyšuje chemickou odolnost a dává výrobkům dekorativní charakter. Brání proti poškození laminátu během používání výrobku, proto musí být nárazuvzdorný a odolný vůči oděru. Jejich specifické vlastnosti a způsob nanášení jsou obsáhlou kapitolou, kterou se budu zabývat v této bakalářské práci. Způsob nanášení, chemické složení, čas a teplota vytvrzování jsou velmi důležité faktory pro životnost gelcoatu a vhodné použití.

První, teoretická část se zabývá chemickým složením, přípravou, aplikací včetně vad gelcoatů, které mohou být způsobeny špatnou technologií nanášení nebo stárnutím.

Druhá, praktická část je zaměřena na informace o výrobcích případně dodavatelích gelcoatů na našem trhu. Obsahuje také seznam komerčně dostupných gelcoatů a jejich specifických vlastností.

1 TEORETICKÁ ČÁST

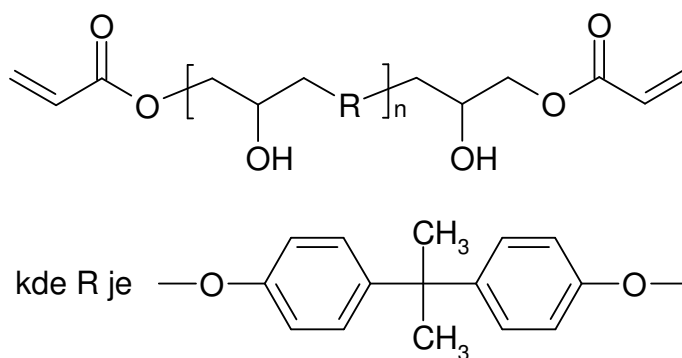
1.1 Gelcoat

Gelcoat je asi 0,5 – 0,8 mm široká vrstva, často pigmentovaná, nevyztužená pryskyřice tvořící odkrytou část polymerního kompozitu. Většinou na bázi nenasycené polyesterové pryskyřice, ale není to pravidlem. Gelcoat poskytuje tvrdý, dekorativní povrch, který je odolný vůči blednutí, barevné změně nebo působení UV záření. Aplikuje se pomocí stěrky nebo speciální tlakové pistole jako první vrstva přímo na formu. Některé gelcoaty mohou mít i určitou texturu, která kopíruje povrch formy. Speciální druhy gelcoatů poskytují zvýšenou odolnost vůči osmóze, chemicky agresivnímu prostředí nebo vůči praskání.[1]

1.1.1 Rozdělení gelcoatů dle materiálů

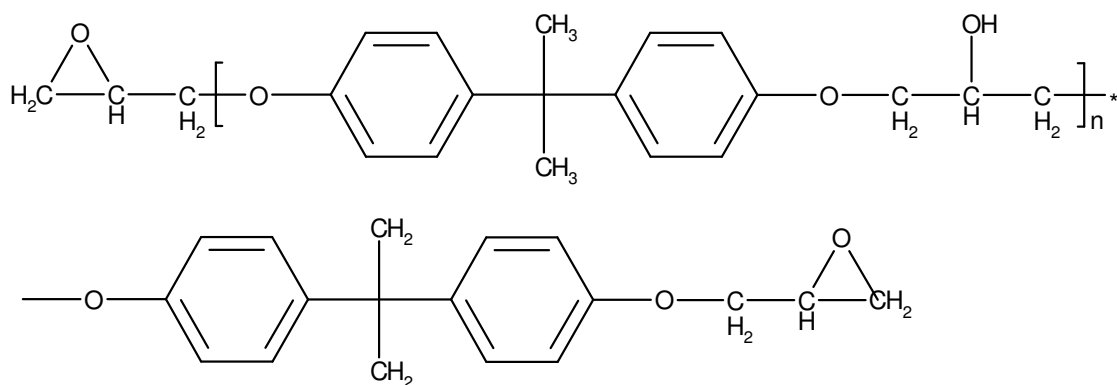
Gelcoaty můžeme rozdělit dle druhu materiálů, ze kterých jsou vyrobeny a pro které kompozitní materiály budou určeny. Největší množství gelcoatů je z **polyesterové pryskyřice**. Téma této práce je zaměřena právě na tyto gelcoaty. Podrobnější informace o výrobě, aplikaci nebo rozdělení jsou uvedeny dále.

Dalším typem jsou **vinylesterové gelcoaty**, které byly vyvinuty pro kompozity v agresivním, korosivním prostředí.



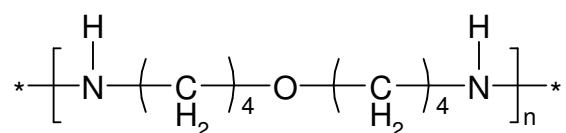
Obr. 1 : Vinylesterová pryskyřice

Musím zde zmínit i **epoxydové gelcoaty**, jejichž výjimečnost spočívá ve vynikající odolnosti vůči vodě, žloutnutí a zvýšenou chemickou odolnost zvláště v alkalickém prostředí.



Obr. 2 : Epoxy pryskyřice

Jako náhražka polyesterových gelcoatů se občas používají dvousložkové **polyuretanové pryskyřice**. Jsou dražší než běžné polyesterové pryskyřice, ale jejich barevná stálost, lesk, odolnost vůči oděru a tvorbě trhlin jsou nepřekonatelné.[1],[2]



Obr. 3 : Část řetězce polyuretanového gelcoatu (eterifikovaný but-1,4-diolem)

Mezi největší novinky na trhu s gelcoaty patří bezesporu **kovový gelcoat**. Unikátnost tohoto systému spočívá v nanášení směsi polyesterové pryskyřice, iniciátoru a práškového kovu na silikonovou nebo latexovou formu pomocí tlakové pistole. Při použití těchto forem není nutné jejich povrch opatřit separačním nátěrem. Obvyklý poměr složek je ¼ pryskyřice a ¾ práškového kovu. Tento systém je vhodný pro většinu běžně používaných pryskyřic, jedinou podmínkou je vyšší teplotní odolnost dané pryskyřice. Povrch forem a dílů opatřených tímto kovovým povrchem lze velmi snadno vyleštit do vysokého lesku. Je vhodný hlavně pro výrobu tepelně namáhaných dílů a forem.[3]

1.1.2 Příprava polyesterových gelcoatů

Polyestery jsou obecně kondenzační produkty vícesytných karboxylových kyselin nebo jejich anhydridů a vícesytných alkoholů. Průmyslově vyráběné polyesterové pryskyřice se připravují z dikarboxylových kyselin a diolů (glykolů). Z nasycených výchozích složek vzniká lineární produkt, zatímco přidavek nenasyčených složek umožňuje následnou schopnost síťování a větvení. Polyester rozpuštěný v reaktivním monomeru se nazývá polyesterová pryskyřice. Jako reaktivní monomer se nejčastěji používá, i přes některé jeho nedostatky

styren, z jiných monomerů uvedu ještě metylmetakrylát a monomery obsahující vinylovou skupinu (vinyltoluen, divinylbenzen). Tyto nenasyčené polyesterové pryskyřice (anglicky : unsaturated polyester resins – UP) jsou díky nenasyčené vazbě schopné síťovat, k čemuž se používá již zmíněný reaktivní, taktéž nenasyčený monomer.

Na přípravu gelcoatu je zapotřebí více složek, hlavními složkami jsou :

1. glykol
2. nenasyčená dikarboxylová kyselina
3. modifikující dikarboxylová kyselina
4. reaktivní monomer
5. inhibitor

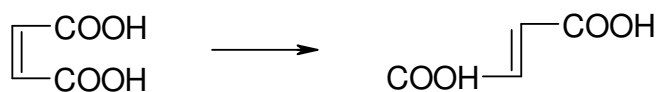
Na trhu je dostupných mnoho různých **glykolů**, velká variabilita cen i vlastností nám umožňuje vybrat vhodný glykol. Mezi nejjednodušší patří etylenglykol u něhož je tendence vytvářet krystaly a jeho snášlivost se styrenem také není nejlepší. Z tohoto důvodu se používá ve směsi s jinými glykoly.

Dalším hojně užívaným glykolem je propylenglykol jehož snášlivost se styrenem je mnohem lepší a je také relativně levný. Z tohoto důvodu se používá v dnešní době nejčastěji. Mezi ostatní používané glykoly patří diethylenglykol nebo dipropylenglykol, které zlepšují mechanické vlastnosti. Pro zvýšení chemické odolnosti se používají bisfenol A, neopentylglykol nebo dipropylenglykol. Pro zvýšení tepelné odolnosti se přidá malý podíl polyolu např. mannitol nebo glycerol. Chceme-li snížit hořlavost použijeme chlorovaný nebo brómovaný diol.

Další složkou je **nenasyčená dikarboxylová kyselina**. Díky použití nenasyčené kyseliny obsahuje konečný řetězec dvojně vazby, což umožňuje síťovací reakce. Podíl nenasyčené kyseliny souvisí s vlastnostmi produktu. Čím větší je podíl, tím je možnost nasíťování větší, vyšší teplota při vytvrzování a naopak nižší modul pružnosti a mez pevnosti. Množství nenasyčené kyseliny také ovlivňuje reaktivitu pryskyřice. Čím víc nenasyčených dvojných vazeb řetězec obsahuje tím je pryskyřice reaktivnější a reakce je pochopitelně rychlejší.

Z nenasyčených kyselin je nejpoužívanější kyselina maleinová, nejčastěji ve formě anhydridu, a to kvůli jeho nižšímu bodu tání (T_m kyseliny je v intervalu 132 – 140°C, T_m anhydridu je 60°C), další hojně používanou kyselinou je kyselina fumarová, která vzniká

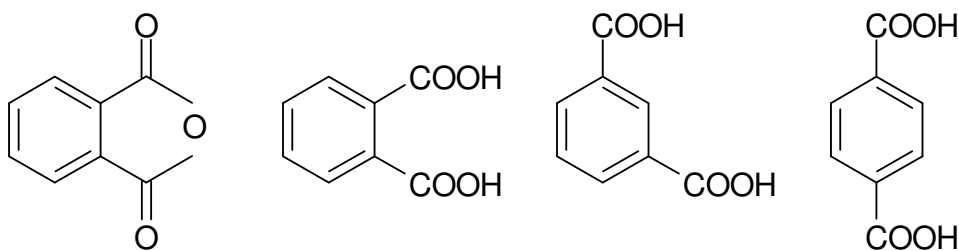
z kyseliny maleinové izomerizací při teplotách nad 150°C. Trans izomer je pro kopolymerační reakci s reaktivním monomerem stéricky výhodnější.



Obr. 4 : Izomerizace kyseliny maleinové na fumarovou

Další nenasycenou kyselinou je kyselina chlormaleinová, která díky obsahu zhruba 2% chloru omezuje hořlavost.

Důležitou součástí jsou **modifikující dikarboxylové kyseliny**. Neobsahují dvojnou vazbu (kromě dvojných vazeb přítomných v aromatickém jádře), tudíž mohou síťovat jen s organickými peroxidy, čehož se ale v praxi nepoužívá. Mezi nejčastěji používané kyseliny patří: anhydrid kys. ftalové, kys. ortohtalová, kys. isohtalová a kys. tereftalová (viz. Obr.6).



a) ftalanhydrid b) kys. ortohtalová c) kys. isohtalová d) kys. tereftalová

Obr. 5 : Nejčastěji používané modifikující dikarboxylové kyseliny

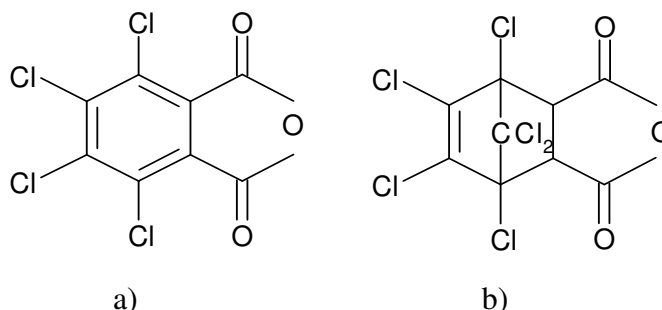
Gelcoaty připravené z ortohtalové pryskyřice (respektive ftalanhydridu) jsou transparentní a jsou dobře mísitelné se styrenem. Z ekonomických důvodů patří ortohtalové pryskyřice k nejčastěji používaným.

Další často užívanou kyselinou je kyselina isohtalová, která v porovnání s kyselinou ortohtalovou dává výrobky z vyšší tuhostí, lepší tepelnou stálost a chemickou odolnost než gelcoat připravený z kyseliny ortohtalové. Nevýhodou je ovšem větší cena této kyseliny.

Používá se také kyselina tereftalová, jejichž vlastnosti jsou podobné výše zmíněným kyselinám, ale v porovnání s kyselinou ortohtalovou je dražší, proto se vyskytuje jen v nepatrném množství gelcoatů.

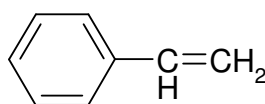
Chceme-li dosáhnout pryskyřice se sníženou hořlavostí použijeme chlorované popř. brómované kyseliny. Mezi nejčastěji používané patří anhydrid kys. tetrachlorftalové a anhydrid HET (kyselina hexachloreandomethylentetrahydroftalová) (viz. Obr.7). Nahrazením části modifikující aromatické kyseliny alifatickou kyselinou – např.: kys. adipovou nebo

sebakovou, můžeme u gelcoatu dosáhnout větší nárazuvzdornost a flexibilitu. Míšením různých modifikujících kyselin můžeme dosáhnout vhodných vlastností gelcoatů (barevná stálost, odolnost vůči hoření nebo lepších mechanických vlastností).

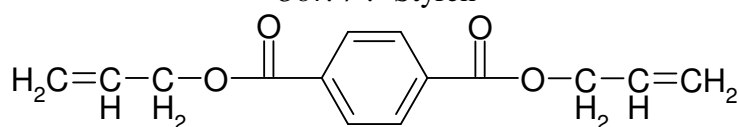


Obr. 6 : a) anhydrid kys.tetrachloroftalové, b) anhydrid HET

Další nedílnou součástí je **reaktivní monomer** s nenasyčenou vazbou, který hraje v systému dvě úlohy. Za prvé slouží jako rozpouštědlo pryskyřice a snižuje její viskozitu a druhá důležitá vlastnost je schopnost síťovat. Pomocí reaktivního monomeru vytvoříme z lineárních polyesterových řetězců nerozpustnou, prostorovou termosetickou strukturu. Nejčastěji používaný monomer je styren (Obr.8), důvod jeho nejčastějšího použití je jeho nízká viskozita, cena a přijatelné vlastnosti při vytvrzování. Dalšími používanými monomery jsou metylmetakrylát a butylmetakrylát, které se používají chceme-li dosáhnout dokonalou průhlednost a UV stabilitu. Styren jako síťovací činidlo má velkou nevýhodu a tou je značná těkavost par styrenu, obsah styrenu v pryskyřici se řídí platnými zákony dané země, jelikož páry styrenu jsou toxické. I přes tuto nevýhodu patří mezi nejvíce užívané síťovací činidla. Dalším používaným monomerem je diallylftalát (Obr.9), který je méně těkavější než styren a produkt vykazuje po vytvrzení větší tvrdost a křehkost, ale je těžké jim síťovat za pokojové teploty.



Obr. 7 : Styren



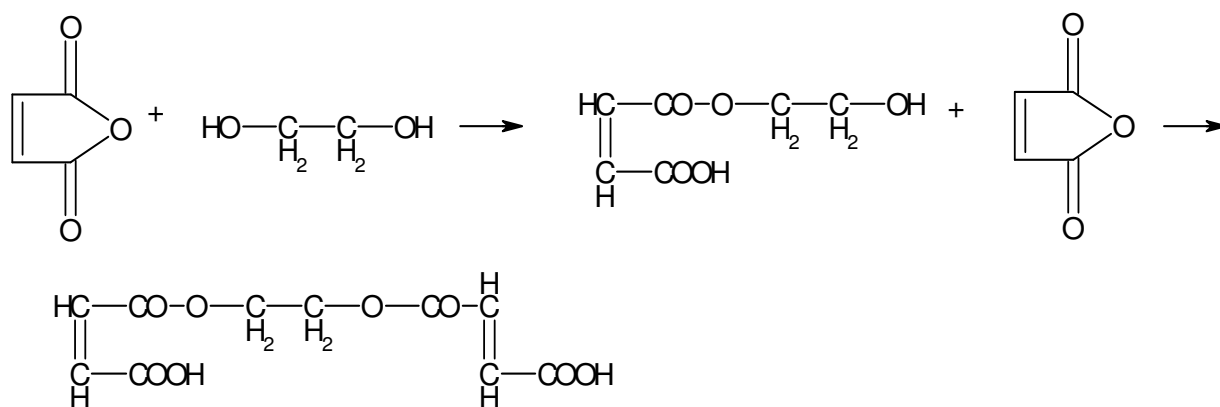
Obr. 8 : Diallylftalát

Mezi další monomery mohou uvést α -methylstyren, který po vytvrzení dodává výrobku větší pružnost. Při použití dichlorstyrenu nebo dibromstyrenu, snížíme hořlavost gelcoatu, ale

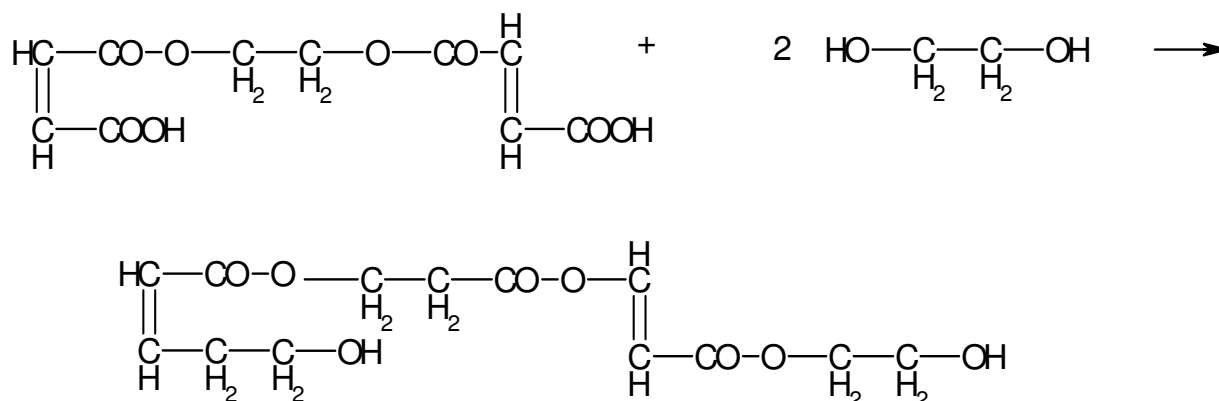
nevýhodou je vyšší cena. Chceme-li dosáhnout samozhášivého gelcoatu použijeme jako monomer diallylbenzen fosfát, jehož nevýhodou je jako u výše zmíněných monomerů jeho cena.

Reaktivní monomery, mohou způsobit želatinaci pryskyřice i za normální teploty. Aby se tomu zabránilo používají se **inhibitory**, které se přidávají po proběhnutí polykondenzační reakce před přidáním monomeru. Inhibitory pracují na mechanismu absorpce volných radikálů, za pomoci vodíkových atomů. Rychlost vyčerpání inhibitoru tedy závisí na množství volných radikálů v okolí. Jakmile je všechen inhibitor spotřebovaný, volné radikály přítomné ve směsi způsobí gelaci gelcoatu. Množství přidaného inhibitoru se mění podle druhu pryskyřice a druhu přidaného monomeru resp. jeho náchylnosti síťovat. Přidávají se v množství 100-300 ‰. Mezi nejčastěji používané inhibitory náleží hydrochinon, t-butylkatechol a substituované benzochinony. Chceme-li zahájit vytvrzování přidáme do pryskyřice urychlovač, který odstraní zbytkový inhibitor a začne samotné vytvrzování.

Průběh **polyesterifikace** si můžeme přiblížit na polyadiční reakci maleinanhydridu s etylenglykolem :



Vzniklé koncové karboxylové skupiny jsou schopné reagovat s etylenglykolem za vzniku hydroxypolyesteru:



Hydroxypolyester je schopný reagovat s maleinanhydridem resp. karboxylem za vzniku polyesterového řetězce. Reakce se ukončí když molekulová hmotnost dosáhne hodnot 800 – 2500 Da, důvodem zastavení polymerační reakce je viskozita roztoku, který by při dále probíhající reakci byla příliš vysoká a tudíž nevhodná pro následné míšení s monomerem. Tato polyesterifikace probíhá za zvýšených teplot (150-250°C). Při použití rozpouštědel, které se mísí s nízkomolekulární látkou, která vznikla při polykondenzaci – vodou, tvoří azeotropní směs. Z této azeotropní směsi je možno vodu oddestilovat, což umožňuje reakci za nižších teplot. Vždy je nutno provádět reakci v inertní atmosféře, čímž se vyhneme kopolymeraci s kyslíkem. Je-li třeba připravit produkt o nízké molekulové hmotnosti, není třeba pracovat za vakua.[1],[9]

1.1.3 Vytvrzování gelcoatů

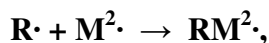
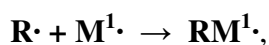
Nenasycené polyesterové pryskyřice díky obsahu dvojných vazeb jsou schopny síťovací reakce s reaktivním monomerem, v němž jsou rozpuštěny. Tomu za normálních podmínek brání pouze inhibitor přítomný ve směsi. Chceme-li pryskyřici vytvrdit (zesíťovat), je nutné dodat zdroj volných reaktivních radikálů, které deaktivují inhibitor a zahájí polymeraci. Tímto zdrojem je iniciátor, působení UV záření nebo zvýšením teploty. Nejpoužívanějšími iniciátory jsou polymerace UP pryskyřic jsou deriváty peroxidu vodíku, kdy jeden nebo oba vodíkové atomy jsou nahrazeny organickými skupinami. V praxi obvykle organické peroxidy nebývají úplně chemicky čisté. Pro snížení jejich reaktivity a prodloužení životnosti se proto uchovávají inhibované.[9]

Vytvrzování reakce probíhá radikálovým mechanismem. Jedná se o kopolymeraci polyesteru a nenasyceného monomeru. Monomer spojuje řetězce polyesteru mezi sebou nebo

intramolekulární reakcí hydroxylové zbytky jednoho polyesterového řetězce. Jedná se o řetězovou reakci jejichž jednotlivé kroky jsou:

1. iniciace (tvorba volných radikálů)
2. propagace (růst řetězce)
3. terminace (ukončení polymerace)

- **iniciace** : řetězová reakce je iniciována volnými radikály vzniklými rozpadem stopového množství peroxidu:



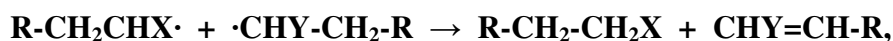
$R\cdot$ je radikál vzniklý rozpadem peroxidu.

- **propagace** : na vzniklé radikály se naadují molekuly monomeru a vznikne dlouhý řetězec, při kopolymeraci jsou možné čtyři základní adiční reakce:

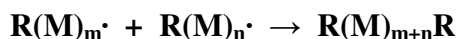


k_{ij} jsou rychlostní konstanty jednotlivých reakcí, poměry rychlostních konstant udávají kopolymerační parametry, které charakterizují danou kopolymerační reakci.

- **terminace** : k ukončení růstu řetězce dochází při srážce dvou radikálů, buď disproportionací:



k disproportionaci dochází, když sterické zábrany brání rekombinaci:



Další možnost nasycení radikálu je přenos řetězce na molekulu rozpouštědla, monomeru nebo polymeru za vzniku jiného reaktivního radikálu.[5]

Na vytvrzování gelcoatů má vliv mnoho důležitých vlivů: tloušťka vrstvy, teplota okolí, množství katalysátoru, preciznost nanášení a pochopitelně způsob nanášení. Vytvrzovací reakce gelcoatů je exotermní, proto je velmi důležité rovnoměrně odvádět teplo z gelcoatu skrze další vrstvy (UP, plnivo), které jsou na něj kladeny. [4]

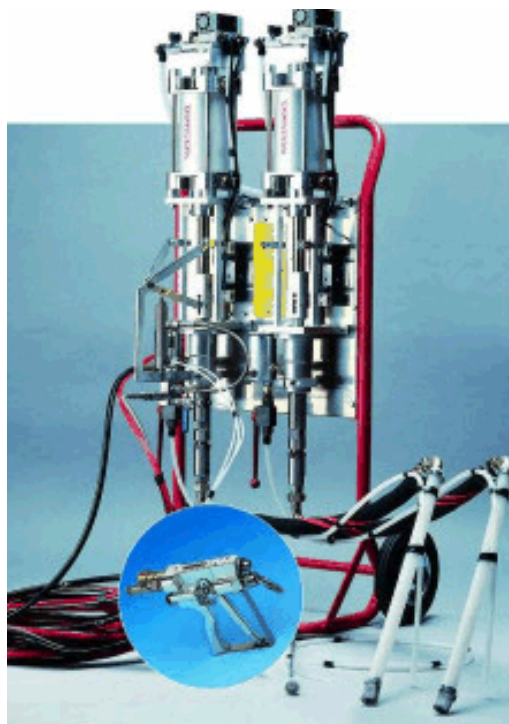
1.1.4 Nanášení gelcoatů

Gelcoaty se nanášejí jako první vrstva laminátu (několik vrstev výztuže prosycené UP). Většina výrobních technologií je poměrně primitivní a vyžaduje velký podíl ruční práce. Aplikaci gelcoatů by jsme mohli zařadit do první fáze výroby kompozitu. Gelcoat se nanáší na formu opatřenou **separátorem**. Samotné formy jsou vyrobeny většinou ze speciální polyesterové pryskyřice a snesou 500 až 1000 uvolnění (použití). Jsou i formy vyrobené z dřeva, kovu, termoplastů a upravené dle potřeb produktu. Separátor je nezbytný pro snadné vyjmutí výrobku z formy. Nejčastějšími separátory jsou vosky, parafín, stearín, mýdla, polyvinylalkohol, silikonový olej popř. celofán. Existují však i separátory vnitřní (přidávají se přímo do směsi), které se při vytvrzení 'vypotí' na povrch formy a tím pádem umožní vyjmutí produktu z formy. Důležité je pokrýt separačním nátěrem 100% povrchu formy, aby se část gelcoatů nepřilepila na povrch formy, proto je lepší opatřit povrch dvěma i více nátěry a dokonale.

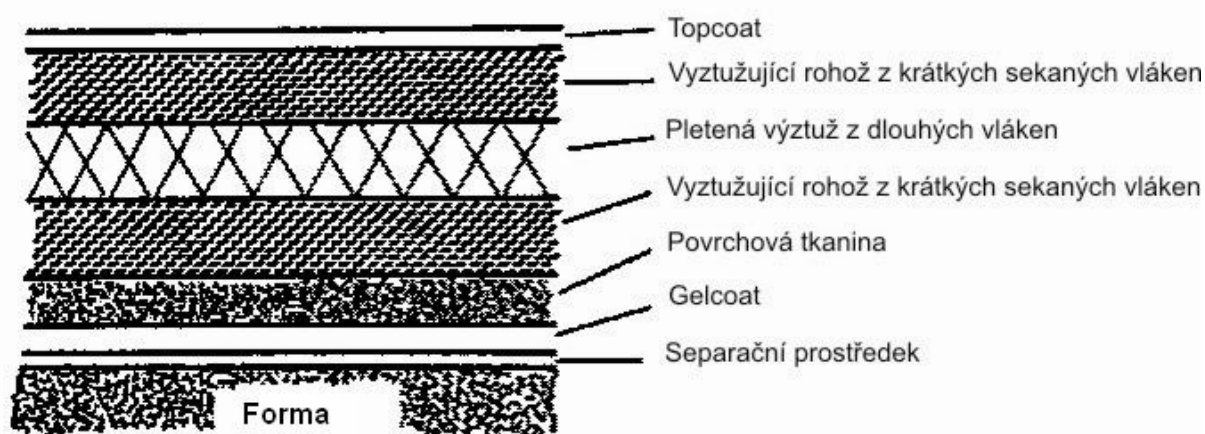
Když je forma kompletně suchá můžeme přistoupit k samotné aplikaci gelcoatů. Nanášíme-li nátěr ručně použijeme **štetec** s krátkým vlasem, speciální **špachtli** nebo **váleček** pokrytý savou tkaninou. Po nanesení první vrstvy (pohledová) necháme pryskyřici zgelovatět. Poté naneste vrstvu druhou (lepící), která zajistí dokonalé spojení s výztuží. Po zgelovatění druhé vrstvy nanášejte jednotlivé vrstvy laminátu, laminovací pasty anebo zalijeme tzv. licí pryskyřicí.

Mezi častěji používané způsoby nanášení gelcoatů patří stříkání gelcoatů na povrch pomocí **pistolí**. Velkou výhodou tohoto systému nanášení je rovnoměrné rozvrstvení gelcoatů a dobré promíchání pryskyřice s katalyzátorem. Pistole je hadicí spojena s vakuovým systémem, který umožňuje dávkování UP, iniciátoru a pigmentů. Některé druhy pistolí jsou opatřeny hlavicí, která je schopna táhnout svazek skelných vláken ze zásobníku. Tyto vlákna jsou rozřezána v hlavici a stahována proudem pryskyřice na formu. Čehož se využívá spíše pro nástřik vnitřních vrstev UP než samotného gelcoatů. Typický vzhled takového stroje je znázorněn na Obr.9. Při nanášení gelcoatů pistolí není třeba nanášet dva nátěry, což je výhodné hlavně z ekonomického hlediska. Konečná tloušťka gelcoatů by se měla pohybovat mezi 0,5 až 0,8 mm (použijeme – li tenčí vrstvu můžou vzniknout problémy), což odpovídá 400-500 g.m⁻² a měla by pokrývat 100 % povrchu. Doba gelovatění by měla trvat okolo patnácti minut, ale není to pravidlem - záleží na druhu iniciátoru. Chceme-li zjistit zda můžeme aplikovat další vrstvu laminátu popř. pryskyřice sáhneme prstem na gelcoat. Jestli

gelcoat lepí, ale je těžké jej odstranit z povrchu a je připravený na další procedury laminace. Schéma jednoduchého laminátu včetně gelcoatu je uvedeno na Obr. 10.



Obr. 9 : Vakuový systém s pistolí pro nástřik gelcoatu



Obr. 10 : Typický laminát ve formě

Je – li je obsah styrenu v normě není třeba jeho páry odsávat, ale při překročení normou daného limitu je třeba páry odsávat, což je důležité z hlediska hygieny pracovního prostředí. Obsah toxických par se udává dle hodnoty VOC (volatility organic compound), která je v průmyslu přísně dodržována ze zdravotních a legislativních důvodů.[1]

Mezi nejmodernější způsoby nanášení pryskyřice můžeme zařadit technologii, která umožňuje **vnější smíchání gelcoatu s iniciátorem** a hlavně nízkotlaký, bezvzduchový nástřik. Tento

způsob aplikace omezuje turbulenci gelcoatu a tím pádem i tvorbu vzduchových bublin nebo jiných vad povrchu jako jsou pásy nebo chvosty.

Některé pistole používají vnitřní míšení gelcoatu s katalyzátorem. Nevýhodou tohoto způsobu je, že při každém přerušení práce je třeba pistoli proplachovat, což vede k materiálovým ztrátám a následnou likvidací odpadů.

V některých případech lze gelcoat vyztužit anorganickým plnivem (například granit nebo výše zmíněný kovový prášek). Toho se využívá obzvláště ve vlhkém a chemicky náročném prostředí. Mezi nejnovější způsoby nanášení plněného gelcoatu použijeme **technologie suchého míšení granitových** (hornina složená hlavně z křemene, alkalického živce a z plagioklasu, obvykle má více než 65 % hm. SiO_2 a minimálně 20 % objemových křemene) **vloček**. Její výhoda je v přidávání suchých vloček do proudu pryskyřice stříkané z pistole, což odstraňuje problémy s nástřikem, čištěním pistole a materiálovou ztrátou.[6]

1.1.5 Rozdělení gelcoatů dle použití

Podle vhodného použití v praxi je možno rozdělit gelcoaty do několika základních skupin uvedených níže :

- **Běžně používané gelcoaty**, tyto gelcoaty jsou vhodné pro domácí i průmyslové využití v interiéru nebo jako základ pro nanášení další vrstvy barvy, náleží mezi nejlevnější gelcoaty. Používají se například jako svrchní vrstva na bankomatech.
- **Snadno brousitelné a lakovatelné gelcoaty**, často bývají plněny anorganickým plnivem, používají se nejčastěji v automobilovém průmyslu jako nátěry kabin nákladních aut nebo na skelety autobusů. Jsou odolné vůči tvorbě trhlin a často se vytvrzují v sušárnách.
- **Gelcoaty pro náročnější prostředí**, tyto pryskyřice jsou vytvořené pro náročnější prostředí, důležitá je chemická, povětrnostní, mechanická odolnost a barevná stálost. Používají se jako svrchní vrstva medicínského zařízení, v kuchyňských linkách, vanách, dřezech, nábytku, střeších, trubkách.
- **Gelcoaty pro nejnáročnější prostředí**, jsou vyvinuty pro nejnáročnější aplikace, jejich chemická, mechanická a povětrnostní odolnost je velmi dobrá. Často jsou isoftalového /neopentylglykolového typu. Jsou odolné vůči kyselinám, zásadám, blednutí, zvýšené teplotě, UV záření. Z důvodu odolnosti vůči UV záření se používají venku, například jako vrchní vrstva bazénů, tobogánů, vesmírných lodí.

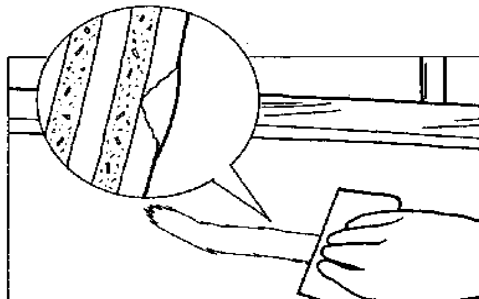
- **Gelcoaty používané v lodním průmyslu**, jsou speciálně vyvinuté pro použití na ochrannou vrstvu trupů jachet, katamaránů, rychlostních lodí, kajaků. Nejsou vhodné pro barvení z důvodu nízké adheze, která je nutná pro snížení tření mezi trupem loď a vodou. Jsou velmi odolné vůči nasákavosti vodou a tvorbě bublinek na povrchu.
- **Gelcoaty se sníženou hořlavostí**, se používají na lamináty, ve kterých není nutná zvýšená chemická popřípadě mechanická odolnost. Nejčastěji se používají v elektrotechnice na zalévání elektrotechnických desek nebo jako ochranná vrstva laminátových beden, ve kterých jsou obvody. Také se používají na místech, kde hrozí samovznícení.
- **Chemicky odolné gelcoaty**, nejčastější použití je v chemickém průmyslu, povrch laboratorních zařízení, trubky, ve kterých se dopravují chemikálie, laboratorní dřezy apod.
- **Gelcoaty se zvýšeným leskem a hladkostí**, většinou obsahují jako síťující monomer diallylftalát a nanášejí se pouze pistolí. Používají se na opravení kompozitních výrobků nebo forem, když je výztuž obnažená nebo se na původním gelcoatu vyskytly vady. Jiné využití je na opravení výrobků, které ztratily svůj lesk jako jsou různé části aut nebo bižuterie.[7]

1.2 Vady gelcoatů

Vady, vyskytující se na povrchu polyesterového kompozitu respektive na jeho gelcoatu můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin - vady způsobené **stárnutím** (tvorba trhlin a odkrývání výztuže, barevná nestálost, odlupování gelcoatu) a vady způsobené při **aplikaci** (bublinky v pryskyřici, nedokonalá adheze k výztuži způsobená nevhodným poměrem složek, nerovnoměrný povrch). Často se nedá určit zda vada vznikla stárnutím nebo aplikací, proto je toto dělení velmi relativní.

Mezi největší problémy můžeme řadit **tvorbu trhlin**. Povrchové trhlinky lze vyleštit, ale hlubší trhliny se musí vyplnit. Při vyplňování trhlin je třeba nejprve povrch dokonale vybrousit poté vyleštit a nakonec vyplnit vhodným gelcoatem. Tento gelcoat nesmí být příliš viskózní, musí se chovat jako tmel a gelcoat zároveň. Nejlepší je si opatřit celou sadu, která zahrnuje gelcoat, tvrdidlo, vhodné pigmenty, štětec a stěrku. Na začátek je třeba trhlínu trochu rozšířit smirkovým papírem, z důvodu snadného přístupu nového gelcoatu. Poté vytříť vnitřek trhlíny styrenem, který začne reagovat s nenasycenými vazbami starého gelcoatu. Jako

iniciátor se používají klasické katalyzační systémy (např.: metyletylketonperoxid). Nyní je třeba vetřít pastu do trhliny za pomoci ruční, flexibilní stěrky a je třeba nechat pastu trochu vyčnívat z vrstvy z důvodu smrštění při vytvrzení (viz Obr.11).



Obr. 11 : Vetření gelcoatové pasty do trhliny

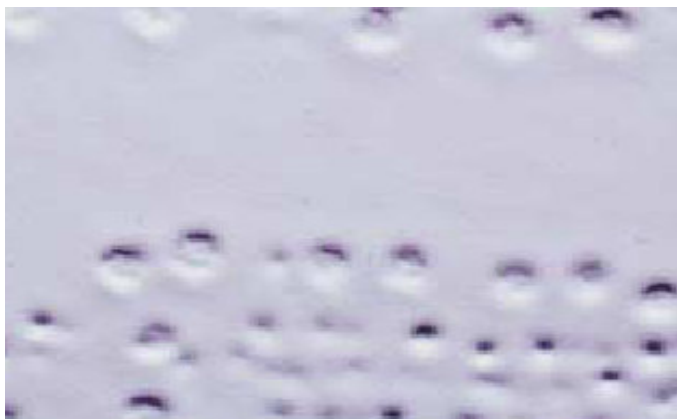
Z důvodu nedokonalého vytvrzení na vzduchu je třeba trhlinu zakrýt, na jedné straně separačním nátěrem opatřenou fólií. Zhruba po 24 hodinách odstraníme folii. Povrch nejprve upravíme hrubo- a následně jemně- zrným smirkovým papírem. Při použití jemnozrného smirkového papíru je třeba povrch důkladně promývat vodou. Poté povrch osušíme a důkladně vyleštíme jelenicí. Až na povrchu nepoznáme rozdíl mezi starým a novým gelcoatem, opatříme povrch voskem a vyleštíme.[8]

Níže jsou uvedeny všechny hlavní druhy vad, v závorce za českým termínem je uveden anglický termín pro danou vadu (který je v některých případech výstižnější než český ekvivalent). U každé vady jsou uvedeny faktory, které se podílejí na jejím vzniku a obrázek.

‘rybí oka’ (fish eyes)

Faktory způsobující vznik ‘rybích ok’ :

- znečištěný nebo poškozený povrch formy
- příliš tenká vrstva gelcoatu
- nízká viskozita pryskyřice
- nízký tlak při nástřiku gelcoatu pistolí
- přebytké množství separačního nátěru
- nevhodný poměr složek při míchání gelcoatu
- nevhodný typ separačního prostředku

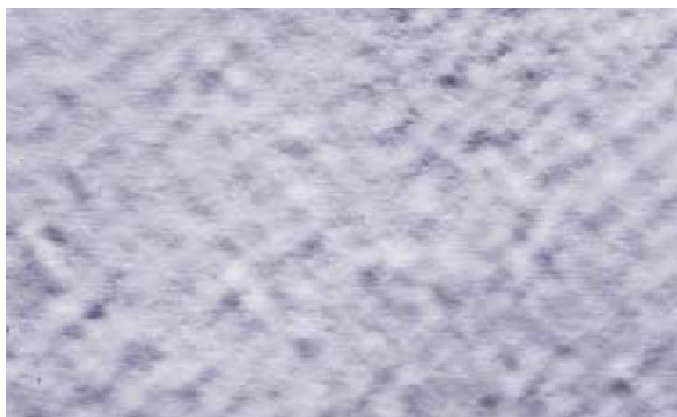


Obr. 12 : Rybí oka na povrchu gelcoatu

Nerovnoměrnost na povrchu gelcoatu (poor levelling)

Faktory ovlivňující vznik nerovnoměrnosti na povrchu gelcoatu :

- velká viskozita gelcoatu
- malá vzdálenost mezi vstřikovací pistolí a formou při aplikaci
- nevhodný úhel nástřiku gelcoatu
- nízký tlak při nástřiku gelcoatu pistolí



Obr. 13 : Nerovnoměrnost na povrchu gelcoatu

Nízká adheze gelcoatu k povrchu (poor adhesion)

Faktory ovlivňující nízkou adhezi gelcoatu k povrchu :

- znečištěný povrch formy nebo nečistoty v gelcoatu
- nerovnoměrně nebo špatně nanesený separační prostředek
- nadbytečné množství iniciátoru (resp. peroxidu)
- velké množství separačního prostředku v samotném gelcoatu



Obr. 14 : Nízká adheze gelcoatu k povrchu

Svraštělý - popraskaný (alligatoring – wrinkling)

Faktory ovlivňující popraskaný – svraštělý vzhled gelcoatu :

- nedokonalé vytvrzení gelcoatu spojené s předčasným kladením výztuže
- tenká vrstva gelcoatu, která je napadána styrenem z vnitřních vrstev UP
- příliš dlouhá doba želatinace



Obr. 15 : Svraštělý – popraskaný povrch gelcoatu

Vada vznikající při dlouhodobém působení slunečního záření se vyznačuje tvorbou **puchýřku (blisters)** je znázorněna na Obr. 16.

Obdobou této vady, ale vznikající z dlouhodobého působení vody (např.: v bazénech, vodních nádržích, na trupech lodí) je vyobrazena na Obr. 17.

Faktory ovlivňující vznik puchýřku na povrchu gelcoatu působením slunečního svitu :

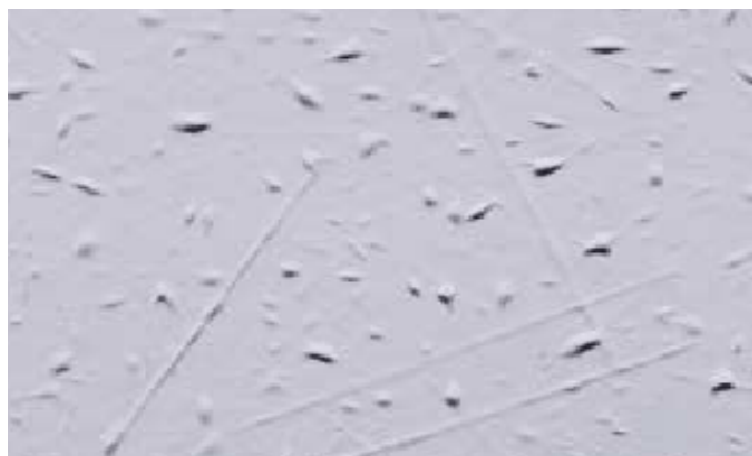
- malý tlak při lisování laminátu – vzduchové bublinky pod povrchem
- velké množství iniciátoru – kapky iniciátoru mezi vlákny výztuže nebo pod povrchem
- pevné, kapalné nebo olejové nečistoty na povrchu formy nebo mezi vlákny výztuže

Faktory ovlivňující vznik puchýřku na povrchu gelcoatu působením vody :

- Nevhodně zvolený typ gelcoatu – nutné zvolit speciální vodě odolný gelcoat
- Nedokonalé vytvrzení pryskyřice – nízká teplota nebo krátká doba vytvrzování
- Tenká vrstva gelcoatu
- Špatně zvolený typ výztuže nebo typu UP, který se nachází v hlubších vrstvách laminátu



Obr. 16 : Puchýřky na povrchu gelcoatu způsobené dlouhodobým působením slunečního svitu



Obr. 17 : Puchýřky na povrchu gelcoatu způsobené dlouhodobým působením vody

Další vadou gelcoatu, která ovlivňuje vzhled gelcoatu je **separace pigmentu (pigment/color separation)** z povrchu.

Faktory ovlivňující separaci pigmentu z povrchu gelcoatu :

- Voda nebo olej v gelcoatu popřípadě na povrchu formy
- Tlustá vrstva gelcoatu způsobující stékání gelcoatu a následnou separaci pigmentu

Blednutí (fading/bleaching)

Faktory způsobující blednutí gelcoatu :

- Krátká doba vytvrzování
- Dlouhodobé působení vody na tmavě zabarvený gelcoat
- Působení agresivních chemikálií na povrch gelcoatu



Obr. 18 : Separace pigmentu z povrchu gelcoatu

Praskání gelcoatu (cracking)

Faktory ovlivňující vznik prasklin na povrchu gelcoatu :

- Použití nadměrné síly při vytahování produktu z formy
- Ohyb nebo prudký náraz na gelcoat
- Nerovnoměrný povrch formy
- Nevhodná doba vytvrzování nebo vytvrzovacích cyklů
- Defekt na povrchu formy nebo tenká vrstva laminátu náchylná k ohybu



Obr. 19 : Blednutí gelcoatu



Obr. 20 : Praskání gelcoatu

Viditelná vlákna výztuže na povrchu výrobku (fibre pattern)

Faktory ovlivňující tvorbu fibre pattern :

- Nedostatečná doba vytvrzení produktu
- Příliš vysoký lisovací tlak, který zapříčiňuje transfer výztuže k povrchu laminátu
- Hrubý nebo členitý povrch vláken výztuže
- Příliš tenká vrstva gelcoatu
- Špatný postup při kladení výztuže a následném prosycení pryskyřicí



Obr. 21 : Viditelná vlákna výztuže resp. Fibre pattern na povrchu gelcoatu

Porosita (porosity)

Faktory zapříčiňující vznik porosity :

- Malá vzdálenost mezi pistolí a formou při aplikaci gelcoatu
- Příliš velká viskozita gelcoatu
- Špatně zvolený typ nebo znečištěný iniciátor
- Nadměrné množství iniciátoru ve směsi gelcoatu
- Tlustá vrstva gelcoatu
- Rychlý nástup želatinace
- Směs gelcoatu obsahuje tuhé nebo kapalné látky způsobující znečištění
- Příliš velký lisovací tlak a množství gelcoatu v porovnání s velikostí formy



Obr. 21 : Porózní vzhled gelcoatu

Stékání gelcoatu (sagging)

Faktory zapříčiňující stékání gelcoatu :

- Příliš dlouhá doba želatinace
- Nízká viskozita gelcoatu
- Tlustá vrstva gelcoatu

Prach přítomný v gelcoatu (dust in gelcoat)

Tomuto neduhu se dá předejít dokonalým vyčištěním povrchu formy. Elektricky nabitý povrch formy může přitahovat velké množství prachu, proto je třeba před aplikací gelcoatu tento náboj vybit.



Obr. 22 : Stékání gelcoatu



Obr. 23 : Gelcoat obsahující prach a jiné nečistoty

Žloutnutí gelcoatu (yellowing) je další optickou vadou, která významně mění vzhled gelcoatu. Nejčastěji vzniká a je spojená s dlouhodobým působením slunečního svitu.

Faktory způsobující tuto vadu:

- Velká šířka gelcoatu v rozích nebo v hlubších částech laminátu
- Krátká doba vytvrzování
- Nerovnoměrná šířka vrstvy gelcoatu
- Vytvrzovací reakce inhibována parami unikajícího styrenu
- Zachycení polystyrenu nebo separačního nátěru na formě při vytahování laminátu z formy

Předběžné uvolnění laminátu z formy (pre release)

Faktory způsobující předběžné uvolnění výrobku z formy :

- Velké množství iniciátoru
- Nadměrně silná vrstva gelcoatu v zaoblených částech výrobku
- Neobvyklá doba vytvrzování způsobena parami styrenu v hlubších vrstvách laminátu
- Nadměrně dlouhá doba vytvrzování samotného gelcoatu před kladením dalších vrstev laminátu
- Nevhodně zvolený typ separačního prostředku
- Zašpiněný povrch formy
- Velké procento UP v laminátu v porovnání s množstvím výztuže



Obr. 24 : Povrch gelcoatu při předběžném uvolnění výrobku z formy

Odrazivost a lesk jsou důležité vlastnosti, které by neměly chybět žádnému gelcoatu. Je – li **povrch matný (dull surface)** jedná se o vadu.

Faktory způsobující matný povrch gelcoatu :

- Špatně aplikovaný (rozetřený a vyleštěný) separační prostředek
- Krátká doba vytvrzování
- Předběžné uvolnění výrobku z formy
- Prach nebo špína na povrchu formy

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Přehled firem zabývajících se výrobou gelcoatů

Praktická část se týká společností, které se zabývají výrobou gelcoatu, jejich stručným popisem a hlavně produkty. Aktuálnost těchto informací je vztažena na rok 2005. Přehled jednotlivých druhů a vlastností konkrétních gelcoatu jsou uvedeny v kapitole 2.2.

Mezi největší světové výrobce kompozitů, gelcoatů a lakařské chemie patří bezesporu firma **Reichhold**. Založena roku 1924 němcem Henry Reichholdem, který emigroval ve dvacátých letech do USA. U firmy Ford Motor Company se zabýval vývojem a výrobou laků. Postupně se firma rozrůstala a přibírala pod svá křídla různé chemické společnosti a továrny. V roce 1999 se Reichhold stal akcionářem a dodavatelem UP v Litvínovské Spolchemii. V dnešní době spadá firma Reichhold pod japonskou společnost Dainippon inc. and Chemicals, která tvoří jedničku ve světové výrobě UP a zaujímá 25 % procent celosvětové produkce UP.[11] Ročně firma Reichhold vyrobí milióny tun pryskyřice, nejenom UP, ale i epoxydové, uretanové, akrylové a mnoho jiných druhů výrobků. Továrny a prodejní centra jsou rozšířeny po celém světě nejvíce v USA, ale i v Mexiku, Argentíně, Dubaji, Japonsku, Jihoafrické republice a v neposlední řadě v České republice. Výzkumná a testovací zařízení této americké firmy se nacházejí ve čtyřech lokacích v USA, Mexiku, Brazílii a v Rakousku.

Firma Reichhold je průkopníkem v oblasti gelcoatu. V roce 1927 vyvinula gelcoat, u kterého zkrátila dobu vytvrzování z několika dnů na pár hodin. Tento gelcoat se používal jako svrchní vrstva dílu v automobilovém průmyslu. Tato společnost má ve své nabídce gelcoaty použitelné v architektuře, v průmyslu i pro domácí použití (modely letadel, bazény, kajaky). [12]

Další velkou společností zabývajících se výrobou UP je **Büfa Holding** (Büsing & Fasch GmbH & Co.) sídlící v severoněmeckém Oldenburgu. Jedná se o společnost produkující velké množství chemikálií a sortimentu, který úzce souvisí s výrobou laminátů. Firma se dělí na 5 společností zaměřených na : polyuretany, reaktivní pryskyřice, skelné výztuže, organickou chemii a čisticí prostředky. Každá z těchto divizí se nachází na jiném místě. Výzkumná centra a laboratoře společnosti se podílí na vývoji nových druhů chemikálií. V současné době společnost zaměstnává přes 600 zaměstnanců. V oblasti reaktivních pryskyřic vyrábí firma

Büfa kompletní sortiment pro domácí a průmyslovou laminací. Klasické UP, gelcoaty, topcoaty, plniva, adheziva, stěrky, štětce, barviva, pistole na nástřik gelcoatů a mnoho dalších výrobků. Výhodou této společnosti je kompatibilita nástrojů pro aplikaci a samotných pryskyřicí.[13]

Mezi další velké výrobce gelcoatů a nejen nich můžeme zařadit Americkou firmu **Fibre Galst** sídlící v Ohio. Čtyřicet let stará společnost nabízí kompletní výuku a odbornou pomoc v oblasti laminace. Velký sortiment vinylesterových, epoxydových, polyesterových pryskyřic a hlavně gelcoatů společně s velkým množstvím pomůcek k laminaci, forem, knih a odborných rad činí tuto firmu důstojným konkurentem Reichholdu. Můžeme si zde prohlédnout mnoho zajímavých výrobků ze sklolaminátu jako jsou například figuríny, sochy, karosérie aut nebo letadla. Dalším zajímavým a určitě důležitým odkazem je internetová poradna, na které Vám odpoví na všechny dotazy týkající se laminace. Užitečným odkazem jsou i fyzikálně-chemické tabulky týkající se laminátů, pryskyřice i samotné výztuže. V oblasti laminátu se jde jednoznačně o nejdůležitější odkaz.[14]

Dalším evropským výrobcem gelcoatů je anglická společnost **Scott Bader Ltd.**, která vyrábí a distribuuje velké množství pryskyřic, výztuží, plniv, barviv a ostatních pomůcek pro laminaci. Od roku 1940, kdy se stala evropským průkopníkem na poli laminace vyrábí tato firma polyesterové pryskyřice a gelcoaty pod značkou Crystic. Na webu společnosti se nachází popis jednotlivých fází laminace, druhy forem, způsoby nanášení gelcoatů a mnoho užitečných informací doplněných obrázky. V sekci *processes* najdeme nové techniky nanášení gelcoatů a pryskyřice, které byly vyvinuty v laboratořích a výzkumných centrech této společnosti. V této sekci jsou také doporučení týkající se vhodného zvolení UP pro tyto revoluční technologie.[15]

Tureckým zástupcem firem vyrábějících UP je **Poliya**. Tato Istanbulská společnost má ve své nabídce UP, vinylesterové pryskyřice, gelcoaty, separační nátěry a mnoho dalších výrobků, které se používají v oblasti laminace. Hlavní distribuční centrum pro Evropu se nachází v německém Bad Aiblingu, ale také v Rusku, Maroku a na celém Blízkém východě. Několik druhů laboratoří se podílí na vývoji, kontrole a certifikaci nových výrobků. Vývoj konzultují s Národní vědecko-výzkumnou organizací (TUBITAK) a s univerzitami v rámci programu *Industrial partership program*. Produkty této společnosti splňují nejnáročnější

kritéria. Počátky této společnosti spadají do roku 1983, kdy z malé továrničky v Cerkezkoj vzniklá velká nadnárodní společnost. Vzhledem k tomu, že Poliya se vyvíjela v ne zrovna demokratickém Turecku je třeba snahu a cílevědomost této společnosti ocenit.[16]

Firma, která se nezabývá jenom výrobou gelcoatu, pryskyřic a prostředků k laminaci, ale i předního distributora a výrobce obecných chemikálií v Severní Americe je **Ashland**. Nadnárodní společnost složená z mnoha sekcí rozšířených po celém USA, z nichž jen jedna se zabývá výrobou UP a všeho co s laminací souvisí nabízí kurzy a semináře techniky laminace po celém USA. Tato společnost nabízí velké množství služeb v celém spektru chemie. Od sanace znečištěného území až po vysokoškolské přednášky na různá témata. Dceřinou společností firmy Ashland je Valvoline, celosvětově známý výrobce kvalitních minerálních olejů.[17]

Další velkou americkou společností vyrábějící gelcoaty je **Interplastic Corporation**. Firma z americké Minnesoty produkuje velké množství gelcoatu a chemikálií, které figurují při přípravě, aplikaci nebo zlepšujících vlastnosti UP. Webová stránka společnosti neoplývá nadbytkem informací týkajících se firmy samotné, ale co se týče popisu výrobků a jejich vlastností nemá na poli výrobců UP konkurenci.[18]

Mezi americké firmy vyrábějící gelcoaty patří **Ferro Corporation** z Ohia. Tato firma nabízí široké spektrum gelcoatů, které jsou specializované převážně na výrobu lodí z laminátů. Dalšími produkty jsou glazury a barviva na sklo a plasty. Velmi široký sortiment gelcoatu je výhodou této společnosti.[19]

Jako posledního výrobce gelcoatu uvedu italskou firmu **Sirca**, která se zabývá výrobou nejen gelcoatu, ale i pigmentů, barviv, vícesytných alkoholů, síranu sodného a vinylesterové pryskyřice. Centrum této středně velké společnosti čítající 600 zaměstnanců se nachází v severoitalské Padově. Společnost Sirca nabízí také odbornou pomoc svých deseti specialistů v oblasti pryskyřic.[18]

Momentálně se v České republice nevyrábí žádný polyesterový gelcoat, existuje však zde široká síť distributorů. Většina společností distribuuje gelcoaty v rámci výroby bazénů, lodí, automobilového tunningu apod. Mezi největší distributory gelcoatu a všeho co souvisí

s laminací je firma **Havel Composites**. Tato firma vyrábí širokou paletu zboží z laminátu od sportovního zboží (lodě, kajaky, pádla, běžecké hole) až po umyvadla, sprchy, trubky a také sportovní haly. Firma má zastoupení v Maďarsku, Slovensku a Polsku. Na serveru této společnosti lze objednat nejen výrobky, ale i literaturu a odbornou pomoc v oblasti laminace.[3]

2.2 Seznam komerčně dostupných výrobků

V této části jsou uvedeny komerčně dostupné polyesterové gelcoaty firem uvedených v kapitole 2.1. U každého gelcoatu jsou uvedeny informace týkající vhodného použití a základní fyzikálně - chemické vlastnosti.

Gelcoaty firmy Reichhold

Informační brožury týkající se mnoha technologickým charakteristik jsou na serveru této společnosti na vyšší úrovni. Obsahují například VOC, informace o přesném složení, bezpečnostní varování, první pomoc při potřísnění, opatření vůči vznícení a mnoho dalších informací. Ve výčtu gelcoatů jsem uvedl výrobky distribuované pouze v EU.

UP gelcoaty vyráběné firmou Reichhold:

- **NORPOL XTG** – Gelcoat obsahující neopentylglykol (NPG) ve svém řetězci, poskytující zvýšenou odolnost vůči povětrnostním vlivům, žloutnutí. Vyvinuty pro snadnou aplikaci s nízkou hodnotou VOC. Nejčastěji se používají v lodním průmyslu.
- **NORPOL GFA** – Gelcoat se zvýšenou pružností, dobrou odolností vůči dlouhodobému působení vody a proměnlivému počasí. Nevhodný pro konstrukci lodí a na sanitární výrobky.
- **NORPOL GS** – Gelcoat obsahující kyselinu isoftalovou ve svém řetězci. Zvýšená odolnost vůči slané vodě a povětrnostním jej předurčuje pro konstrukci lodí.
- **NORPOL GSA** – Obdoba NORPOL GS, obsahuje navíc urychlovače. Je možno jej aplikovat ručně i pistolí. Nejvhodnější použití je na sanitární výrobky, vesla, pádla a obecné výrobky ze sklolaminátu.

- NORPOL NGA – Vysoce kvalitní gelcoat obsahující isoftalovou kyselinu (ISO) a NPG ve svém řetězci. Odolný vůči chemikáliím za zvýšené teploty, povětrnostním vlivům, povětrnostním podmínkám. Splňuje nej přísnější kritéria a normy pro sanitární výrobky, vany, nádrže na pitnou vodu a nejkvalitnější sklolaminátové lodě.
- NORPOL SVG – Gelcoat na bázi ISO/NPG. Jedná se o nejkvalitnější UP gelcoat firmy Reichhold. Hodnota VOC je na nejnížší možné úrovni. Vynikající odolnost vůči UV záření, blednutí, nerovnoměrnosti na povrchu, agresivním chemikáliím v širokém teplotním intervalu a slané vodě. Používá se na sanitární výrobky na než jsou kladeny nejvyšší nároky, na kabiny aut a všude kde je třeba dosáhnout co nejlepších vlastností na povrchu výrobku.[12]

Gelcoaty firmy Büfa Holding

- OLDOPAL STD 771/772 S/H – Gelcoaty obsahující ve svém řetězci kombinaci kyseliny ortoftalové (OPA) a ISO. S/H v názvu znamená způsob aplikace, S znamená aplikaci pistolí a H ručně, respektive pomocí nože nebo stěrky. Jsou vhodné pro kompozitní díly v průmyslu, kanoe a nábytek.
- OLDOPAL FLEX 773/774 S/H – Gelcoaty se zvýšenou mechanickou odolností na bázi OPA/ISO. Odolné vůči ohýbání, nárazům a vibracím.
- OLDOPAL ISO 775/776 S/H – Gelcoaty obsahující ISO ve svém řetězci. Odolné vůči povětrnostním vlivům, vodě a slabým kyselinám a zásadám.
- OLDOPAL NPG 777/778 S/H – Gelcoat na bázi ISO/NPG. Nejtvrdší, ale zároveň nejkřehčí gelcoat s vysokou odolností vůči chemikáliím, vysoké teplotě a působení slané vody.
- OLDOPAL ISO 733/734 SV/V – V tomto případě zkratka SV znamená aplikaci pomocí pistole a V ručně. Gelcoat je na bázi ISO, velmi odolný vůči povětrnostním vlivům a UV záření a středně odolný vůči vodě. Nejčastější použití je při laminaci v automobilovém průmyslu a na lodě.
- OLDOPAL L 300 SV/V – Gelcoat na bázi ISO/NPG s velmi vysokou teplotní odolností a odolností vůči působení chemikálií včetně slané vody.

- OLDOPAL L 300 SV sanitary – Transparentní gelcoat na bázi ISO/NPG s nízkou teplotní stabilitou, ale vhodný pro použití na sanitární výrobky.
- OLDOPAL L 604 transparent – Gelcoat na bázi ISO s omezenou pigmentací vhodný pro výrobky s nižšími nároky na chemickou nebo mechanickou stabilitu. Aplikace je možná pomocí pistole i ručně.
- OLDOPAL SV/L – Transparentní gelcoat obsahující ve svém řetězci kyselinu ortoftalovou (OPA). Vhodný jako ochranná vrstva na kovové výrobky s vysokou stabilitou vůči UV záření. Aplikuje se pouze pomocí pistole.
- OLDOPAL S 250 V – Gelcoat na bázi ISO s omezenou pigmentací. Jeho výhodou je omezena hořlavost. Aplikuje se pouze ručně.
- OLDOPAL IND H – Bíle zbarvený gelcoat na bázi OPA. Jeho výhodou je nízká cena, je vhodný pro kompozitní díly na než nejsou kladeny zvýšené nároky. Aplikuje se pouze ručně.
- OLDOPAL SV/V sandable – Gelcoat s omezenou pigmentací na bázi OPA. Lehce brousitelný což umožňuje snadné natírání barvy na jeho povrch. Aplikace pomocí pistole i ručně.[21]

Gelcoaty firmy Scott Bader Ltd.

- LS-88 PA - Gelcoat s odolností vůči vodě a proměnlivému počasí na bázi ISO, aplikace pouze ručně.
- LS-96PA - Gelcoat obsahující malé množství styrenu se sníženou hodnotou VOC na bázi ISO, aplikace pouze pistolí.
- LS-98 PA - Obdobné vlastnosti jako LS-96 PA, ale vhodný pro venkovní použití a výrobu lodí.
- 75 PA - Vysoce viskózní, se sníženou hořlavostí gelcoat obsahující kyselinu HET.
- 12 PA - Pružný, teplotně odolný gelcoat vhodný pro náročnější aplikace na bázi ISO/NPG.
- 33 PA - Gelcoat na bázi ISO vhodný pro venkovní použití a lodní průmysl, ruční aplikace.

- 48 PA – Gelcoat na bázi ISO s omezenou hořlavostí.
- 65 PA – Gelcoat na bázi ISO vhodný pro venkovní použití a lodní průmysl, ruční aplikace.
- 69 PA - Vodě a chemikáliím odolný gelcoat na bázi ISO/NPG, ruční aplikace.
- 90 PA - Gelcoat na bázi ISO vhodný pro venkovní použití a lodní průmysl, aplikace pouze pistolí.
- 91 PA - Gelcoat na bázi ISO vhodný pro venkovní použití a lodní průmysl, aplikace pouze pistolí.
- 92 PA - Chemický odolný gelcoat na bázi ISO/NPG, aplikace pouze pistolí.
- 93 PA – Hoření odolný gelcoat na bázi ISO, aplikace pouze pistolí.
- GC 95 PA AN - Transparentní gelcoat na bázi ISO/NPG, aplikace pouze pistolí.[15]

Gelcoaty firmy Poliya

- POLIJEL 206 – Gelcoat na bázi OPA, vhodný pro běžné použití (lakované části, nábytek), nevhodný pro venkovní použití nebo do chemicky agresivního prostředí.
- POLIJEL 208 – Gelcoat na bázi OPA, vhodný pro sanitární zařízení, automobilový průmysl a nábytkářství. Nevhodný do chemicky náročnějšího prostředí a do vody, kde by žloutnul a stával se matný.
- POLIJEL F 209 Z – Snadno brousitelný, pigmentovanou pastou plněný gelcoat na bázi OPA. Zvýšená flexibilita a odolnost vůči tvorbě prasklin s následnou možností jej nalakovat jej předurčuje pro automobilový průmysl.
- POLIJEL 211 – Gelcoat na bázi OPA a speciálních glykolů modifikovaný kyselinou akrylovou, který je možno aplikovat pouze pistolí. Používá se na výrobky, kde je nejdůležitější estetická stránka. Je odolný vůči tvorbě bublin a veškerých estetických vad.
- POLIJEL 212 – Obdobné vlastnosti jako typ 211, ale je odolnější vůči vodě a vhodný pro sanitární zařízení.
- POLIJEL 213 - Gelcoat na bázi ISO/NPG, modifikovaný kyselinou akrylovou. Je odolný vůči kyselinám, zásadám, chlorované a slané vodě, UV záření, žloutnutí a

blednutí v širokém teplotním intervalu. Používá se na výrobu bazénu, tobogánů a výrobků na něž jsou kladeny zvýšené nároky.

- POLIJEL 215 – Gelcoat na bázi ISO/NPG, modifikovaný kyselinou akrylovou, flexibilní. Velká odolnost vůči vodě a proměnlivému počasí jej předurčuje pro stavbu lodí, katamaránů, kajaků. Je vhodný také pro automobilový průmysl, kde ho není třeba následně lakovat.
- POLIJEL 254 – Nehořlavý gelcoat obsahující HET plněný šedou pigmentovou pastou. Je možno jej aplikovat pouze ručně. Vhodný pro výrobky u kterých hrozí vznícení (kryty motorů, elektroizolační kryty).
- POLIJEL 220 – Gelcoat na bázi ISO/NPG, modifikovaný kyselinou akrylovou. Z důvodu velké odolnosti vůči parám styrenu a účinku separačních prostředků je vhodný pro výrobu forem na UP nebo epoxydové lamináty.[7]

Gelcoaty firmy Ashland

Na webové stránce této společnosti nejsou UP specifikované (topcoat, gelcoat, obecná UP).

Firma vyrábí dvě série UP první je AROPOL na bázi ISO a druhá HETRON, která se vyznačuje sníženou hořlavostí. [19]

Gelcoaty firmy Ferro Corporation

- SuperShield low-VOC premium gelcoat – Speciální gelcoat se sníženou hodnotou VOC a velmi malým smrštěním při vytvrzování. Barevná stálost a lesk jej předurčují pro použití v esteticky nejnáročnějším prostředí. Nejvhodnější použití je na sanitární výrobky a výrobu lodí.
- Ultra 1-NPG gelcoat – Gelcoat na bázi ISO/NPG, vysoká odolnost vůči UV záření, nárazu, blednutí, žloutnutí, slané vodě a širokému spektru chemikálií za nízkých i vysokých teplot. Nejvhodnější použití na sanitární výrobky, výrobu lodí a lodního náčiní.

- Ultra Plus-NPG/ISO gelcoat – Podobné vlastnosti jako Ultra 1-NPG gelcoat, ale s větší možností pigmentace.
- Ultra polyester-to-epoxy tiecoat – Jedná se o UP gelcoat s vysokou adhezí k epoxy laminátům
- Ultra clear gelcoat – Transparentní gelcoat na bázi NPG, odolný vůči tvorbě prasklin, vodě, chemikáliím, praskání, UV záření, blednutí a žloutnutí. Vhodný jako ochranný film na kovové části lodí, sanitární výrobky a pro biologické účely (zalévání brouku, květin, motýlů).
- Ultra sandable gelcoat – Snadno brousitelný gelcoat na bázi NPG určený k následné úpravě lakováním. Dodávaný v šedé a černé barvě. Odolný vůči tvorbě prasklin a chemikáliím.
- UltraShield high-performance gelcoat – Špičkový gelcoat na bázi NPG/ISO, vynikající vlastnosti, perfektní lesk a velmi snadná pigmentace. Určen pro výrobky, na které jsou kladeny nejvyšší nároky.
- UltraTooling gelcoat – Gelcoat vyvinutý pro tvorbu forem na UP nebo epoxy lamináty. Vysoká odolnost vůči obroušení, rozpouštědlům, nárazům a jakékoliv formě deformace. Dostupný v černé, šedé, zelené a oranžové barvě. [19]

3 ZÁVĚR

Tato práce v teoretické části shrnuje základní charakteristiky gelcoatu. Jejich přípravu z hlediska chemických reakcí a chemické kinetiky, způsobů aplikace a nejvhodnějšího použití daných typů UP gelcoatů. Uvedl jsem zmínku i o novém druhu gelcoatu, ve kterém je přítomen kovový prášek. Tato inovační technologie určitě najde na trhu velkou odezvu ať už u amatérských kutilů nebo při průmyslové výrobě. Dále jsou uvedeny vady, možnost jejich nápravy a prevence vzniku určitých druhů vad. I když není možné předejít většině vad, tak při správné aplikaci a zvolení vhodného druhu gelcoatu můžeme výrazně zvýšit životnost a kvalitu produktu. U každé vady je uveden obrázek, který nemusí přímo odpovídat vzhledu dané vady v praxi. Důvodem je různá pigmentace nebo přítomnost plniva v gelcoatu.

Praktická část se zabývá největšími výrobci UP gelcoatů. Jedná se většinou o nadnárodní společnosti, které vznikly fúzí několika společností a až na pár výjimek mají zastoupení po celém světě popř. Evropě. Většina firem zabývajících se výrobou gelcoatů poskytuje i odbornou pomoc při zvolení vhodného druhu nebo při jejich správné aplikaci. Webové stránky obsahují i různé příručky, rady a diskusní fóra týkající se problematiky laminace a aplikace pryskyřic včetně výztuže. Výrobců UP gelcoatů není mnoho, ale dostupnost daných typů výrobků je díky rozsáhlé síti distributorů zabývajících se kompozity nebo laminací velmi dobrá. Nejčastější distributoři gelcoatu v České republice se zabývají problematikou laminace, a všeho co s ní souvisí, komplexně. Ve většině případů se jedná o společnosti, které vyrábějí bazény, vany, umyvadla, kajaky, jachty (a náčiní pro vodní rekreaci nebo lodní průmysl) nebo doplňky pro automobilový průmysl. Velký význam gelcoatů je také v oblasti automobilového průmyslu. Sklolaminátové kompozity se používají na výrobu doplňků automobilového tuningu nebo při renovaci poškozených nebo zkorodovaných karosérií. Velký rozmach v této oblasti a dobré vyhlídky do budoucna má výroba sklolaminátových bazénů, výhodou je zhotovení bazénu na míru a relativně nízká cena a široký sortiment doplňků. Jednou z nevýhod je změna barvy povrchu bazénu vlivem UV záření, chlorované vody nebo stárnutím materiálu. Výzkum v oblasti barevných změn a pevnostních vlastností gelcoatu sklolaminátových bazénů je zájmem mnoha vědců i firem. Sklolaminátové kompozity jsou centrem zájmu nejen firem, které vyrábějí bazény, ale i výrobců letadel nebo komponentů pro vesmírný výzkum, kde nahrazují běžně používané kovy nebo jejich slitiny.

PŘEHLED SYMBOLŮ A ZKRATEK

°C - stupeň Celsia

Da - Dalton (jednotka molekulové hmotnosti $1 \text{ Da} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ - gram na metr čtverečný

HET - kyselina hexachlorendomethylenetetrahydroftalová

ISO - kyselina isoftalová

k_{ij} - rychlostní konstanta reakce

mm - milimetr (10^{-3} m)

m,n - počet monomerních jednotek

NPG - neopentylglykol

OPA - kyselina ortoftalová

SiO_2 - oxid křemičitý

T_m - bod tání

TUBITAK - Türkiye Bilimsel ve Teknik Arastirma Kurumu (Turecká akademie věd)

UP - nenasycená polyesterová pryskyřice (z angličtiny unsaturated polyester resin)

UV - ultrafialové záření (angl. ultra violet)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 :</i> Vinylesterová pryskyřice.....	7
<i>Obr. 2 :</i> Epoxy pryskyřice	8
<i>Obr. 3 :</i> Část řetězce polyuretanového gelcoatu (eterifikovaný but-1,4-diolem)	8
<i>Obr. 4 :</i> Izomerizace kyseliny maleinové na fumarovou.....	10
<i>Obr. 5 :</i> Nejčastěji používané modifikující dikarboxylové kyseliny.....	10
<i>Obr. 6 :</i> a) anhydrid kys.tetrachloroftalové, b) anhydrid HET	11
<i>Obr. 7 :</i> Styren	11
<i>Obr. 8 :</i> Diallylftalát	11
<i>Obr. 9 :</i> Vakuový systém s pistolí pro nástřik gelcoatu.....	16
<i>Obr. 10 :</i> Typický laminát ve formě	16
<i>Obr. 11 :</i> Vetření gelcoatové pasty do trhliny	19
<i>Obr. 12 :</i> Rybí oka na povrchu gelcoatu.....	20
<i>Obr. 13 :</i> Nerovnoměrnost na povrchu gelcoatu	20
<i>Obr. 14 :</i> Nízka adheze gelcoatu k povrchu	21
<i>Obr. 15 :</i> Svráštělý – popraskaný povrch gelcoatu.....	21
<i>Obr. 16 :</i> Puchýřky na povrchu gelcoatu způsobené dlouhodobým působením slunečního svitu	22
<i>Obr. 17 :</i> Puchýřky na povrchu gelcoatu způsobené dlouhodobým působením vody.....	22
<i>Obr. 18 :</i> Separace pigmentu z povrchu gelcoatu.....	23
<i>Obr. 19 :</i> Blednutí gelcoatu	24
<i>Obr. 20 :</i> Praskání gelcoatu	24
<i>Obr. 21 :</i> Viditelná vlákna výztuže resp. Fibre pattern na povrchu gelcoatu	25
<i>Obr. 21 :</i> Porózní vzhled gelcoatu.....	25
<i>Obr. 22 :</i> Stékání gelcoatu.....	26
<i>Obr. 23 :</i> Gelcoat obsahující prach a jiné nečistoty.....	26
<i>Obr. 24 :</i> Povrch gelcoatu při předběžném uvolnění výrobku z formy	28

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. WEATHERHEAD, R. G.: FRP technology. Fibre Reinforced Resin Systém. Applied Science Publishers Ltd., London 1980
2. NUHLÍČEK – OSAĐAN: Termosety. Slovenské vydavateľství technické literatury, Bratislava 1959
3. CFS Fibreglass – Cold Cast Metal Casting [online]. [cit. 2005-04-15]. Dostupný z URL: <http://www.cfsnet.co.uk/project-coldcast.html>
4. SAHLI – GRANGER – VERGNAUT, Modeling the cure of gelcoat film made of unsaturated polyester - Faculty of Science, University of Saint Etienne, France
5. MLEZIVA, J.: et al.: Polyestery – jejich výroba a zpracování. SNTL, Praha 1978
6. Technologie nástřiku polyesterů [online]. [cit. 2005-04-15]. Dostupný z URL: <http://www.tvi-pur.cz/index2.php?id=5>
7. Polia Gelcoat Groups [online]. [cit. 2005-04-15]. Dostupný z URL: http://www.poliya.com.tr/poliya_products_polijel_gelcoat.htm
8. Gelcoat Scratch Repair [online]. [cit. 2005-04-15]. Dostupný z URL: http://www.poliya.com.tr/poliya_products_polijel_gelcoat.htm
9. SIDORENKOVÁ, J.: Vytvrzovací charakteristiky nenasyčených polyesterových pryskyřic. Studentská práce, FT UTB, Zlín 2004
10. NORPOL GELCOAT – Your guideline for better quality, příručka firmy NORPOL
11. SPOLCHEMIE – Proces transformace [online]. [cit. 2005-04-15]. Dostupný z URL: <http://www.ssrip.cz/pub/2fa9a5d8-e760-4497-a33c-bb0faeaabb4f.aspx>
12. Reichhold – About Reichhold [online]. [cit. 2005-04-15]. Dostupný z URL: <http://www.reichhold.com/company/>
13. BÜFA HOLDING [online]. [cit. 2005-04-19]. Dostupný z URL: <http://www.buefa.de>
14. Fibre Glast [online]. [cit. 2005-04-20]. Dostupný z URL: <http://www.fibreglast.com>
15. SCOTT BADER [online]. [cit. 2005-04-20]. Dostupný z URL: <http://www.scottbader.com>

-
16. poliya – poliester [online]. [cit.2005-04-20]. Dostupný z URL: <http://www.poliya.com.tr>
 17. Ashland [online]. [cit.2005-04-20]. Dostupný z URL: <http://www.ashchem.com>
 18. Interplastic Corporation [online]. [cit.2005-04-20]. Dostupný z URL: <http://www.interplastic.com/>
 19. FERRO – The performance materials company [online]. [cit.2005-04-20]. Dostupný z URL: <http://www.ferro.com>
 20. Sirca [online]. [cit.2005-04-20]. Dostupný z URL: <http://www.sirca.it/>
 21. Gelcoat systemy Büfa – Oldopal [online]. [cit.2005-04-27]. Dostupný z URL: http://www.skolil.cz/skolil/sekce2/Oldopal_gelcoat_special.htm