

Verze: 15. prosince 2011

### Použití

Epoxidová pryskyřice ve formě fólie určená pro patentovanou Letoxit Foil Technologii (LF Technology), což je technologie suché laminace, která je zvláště vhodná pro výrobu laminátových struktur s přesně definovaným obsahem výztuže a pryskyřice. Epoxidové pryskyřice Letoxit Foil je také možno použít v kombinaci s prepregy v případech, kdy je nutno zvýšit podíl pryskyřice v daném místě.

Je použitelná pro všechny typy běžných výztuží. Nejčastěji jsou používány různé typy skleněných, uhlíkových i kevlarových tkanin. Lze použít i jednosměrně orientované výztuže či 3D tkaniny. Zvláště je vhodná pro výrobu sendvičových dílů, včetně voštinových konstrukcí. Vyrobený laminát se vyznačuje dobrými mechanickými vlastnostmi při namáhání v rozmezí teplot  $-75^{\circ}\text{C}$  až  $+100^{\circ}\text{C}$ , a proto se používá pro díly letadel i pozemních dopravních prostředků.

### Vzhled

Pryskyřice má formu světle zelené průsvitné fólie síly 0,1 – 0,7 mm (dle přání zákazníka), pružné a tvárné při pokojové či zvýšené teplotě.

### Druh

Epoxidová pryskyřice s obsahem vytvrzovacího systému, ohnivzdorná dle FAR Part 25

### Postup při laminaci

Laminát se vyrábí prokládáním fólie a výztuže tak, aby byl dodržen požadovaný předem určený poměr výztuže a pryskyřice. Z foliové pryskyřice Letoxit Foil se vystříhne nůžkami, případně vyřízne nožem nebo vysekne vhodným nástrojem, potřebný tvar odpovídající tvaru lepených ploch. Z vystříženého dílu se stáhne krycí papír a díl pryskyřice se přiloží na vrchní vrstvu výztuže, přitiskne se a uhladí tak, aby pod pryskyřicí nevznikly sklady výztuže. Výztuž musí být také správně navolněná, aby dokonale vyplnila formu. Pak se stáhne druhá krycí polyetylenová folie a přiloží se další vrstva výztuže. Tímto způsobem se pokračuje, dokud není sestaven požadovaný počet vrstev výztuže. Doporučuje se pracovat při tzv. teplotě manipulace, což je teplotní rozsah vymezující zpracovatelnost materiálu Letoxit Foil. Pod teplotou manipulace je materiál příliš křehký a láme se a nad teplotou manipulace je Letoxit Foil již příliš tvárná a přilnavá. Teplota manipulace je od  $15$  do  $35^{\circ}\text{C}$  s tím, že nejlepší zpracovatelnost je mezi  $20$  a  $30^{\circ}\text{C}$ . Při sestavování tvarových ploch a složitějších sestav je vhodné použít horkovzdušnou pistoli, zvláště tam, kde není možno použít tzv. teplý stůl. Lze prokládat střídavě výztuž a vrstvy foliové pryskyřice Letoxit Foil nebo uložit jednu silnou vrstvu foliové pryskyřice Letoxit Foil a několik vrstev výztuže. Je nutné, aby mezi formou a vrstvou foliové pryskyřice Letoxit Foil byla alespoň jedna vrstva výztuže. Množství použité Letoxit Foil musí být dostatečně vysoké, aby zaplnilo veškerý volný prostor ve struktuře použité výztuže. Minimální množství výztuže lze vypočítat z následujícího vzorce:

$$m_{LF} / \rho_{LF} + m_R / \rho_R = t_C$$

kde  $m_{LF}$  je plošná hmotnost Letoxit Foil ( $\text{g}/\text{m}^2$ ),  $\rho_{LF}$  je hustota Letoxit Foil ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  $m_R$  je plošná hmotnost výztuže ( $\text{g}/\text{m}^2$ ),  $\rho_R$  je hustota výztuže ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) a  $t_R$  je tloušťka výztuže ( $\rho\text{m}$ ).

Lze spočítat jak plošnou hmotnost vrstev výztuže, tak i Letoxit Foil. Příklady hustot některých výztuží naleznete v následující tabulce.



Na Záhonech 1177  
686 04 KUNOVICE  
Česká republika

tel: +420 572 433 711  
fax: +420 572 433 700  
email: 5M@5M.cz

www.5M.cz  
LETOXIT® je registrovaná ochranná známka

| Druh výztuže | Hustota (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------|------------------------------|
| E-sklo       | 2,58                         |
| S2-sklo      | 2,46                         |
| Uhlík        | 1,76                         |

Ze složené kompozice výztuž-Letoxit Foil se před vytvrzováním evakuuje vzduch pod vakuem. Požadovaný tlak je 0,075-0,09 MPa. Složenou kompozici je nutno ponechat pod vakuem dostatečně dlouhou dobu, aby tlak ve všech místech laminátu dosáhl požadované hodnoty. To je důležité zvláště v případě rozměrných výrobků a výrobků s velkým počtem vrstev. Pro lepší evakuaci vzduchu před vytvrzováním je doporučeno foliovou pryskyřici Letoxit Foil perforovat např. ostnatým válečkem. Takto složená struktura se vytvrzuje ve formě za zvýšené teploty pod vakuem, příp. v lisu či autoklávu. Pryskyřici je také možno přidávat k prepregům přiložením na místo, kde je požadován zvýšený obsah pryskyřice. Dále se postupuje jako při zpracování prepregů. Důkladnou evakuaci vzduchu a dostatečným rozdílem tlaku lze docílit dokonalé impregnace vláken po zahřátí a tím i výsledného kompozitu kvalitou srovnatelného s prepregy, a to i bez nutnosti použít autokláv.

### Vytvrzování

Fóliová pryskyřice Letoxit Foil LFX 055 se obvykle vytvrzuje při teplotě 120-125°C po dobu 60 minut. Laminát se v průběhu vytvrzování fixuje tlakem 0,075-0,09 MPa. Během zahřátí folie dochází ke dvěma procesům:

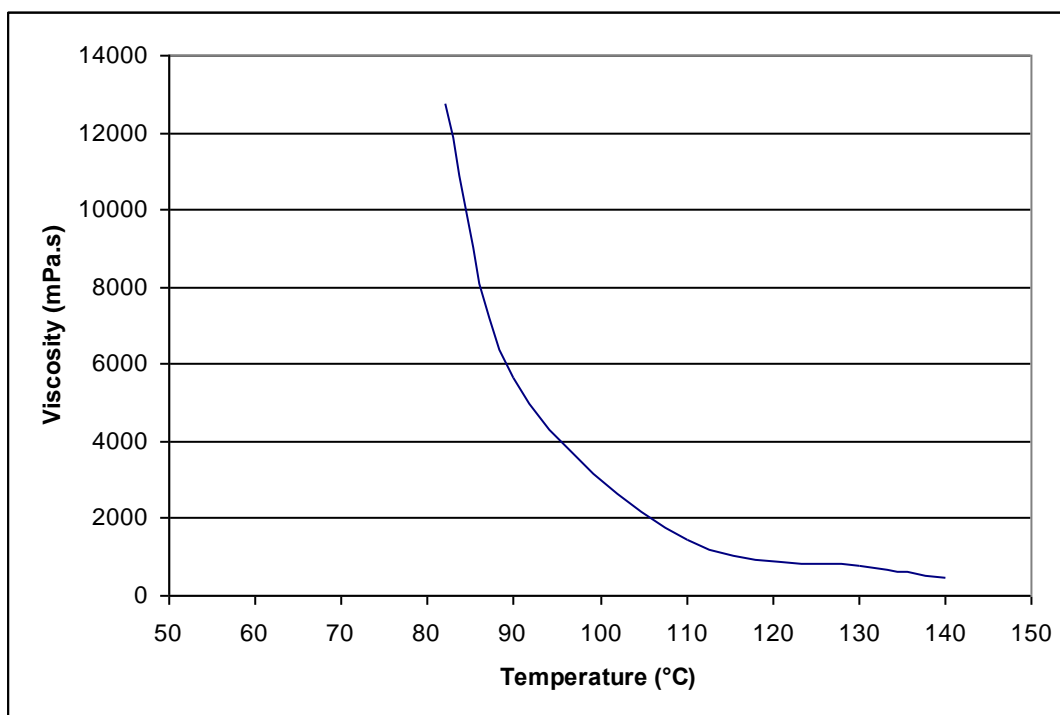
- 1/ Viskozita materiálu Letoxit Foil se s rostoucí teplotou snižuje a dochází k impregnaci suché výztuže
- 2/ Epoxidová pryskyřice začne za zvýšení teploty vytvrzovat působením tvrdidel.

Během vytvrzování za zvýšené teploty je tedy nutno zajistit dostatečný čas pro impregnaci suché výztuže před tím, než přejde Letoxit Foil do bodu gelace, kdy již materiál není schopen toku a tedy smáčct suchou výztuž. Z toho důvodu je stanovena:

- *Teplota impregnace*, což je nejnižší teplota, při které je viskozita Letoxit Foil dostatečně nízká, aby byla schopna impregnace suché výztuže. V případě pryskyřice LFX 056 je teplota impregnace 70°C. Při vyšších teplotách je impregnace snazší, ale čas pro tok pryskyřice kratší.

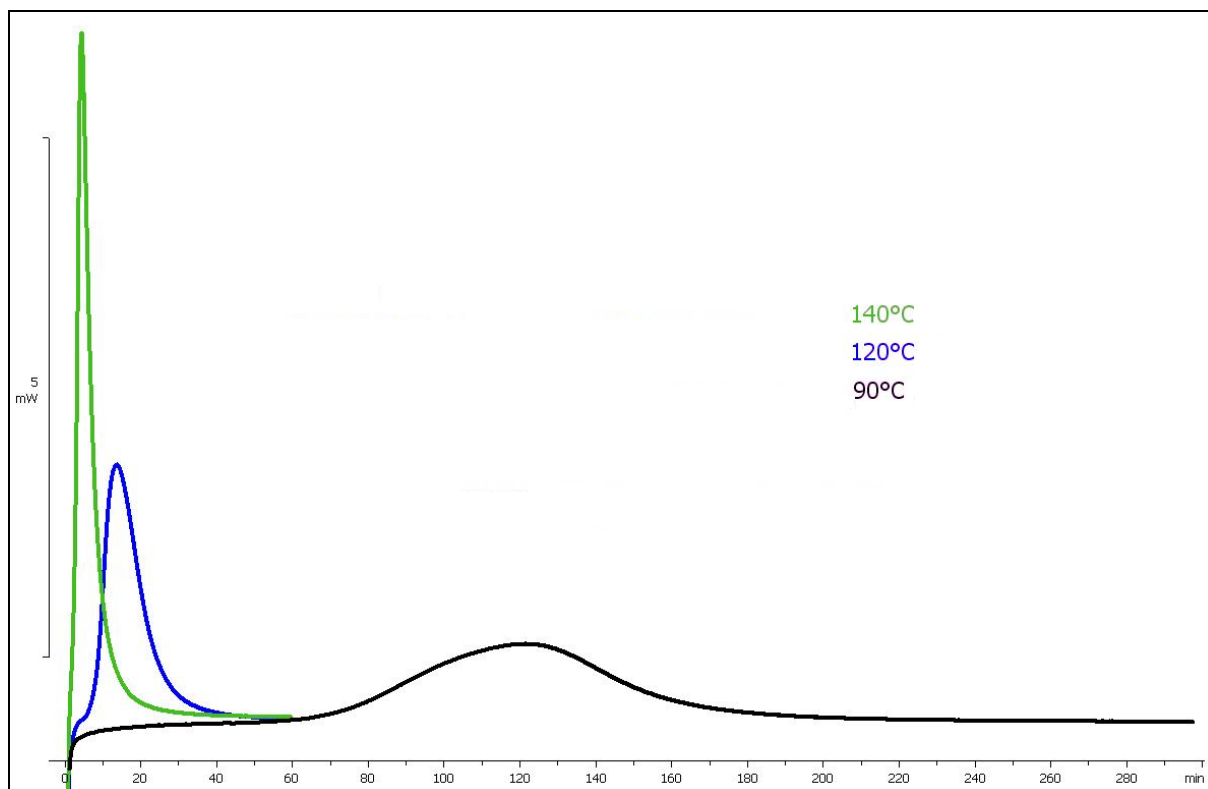
-

- *Teplota vytvrzování*, což je teplota, při které dojde za stanovenou dobu (čas) k vytvrzení pryskyřice.

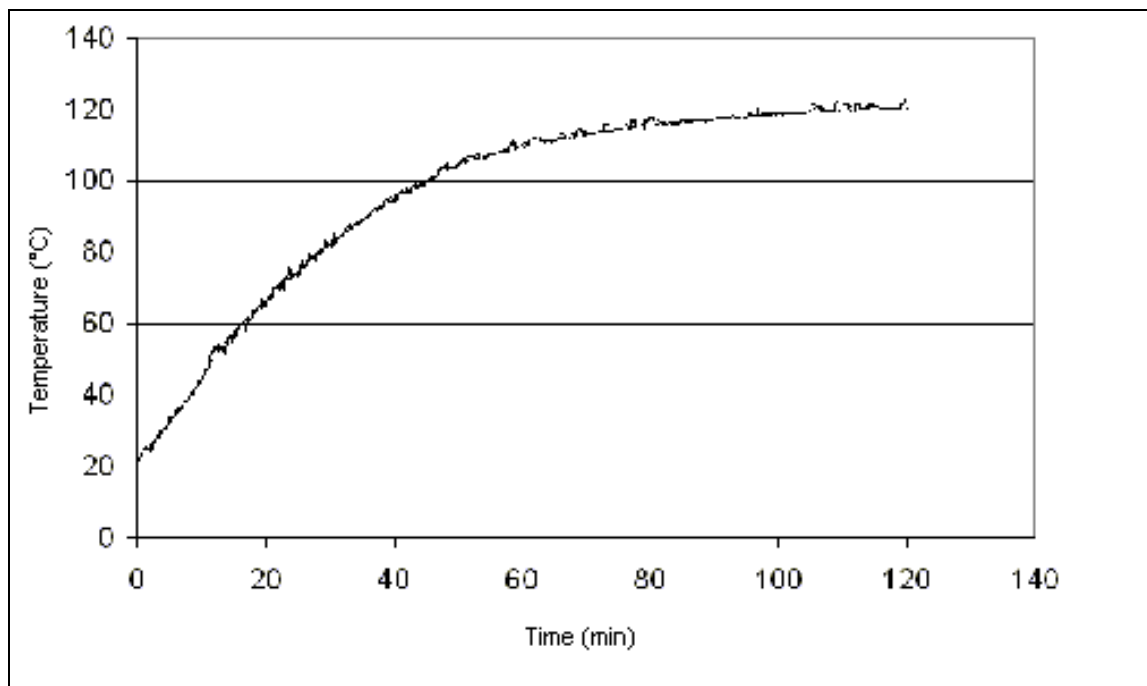


Graf závislosti viskozity LFX 056 na čase při různých teplotách

Doba vytvrzování se počítá od okamžiku, kdy teplota ve vyráběném laminátu dosáhne uvedené teploty. Při přípravě laminátu, ani při vytvrzování se neuvolňují žádné těkavé látky. Laminát je možno vytvrzovat i při nižších teplotách, viz. následující graf a tabulka vytvrzovacích teplot a vlastností.



Graf závislosti rychlosti reakce na čase při konstantních teplotách vytvrzování. 90, 120 a 140°C. Měřeno na DSC.



Graf závislosti teploty uvnitř směsi karbonové tkaniny a Letoxit Foil 2,3 mm silné vrstvy. Směs byla vytvrzena pod vakuem v ocelové formě při 120°C v sušárně.

Je nutno, aby vytvrzovaná kompozice byla na teplotě vytvrzování nejméně minimální dobu vytvrzování. Je nutno ověřit, že teplota vytvrzování je dosažena v celém průřezu vytvrzované kompozice. Teplotu uvnitř vytvrzované kompozice je možno měřit např. termočlánkem.

### Vlastnosti Letoxit Foil LFX 056

|  |         |         |       |
|--|---------|---------|-------|
| <b>Hustota nevytvrzené pryskyřice (g/cm<sup>3</sup>)</b> | 1,27    | 1,27    | 1,27  |
| Teplota vytvrzování (°C)                                 | 90      | 120     | 140   |
| Peak (min)   | 121     | 13,7    | 4,5   |
| Minimální doba vytvrzování (min)                         | 200     | 40      | 20    |
| Doporučená doba vytvrzování (min)                        | 300     | 60      | 40    |
| <b>Vlastnosti čisté pryskyřice*</b>                      |         |         |       |
| Hustota (g/cm <sup>3</sup> )                             | 1,31    | 1,31    | 1,31  |
| Smrštění (%)   | 3,1     | 3,1     | 3,1   |
| Tvrdość Barcol   | 30-35   | 30-35   | 30-35 |
| Tg (°C)  | 80      | 120     | 120   |
| Maximální napětí v ohybu (MPa)                           | 95      | 110     |       |
| Modul pružnosti v ohybu (GPa)                            | 3,6-3,7 | 3,3-3,4 |       |
| Rázová houževnatost (kJ/m <sup>2</sup> )                 | 18      | 22      |       |

\* Uvedené vlastnosti vytvrzené pryskyřice byly naměřeny po vytvrzování při dané teplotě a doporučené době vytvrzování

Verze: 15. prosince 2011

Kompozici vytvořenou v rámci LF Technologie je možno vytvrdit na nižší stupeň konverze, cca 70% a dotvrzovat již mimo formu. Nedotvrzená kompozice je však velmi křehká!

### Vlastnosti laminátu vyztuženého sklem \*\*

|  |      |
|--|------|
| Hustota (g/cm <sup>3</sup> )             | 1,59 |
| Obsah pryskyřice (%)                     | 50   |
| Maximální napětí v ohybu (MPa)           | 480  |
| Modul pružnosti v ohybu (GPa)            | 15   |
| Rázová houževnatost (kJ/m <sup>2</sup> ) | 165  |

\*\* Uvedené vlastnosti vytvrzeného kompozitu byly naměřeny po vytvrzování při teplotě 120°C a doporučené době vytvrzování 60 min. Složení kompozitu: 12 vrstev skla plátňová vazba 163 g/m<sup>2</sup> a 8 vrstev Letoxit Foil LFX 056, 200 g/m<sup>2</sup>.

### Balení

Pryskyřice je dodávána ve formě fólie šíře 250 mm nebo 1000 mm, chráněná z jedné strany polyetylenovou fólií a z druhé strany separačním papírem. Je namotána na dutince v roli o celkové váze max. do 10 kg (obvykle se však dodávají role o váze asi 5 kg - dle přání zákazníků).

### Skladování

Pryskyřici lze bez změny vlastností skladovat 1 měsíc při teplotě do +20°C, 3 měsíce při teplotě +5°C a až 1 rok při teplotě -18°C. Při dopravě a skladování nesmí být překročena teplota +30°C.

### Bezpečnost při práci

viz bezpečnostní list

### Výrobce a dodavatel

5M s.r.o.  
Na Záhonech 1177  
686 04 Kunovice  
Česká Republika

**Letoxit®** je registrovaná známka společnosti 5M s.r.o.



Na Záhonech 1177  
686 04 KUNOVICE  
Česká republika

tel: +420 572 433 711  
fax: +420 572 433 700  
email: 5M@5M.cz

www.5M.cz  
LETOXIT® je registrovaná ochranná známka