

Kompozity

Jako kompozity se označují materiály, které jsou složeny ze dvou nebo více složek, které se výrazně liší fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Spojením těchto složek vznikne zcela nový materiál s unikátními vlastnostmi. Které nemohou být dosaženy kteroukoli složkou samostatně, ani prostou sumací. Kompozity jsou ve stavebnictví známy a užívány již tisíce let. Příkladem můžou být stavby z doby kamenné, jež tvořila sláma zapracovaná do hlíny. Novodobým příkladem je pak železobeton, kde jsou tahové síly přenášeny ocelovou výztuží, tlakové zase betonem.

Významnými typy kompozitů jsou plasty vyztužené různými druhy vláken. Podle délky vláken je lze rozdělit do dvou skupin. Syntetické materiály vyztužené krátkými vlákny tzv. krátkovláknové (poměr délka/průměr $L/D < 100$) a syntetické materiály vyztužené dlouhými vlákny tzv. dlouhovláknové ($L/D > 100$ tj. vlákna s délkou rovnou rozměrům celého dílce). Krátkovláknové kompozity se používají především pro injektované výlisky nebo pro extrudované plastové výrobky. Dlouhovláknové kompozity se často používají u velkých konstrukcí jako jsou lodě, tlakové nádoby, křídla větrných turbín. Principem vlastního vláknového vyztužení je skutečnost, že vyztužující vlákna, mající o jeden až dva řády vyšší pevnost a tuhost ve srovnání s pojivem (polymerní matricí), se při vnějším namáhání deformují méně než polymer. Dochází tak ke vzniku smykových sil na rozhraní vlákno/polymer, které v případě adheze mezi oběma komponentami umožňují přenos veškerého napětí z nepevné matrice do vláken. Ta jsou schopna nést veškerá napětí působící na kompozitní dílec, takže nepevné ale deformovatelné pojivo je prakticky bez napětí.

Použitím kompozitu místo tradičního materiálu, jako je například ocel, dochází k značnému snížení hmotnosti. To je dáno nízkou hmotností vlastního kompozitu, specifickými vlastnostmi jednotlivých složek a možností vytvořit kompozit přímo pro daný účel. Protože jde o kombinaci materiálů, můžou se kompozity navrhovat s ohledem na specifické vlastnosti, které přinášejí řadu výhod v porovnání s tradičními materiály, např. odolnost proti chemikáliím, elektrické a teplotní izolační vlastnosti atd.

V průběhu posledních desetiletí dochází stále častěji k upřednostňování kompozitních materiálů. Tento nárůst lze vysvětlit novými a stále se rozšiřujícími poznatky mechanických vlastností kompozitů, jejich odolností a životností. To umožnilo jejich specifičtější používání a snížilo bezpečnostní součinitele na přijatelnou úroveň.

Pultruze

Základním odvětvím využívajícím kompozitní materiály byl a je kosmický průmysl. Pro své specifické vlastnosti se však kompozity brzy rozšířily i do ostatních průmyslových odvětví.

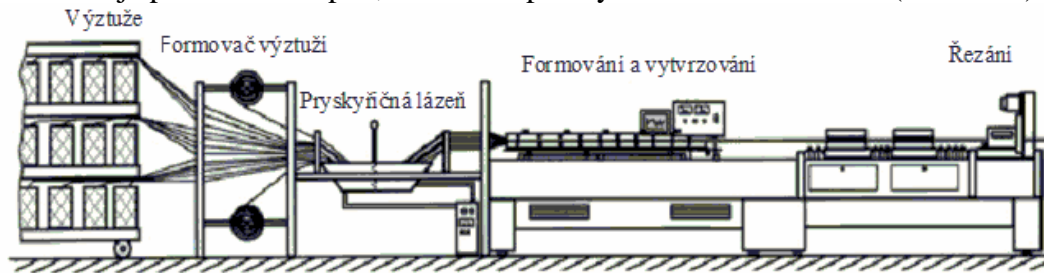
Pultruze představuje kontinuální výrobní proces kompozitních profilů, jež mají konstantní příčný řez a jsou využívány pro specifické účely. Metoda zajišťuje opakovaně konstantní kvalitu. Jde o proces, který se bez větších zásahů používá od 50. let minulého století.

Pultruze je založena na tažení vyztužujícího materiálu (vláken), který je tažen přes naváděcí prvky. Jimi se vlákna precizně rozmisťují podle tvaru příčného řezu výrobku. Následně jsou možné dva způsoby jejich kontaktu s matricí. Vlákna jsou buďto vedena skrz impregnační vanu, kde se prosycují matricí a tato směs prosycených vláken a matrice se vede do formy, kde dojde ke konečnému zformování a k vytvrzení do požadovaného tvaru. Druhou možností je tzv. vstřikování, při němž dochází k vtažení výztuže do formy, do které je vstřikována pryskyřice. Ve formě je profil prohříván a dochází k jeho vytvrzování. Ke konečnému

vytvrzení dochází v poslední části (zóně) výrobního zařízení. Profil opouštějící výrobní zařízení je zcela tvarově stálý a pevný.

Injektážní metoda je zcela uzavřený proces, který udržuje vypařování rozpouštědel na minimální úrovni. Tím se zajišťuje dobré pracovní prostředí v porovnání s tradiční pultruzí, kde se výztuž vede otevřenou vanou obsahující matrici.

Následně je profil tažen k pile, která řeže profily na stanovenou délku (viz obr. 1).



Obr. 1 – Pultruzní linka.

Tažná síla překonávající odpory ve výrobním zařízení – a tím také pohonná síla v procesu – se vyvíjí tažným zařízením umístěným na konci výrobního zařízení. Tažení je zajištěno pásy nebo recipročními tahači. V průběhu závěrečné fáze procesu se profily řežou pilou pohybující se stejnou rychlostí jako vytahovaný profil. Tak je zajištěna kontinuita výrobního procesu.

Na příčném řezu profilu je možné zkontrolovat skutečné rozmístění vláken a rohoží. To je důležité z hlediska vlastností a kvality konečného produktu. Stupeň impregnace vláken je dalším rozhodujícím faktorem ovlivňujícím vlastnosti konečného výrobku.

Profil vyrobený pultruzí obsahuje tři základní složky: výztuž, matrici a aditiva (přísady).



Obr. 2 – Tažený profil.

Výztuž

Úkolem výztuže v kompozitním materiálu je především zajistit mechanické vlastnosti materiálu, jako je pevnost a tuhost. Avšak i elektrické vlastnosti závisejí na výztuži, a proto typ výztuže má klíčový vliv na vlastnosti profilu. Běžně užívaným typem výztuže je skleněné vlákno, uhlíkové vlákno a kevlarové vlákno. Skleněné vlákno dává kompozitu všeobecně dobré vlastnosti, zatímco uhlíková vlákna dodávají vysokou tuhost. Kevlarová vlákna umožní, aby profil odolával rázům. Profily vyztužené skleněným vláknem zajišťují elektrickou izolaci i elektromagnetickou transparentnost, zatímco karbonová vlákna zajišťují elektrickou vodivost profilů.

Prostorové uspořádání výztuže má zásadní vliv na schopnost materiálu přenášet zatížení.

Profily vyráběné v GDP KORAL s. r. o. jsou kombinací různých typů rovingů, tkanin a rohoží.

Konstrukční profily jsou často vystaveny zatížení, které působí kolmo k jejich délce (tj. kolmo ke směru pultruze). Tyto profily musí být schopné odolávat tahům a také napětí vyvolanému při odstraňování šroubů atd. Proto se používá nejen jednosměrně orientovaný roving, nýbrž také roving s příčně orientovanými vlákny. Navíc se používají i rohože a tkaniny s různou orientací vláken. Rohože a tkaniny s orientací vláken mezi 45° a 90° zásadně zvyšují odolnost proti napětí vyvolanému při odstraňování šroubů a zlepšují mechanické vlastnosti v příčném směru. Kombinace rovingů a rohoží může být navrhována podle požadavků. Obsah výztuže v konstrukčních profilech činí přibližně 60% hmotnosti. Všechny konstrukční profily GDP KORAL s. r. o. obsahují kombinace rovingů a rohoží. Proto konstrukční profily GDP KORAL s.r.o. vždy splňují mechanické vlastnosti uvedené v tomto design manuálu.

Typy rovingů



jednosměrný



objemovaný



mock roving



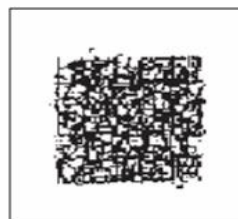
Typy rohoží



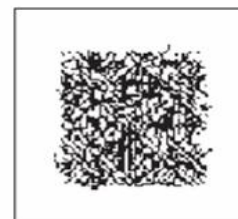
kontinuální rohož
náhodná orientace vláken



tkanina
 $0^\circ/90^\circ$



kombinovaná rohož
 $0^\circ/90^\circ$ membrána + rohož



biaxiální rohož
 $0^\circ/\pm 45^\circ/90^\circ$ tkanina + rohož

Obr. 3 - Typy rovingů a tkanin.

Má-li být profil vystaven agresivnímu prostředí použije se na ochranu povrchu rouška, která může být z tenké skleněné rohože, tenké polyesterové rohože nebo rohože akrylové. Rouška chrání skleněná vlákna proti rozrušování a následnému zhoršení mechanických vlastností profilu.

Pultruzní proces vyžaduje, aby určitý počet vláken byl orientován ve směru pultruze. U zbylé části vláken může být orientace volena dle zatížení, kterému bude profil vystaven. Je důležité si uvědomit, že profily, které neslouží jako konstrukční mohou mít mechanické vlastnosti, které jsou výrazně odlišné od hodnot uvedených v tomto Design manuálu.

Matrice

Úlohou matrice v kompozitním profilu je jak spojovat výztuže dohromady, tak zajistit správné rozmístění výztuže v příčném řezu tak, aby byly zajištěny dobré mechanické vlastnosti. Druh matrice určuje také další vlastnosti, jako je odolnost proti korozi, elektricko-izolační vlastnosti, odolnost proti teplotě a ohni. Následující tři typy matric jsou velice vhodné pro pultruzní proces:

polyesterové
epoxidové
fenolové

Polyester

Polyester je nejvíce používanou matricí, dodává kompozitu všeobecně dobré vlastnosti.

Nenasycený polyester se může dělit na tři hlavní skupiny: ortoftalový polyester, isoftalový polyester a vinylester. Ve vztahu k ortoftalovému polyesteru má isoftalový polyester vyšší odolnost proti rázu, je více flexibilní a i jeho odolnost vůči teplotě a korozi (degradaci) je vyšší. Celkově mají polyesterové pryskyřice dobré mechanické, elektrické a chemické vlastnosti. Polyestery jsou vhodné do slabě alkalického prostředí a vynikající do slabě kyselého prostředí.

Vinylesterové pryskyřice kombinují nejlepší charakteristiky polyesterových a epoxidových pryskyřic. Vinylestery mají dobrou odolnost v kyselém i alkalickém prostředí, zvláště ve vysokých teplotách. Skelným vláknem vyztužené vinylesterové profily mají dobrou tepelnou i elektrickou izolaci. Na epoxidech založené vinylesterové pryskyřice mají dobrou chemickou odolnost ve zvýšených teplotách.

Epoxid

Epoxidy mají vynikající mechanické a elektrické vlastnosti a jsou běžně užívány s kvalitními výztužemi např.: s uhlíkovými vlákny nebo i se skleněnými, pokud je podíl výztuže velmi vysoký. Mají dobré elektroizolační vlastnosti v široké oblasti teplot, cenná je i jejich značná odolnost proti vodě, roztokům alkálií i kyselin a některým rozpouštědlům.

Fenol

Fenolické pryskyřice se používá, je-li požadována vysoká odolnost proti ohni, vysoká tepelná odolnost, malý vývin kouře a omezování plamene při hoření.

Přísady (aditiva)

Jako přísady se běžně označují činidla, která se přidávají do matrice. V závislosti na jejich účinku se mohou přísady dělit na tři základní skupiny: přísady redukující cenu, přísady ovlivňující výrobní proces a přísady ovlivňující funkce. Použitím jakékoli přísady se však vždy ovlivní odolnost profilů proti korozi, mechanické a požární vlastnosti.

Přísady redukující cenu*

Jedinou funkcí přísad ovlivňujících cenu je vyplnit tvar profilu. Použití takové přísady, umožní redukovat množství mnohem dražšího vyztužujícího materiálu a matrice. Tak je možno snížit cenu vyrobeného profilu. Profily mají významně nižší mechanické vlastnosti, sníží-li se objem vyztužení. Navíc mnoho typů přísad redukujících cenu zmenší i odolnost proti korozi vůči většině chemikálií.

*Často označované jako plniva.

Přísady ovlivňující výrobní proces

Přísady ovlivňující výrobní proces jsou složky pozitivně působící na proces pultruze, na vlastnosti a vzhled vytvrzeného profilu. Příkladem toho je např. nízkosmršťovací přísada pro LP (low profile) profily, která se používá k zabránění nadměrného smrštění v průběhu vytvrzování. Přísada zabraňuje vytváření trhlinek na povrchu, což zlepšuje odolnost profilu proti korozi, stejně tak jako únavové vlastnosti. Také dodává profilu přesnější rozměrové tolerance a menší vnitřní pnutí.

Přísady ovlivňující funkce

Přísady ovlivňující funkce mají kladný vliv na používání hotového profilu. Příkladem může být přidávání pigmentu. Jiným příkladem jsou retardéry hoření. Přidávají se za účelem získání samozhášivosti a omezení šíření požáru.

Množství těchto přísad může být tak veliké, že dojde k ovlivnění mechanických vlastností profilu.

Profily uvedené v tomto Design manuálu byly testovány na přiměřený obsah přísad ovlivňujících výrobní proces a funkci.