

Příloha 1: Rešerše – Přehled současných výrobců kompozitů s termoplastickou maticí a karbonem, kevlarem či čedičem

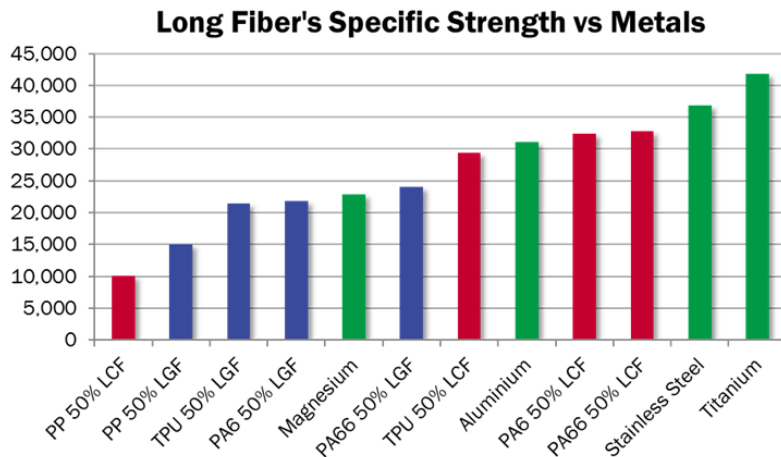
Následující sekce této práce nabízí přehled současných výrobců kompozitů s termoplastickou maticí a karbonem, kevlarem či čedičem a zohledňuje celosvětový trh. Jsou zde shrnuty informace jako název a sídlo firmy, délka působení na trhu, typ produktu, vlastnosti produktů uváděné výrobcem a případné primární využití, je-li uvedeno. Další relevantní informací by byla technologie výroby těchto kompozitů, tu se ale nepodařilo dohledat z veřejně dostupných zdrojů (webové stránky výrobců), pravděpodobně kvůli snaze výrobců bránit svoje „know-how“. V přehledu jsou obsaženy následující společnosti: **PlastiComp, Avient Corporation, Ensigner, Covestro a Mitsui Chemicals**, které vyrábí kompozity s karbonovými vlákny, popř. s kombinací karbonových a skleněných vláken. Dále **Evonik** vyrábí kompozity se skleněnými, uhlíkovými nebo aramidovými vlákny, ale přesné složení nijak nespecifikuje.

PlastiComp

Základní informace	
Produktové portfolio	specializované polymerní materiály, termoplastické kompozitní materiály, specializované služby a řešení na míru
Kompozitní materiály a využitá vlákna	termoplastické kompozity vyztužené dlouhými karbonovými vlákny a tzv. hybridní kompozity vyztužené dlouhými karbonovými a skleněnými vlákny

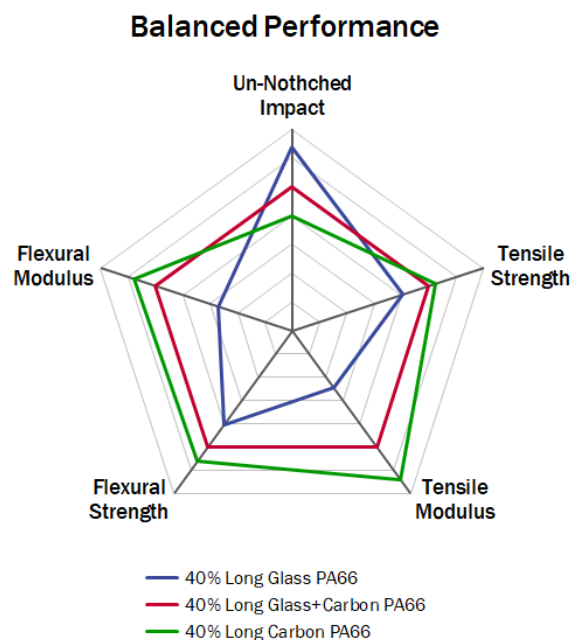
Jedním z předních výrobců kompozitů s termoplastickou maticí je americká společnost **PlastiComp, Inc.** založená v roce 2003 se sídlem ve Winoně v Minnesotě. Firma pracuje s **technologíí vyztužení dlouhými vlákny za účelem vytváření silnějších, pevnějších a lehčích materiálů**. Primárně jsou využívána skleněná a karbonová vlákna. [A] Z pohledu této práce jsou relevantní dva materiály: termoplastické kompozity vyztužené dlouhými karbonovými vlákny a tzv. hybridní kompozity vyztužené dlouhými karbonovými a skleněnými vlákny.

U **termoplastických kompozitů vyztužených dlouhými karbonovými vlákny** výrobce uvádí následující výhody: vysoký poměr pevnosti k hmotnosti, tlumení vibrací a zvuku, odolnost vůči cyklické únavě, deformaci a šíření trhlin, nebo udržení výkonu nejen při nízkých, ale i vysokých teplotách. [B] Následující graf zobrazuje sílu materiálů vyztužených karbonovým vláknem oproti kovům.



Obrázek 1, zdroj: [B]

Oproti tomu nabízí **hybridní kompozity vyztužené dlouhými karbonovými a skleněnými vlákny** cenově efektivní variantu kompozitu obsahující karbonová vlákna a vysokou adaptabilitu. Na základě konkrétního poměru skleněných a karbonových vláken lze přizpůsobit vlastnosti a cenu kompozitu pro specifická využití. Vyvážení jednotlivých funkcí při využití různých materiálů je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obrázek 2, zdroj: [C]

Avient Corporation

Základní informace	
Produktové portfolio	udržitelné a recyklovatelné materiály, kompozity, technologie užívající vlákna, polymerní formulace, inkousty, polymerní aditiva, polymerní barviva, termoplastické elastomery a vinylové formulace
Kompozitní materiály a využitá vlákna	termoplasty s dlouhými vlákny a s krátkými vlákny, využitá vlákna: skleněná a karbonová vlákna

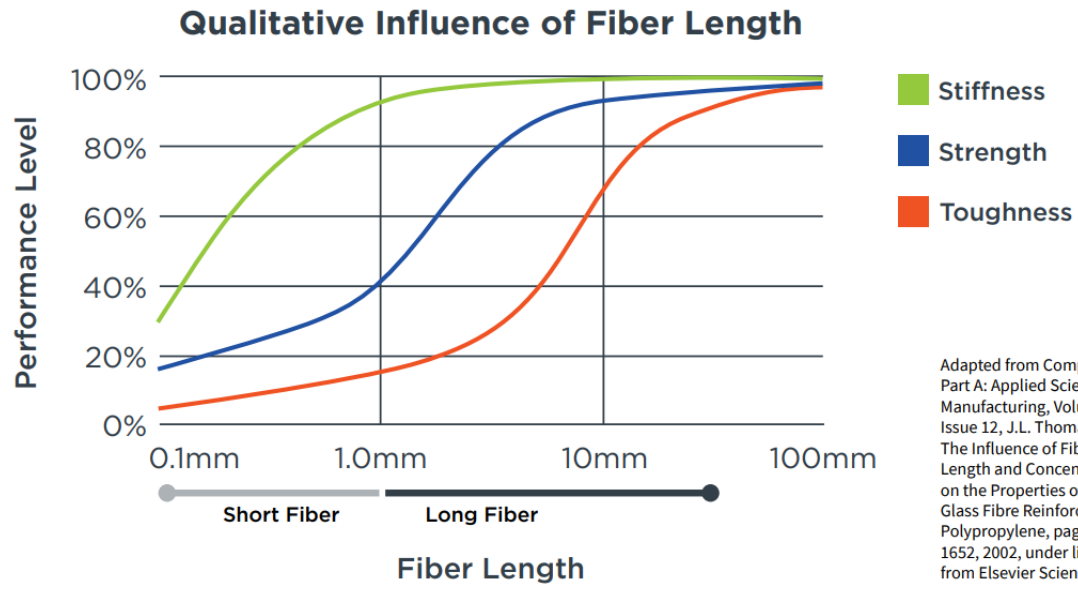
PlastiComp je od roku 2018 součástí PolyOne globální korporace založené roku 2002, která od roku 2020 nese název **Avient Corporation** a sdružuje výrobce polymerních materiálů z celého světa. Avient Corporation se primárně se **soustředí na udržitelné a recyklovatelné materiály, kompozity, technologie využívající vlákna, polymerní formulace, polymerní aditiva, polymerní barviva, inkousty, termoplastické elastomery a vinylové formulace.** [D]

Co se týče kompozitů s termoplastickou maticí s příměsí vláken, Avient Corporation nabízí termoplasty s dlouhými vlákny a s krátkými vlákny. **Termoplasty s dlouhými vlákny** slouží dle výrobce primárně k optimalizaci tvrdosti, pevnosti a houževnatosti při současném udržení nízké váhy materiálu. Strukturální výkon takovýchto kompozitů je pak srovnatelný s výkonem kovů. Avient vyrábí **dva produkty využívající karbon** a to CompleTM LCF, který využívá příměs čistě karbonu, a CompleTM Hybrid, jež kombinuje karbonová a skleněná vlákna. [E]

Termoplasty s krátkými vlákny jsou ideální kombinací zlepšených mechanických vlastností ale nižších nákladů než u termoplastů s dlouhými vlákny. Tyto materiály mají lepší poměr pevnosti k hmotnosti než běžně používané kovy jako jsou např. hliník nebo ocel, a zároveň nabízí lepší vlastnosti jako je odolnost vůči poškrábání, izolační schopnosti nebo odolnost vůči korozi. [F]

Avient Corporation **vyrábí kompozity s 10-50% podílem vláken.** Produktem, ve kterém lze využít příměs **karbonových vláken** je řada amorfních a semi-krytalických pryskyřic EdgetekTM, jež je využitelná v mnoha odvětvích. [G]

Následující obrázek poskytuje porovnání kompozitů s krátkými vlákny a dlouhými vlákny.



Obrázek 3, zdroj: [E]

Ensigner

Základní informace	
Produktové portfolio	hluboký záběr v oblasti plastových řešení od vstřikování, přes přídavné obrábění, výrobu slitin, sinterovaných plastů či izolačních profilů, až po kompozity
Kompozitní materiály a využitá vlákna	termoplastické kompozitní materiály zahrnující semipregy, prepregy, organosheety, využitá vlákna: skleněná a karbonová vlákna

Dalším důležitým výrobcem na trhu je firma **Ensigner** založená roku 1966. Společnost sídlí ve městě Nufringen v Bádensku-Württembersku v Německu, ale působí v celé Evropě, Severní Americe, Jižní Americe a Asii. [H] Ensigner má **hluboký záběr v oblasti plastových řešení od vstřikování, přes přídavné obrábění, výrobu slitin, sinterovaných plastů či izolačních profilů, až po kompozity**. Její výrobky jsou využívány v oblastech jako letectví a kosmonautika, strojírenství, stavebnictví, ale i potravinářství či zdravotnictví.

V oblasti kompozitů se firma zabývá **vývojem technologií pro produkci termoplastických kompozitních materiálů zahrnujících semipregy, prepregy, organosheety**. [I, J] Stejně jako u předchozích výrobců patří k předním výhodám těchto materiálů vyšší poměr tuhosti k hmotnosti a pevnosti k hmotnosti, vyšší odolnosti proti nárazu, chemickou a tepelnou odolnost, a v neposlední řadě také možnost přizpůsobit poměr vláken konkrétním požadavkům na mechanické vlastnosti. [J]

Z pohledu této práce jsou nejzajímavější prepregy a organosheety. Charakteristikou těchto **prepregů** je, že se jedná o plně impregnované a plně zpevněné jednovrstvé desky vyrobené z uhlíkových, nebo skleněných vláken s použitím široké škály termoplastických materiálů jako matrice.

Jako **matrice jsou využívány technické polymery jako polykarbonáty**, vysoce výkonné plasty jako PEI, PEEK a PEKK nebo polyamidy. Ensigner ale také vyrábí prepregy na míru pro konkrétní využití. Mezi konkrétní produkty patří TECATEC PEEK MT CF50 IP, TECATEC PEEK CF50 IP, TECATEC PC CF50 IP, TECATEC PPS GF50 IP a TECATEC PA66 GF43 IP. [K] Oproti epoxidovým materiálům jsou tyto prepregy odolnější vůči nárazu, teplotě a mají vyšší chemickou odolnost. **Prepregy** se dají použít k výrobě organických listů, termoplastických kompozitních dílů, tvarů pažby nebo tepelně tvarovaných dílů. Tyto produkty se pak využívají např. ve sportovním, automobilovém, či petrochemickém průmyslu. Alternativně je lze využít i v letectví nebo lékařství. [K]

Termoplastické organosheety jsou plně impregnované a zpevněné vícevrstvé prepregové desky **vyrobené z uhlíkových nebo skleněných vláken a široké škály termoplastických materiálů** jako matrice. Organické listy se skládají z několika vrstev předpřipraveného, nebo polopřipraveného materiálu, kde jsou naskládány podle specifikací zákazníka a poté konsolidovány, aby vytvořily polotovar o tloušťce až 5 mm. [L] Vlastnosti se pak odvíjí od použitých semipregů a prepregů, výhody prepregů byly zmíněny v předchozím odstavci a průmyslová využití jsou taktéž stejná. Ensigner vyrábí tyto základní organosheety TECATEC PEEK MT CF50 OS, TECATEC PEEK CF50 OS, TECATEC PC CF50 OS, TECATEC PPS GF50 OS a TECATEC PA66 GF43 OS. [L]

Evonik

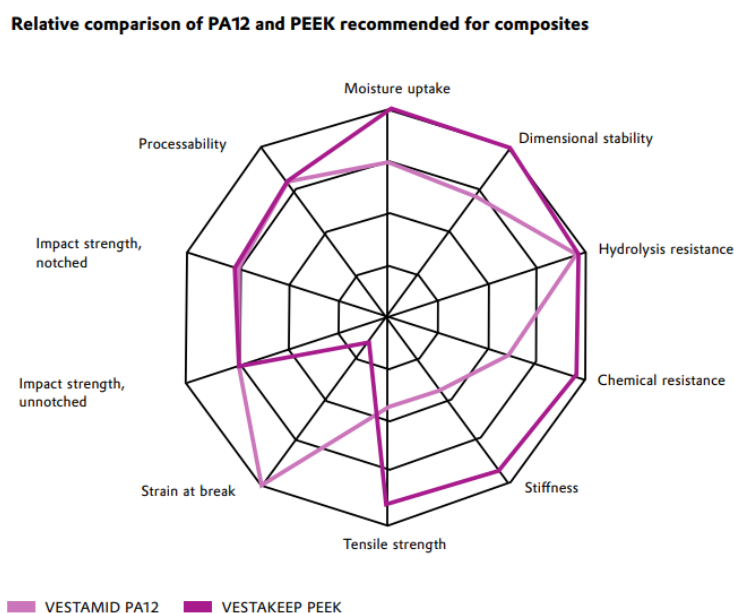
Základní informace	
Produktové portfolio	aditiva, produkty pro výživu a péči o lidi a zvířata, tzv. chytré materiály, materiály pro výkon („performance materials“), a také technologie a infrastruktura chemické výroby
Kompozitní materiály a využitá vlákna	matricové systémy, termoplastické UD pásy, strukturální pěny, potahy a gelové nátěry a v neposlední řadě aditiva, využitá vlákna: skleněná, karbonová a aramidová vlákna

Dalším výrobcem zabývajícím se výrobou kompozitů je německá společnost **Evonik** sídlící v Essenu v Severním Porýní-Vestfálsku patřící pod konglomerát RAG-Stiftung. Jedná se o druhou největší chemickou společnost v Německu a jednu z největších na celém světě, která je také veřejně obchodovaná na burzách MDAX a STOXX Europe 600. [M] Firma Evonik má **široké produktové portfolio, zabývá se výrobou speciálních aditiv, produktů pro výživu a péči o lidi a zvířata, tzv. chytrých materiálů, materiálů pro výkon („performance materials“) a zároveň technologií a infrastrukturou chemické výroby.** [N]

Součástí výroby materiálů pro výkon je i výroba **kompozitů**. I zde je portfolio široké, zahrnuje **matricové systémy** (termosety, epoxidové kompozity, methakrylátové monomery, bismaleimidy, formulace epoxidových a PU pryskyřic, polyuretanové kompozity, termoplasty a matricové systémy, polyetheretherketon a polyamidy), **termoplastické UD pásy, strukturální pěny** (polymethakrylimid), potahy a gelové nátěry (polyisokyanáty, diaminy) a v neposlední řadě **aditiva** (kompozity vyztužené skleněnými vlákny, aditiva pro lepení past). [O]

Podobně jako ostatní výrobci, uvádí Evonik u termoplastických matricových kompozitů při vyztužení vlákny mnohé výhody jako zkrácení doby na výrobu komponent, absorpce menšího množství vody (závisí na použité matici) a také možnost skladovat je neomezeně, je-li zajištěna pokojová výroba. Dále je vyzdvížena snazší technika spojování (fúze), vyšší pracovní teplota až do 200 stupňů Celsia a vyšší odolnost vůči nárazu. Evonik doporučuje využití takovýchto kompozitů hlavně pro střední a velkou výrobu.

Z kompozitů s termoplastickou matricí je z pohledu této práce nejrelevantnější produkt polyetheretherketon VESTAKEEP®, který je vhodný jako matrice se skleněnými, uhlíkovými nebo aramidovými vlákny. [O] Dále také polyamid VESTAMID® PA12, se kterým je možné pracovat při nižších teplotách a je tudíž vhodný pro využití v automobilovém, sportovním, petrochemickém odvětví a v neposlední radě v ortopedii. [O] Následující obrázky poskytují srovnání obou materiálů:



Obrázek 4, zdroj: [O]

Properties of PA12 and PEEK matrix materials for UD tapes					
PROPERTIES		UNIT	VESTAMID® PA12	VESTAKEEP® PEEK	TEST METHOD
Polymer		–	Polyamide 12	Polyetheretherketone	–
Density	23°C	g/cm ³	1.01	1.30	ISO 1183
Melting temperature DSC	2nd heating	°C	178	340	ISO 11357
Tensile test					ISO 527-1
Stress at yield		MPa	46	100	ISO 527-2
Strain at yield		%	5	5	ISO 527-2
Strain at break		%	>200	30	ISO 527-2
Tensile Modulus		MPa	1400	3700	ISO 527-1
CHARPY notched impact strength	23 °C	kJ/m ²	5C ¹	6C ¹	ISO 179/1eA
CHARPY notched impact strength	-30°C	kJ/m ²	4C ¹	6C ¹	ISO 179/1eA

C¹: complete break

Obrázek 5, zdroj: [O]

Covestro

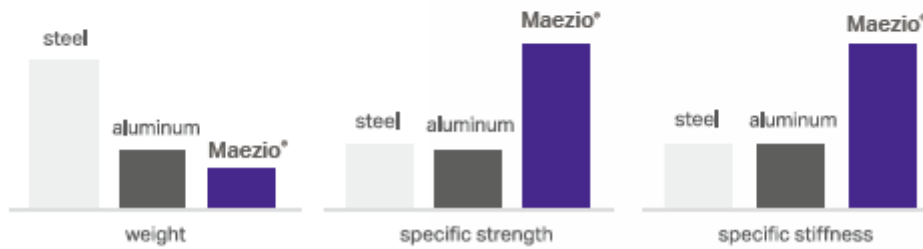
Základní informace	
Produktové portfolio	materiály pro 3D tisk, adhesiva, povlakové materiály, kompozity, elastomery, fólie, pěny, plasty a termoplastický polyuretan
Kompozitní materiály a využitá vlákna	termosety na bázi PU, technologie na dimenzování vláken a termoplastické kompozity, využitá vlákna: skleněná a karbonová vlákna

Dalším důležitým hráčem na trhu s kompozity je **Covestro**, jeden z předních světových výrobců polymerních materiálů. Firma sídlí v Leverkusen v Německu, ale působí na všech kontinentech. [P] Covestro má **široké portfolio produktů** zahrnující **materiály pro 3D tisk, adhesiva, povlakové materiály, kompozity, elastomery, fólie, pěny, plasty a termoplastický polyuretan**. [R] Tyto materiály jsou pak využívány v mnoha odvětvích, například v automobilovém průmyslu, stavebnictví, kosmetice a zdravotní péči, ale i v energetickém, dopravním či námořním průmyslu. [S]

V rámci této práce jsou nejvíce relevantní **kompozity**. Zde se firma zabývá **termosety na bázi PU, technologiemi na dimenzování vláken a termoplastickými kompozity**. [T] **Termoplastické kompozity Maezio®**, které Covestro vyrábí, jsou primárně vytvořené pro výkon a možnost škálování, a to díky kombinaci vysoké mechanické pevnosti, výdrži, lehkosti materiálu a estetičnosti. Tyto kompozity kombinují sílu karbonových či skleněných vláken s výkonem a flexibilitou termoplastů. Výhodou Maezio® materiálů je, že je lze velice efektivně zpracovat při krátkých dobách jednotlivých výrobních cyklů a že jsou recyklovatelné. Jsou **kompatibilní s několika výrobními technologiemi** včetně lisování za tepla, automatizovaného pokládání pásky (automated tape laying - ATL), automatického ukládání vláken (automated fiber placement - AFP) a funkční integrace vstřikováním. Výsledné materiály mají kovově vypadající povrch, který je kompatibilní s celou řadou možností potahování a zdobení. Covestro primárně dodává tyto materiály jako pásky a listy. [U] Následující obrázky poskytují porovnání vlastností Maezio® materiálů oproti slitinám kovů jako je např. slitina hořčíku a hliníku.

Properties	Maezio [®] Composite Carbon Fiber	Magnesium Alloy Aluminum
Specific Stiffness	+++	+
Specific Strength	+++	+
Warpage Resistance	++	+++
Light Weight	+++	+
Fatigue Strength	+++	+
Corrosion Resistant	++	-
Transparent to X-Rays	+++	-
Fire Resistant	++	+++

Property comparison of metals and CFRTP composites.



Obrázek 6, zdroj: [V]

	Maezio [®] Composites Carbon Fiber	Thermoset Composites Carbon Fiber	Magnesium & Aluminum Alloy	Aluminum CNC
Processing Temperature	Medium	Low	Very High	Low
Shelf-life	Long (store at room temp.)	Short (store at low temp.)	Long (store at room temp.)	Long (store at room temp.)
Recyclability	Recyclable	Difficult	Recyclable	Recyclable
Cycle Time	Short	Long	Normal	Very Long
Density (g/cm ³)	1.5	1.5	1.8	2.7
Total cost of finished parts	Low	High	Medium	Very High
Surface	'A class' achievable	'A class' proven	'A class' achievable	'A class' proven

Obrázek 7, zdroj: [V]

Mitsui Chemicals

Základní informace	
Produktové portfolio	produkty pro automobilové a dopravní odvětví, zdravotní péče, jídlo a balení jídla a vývoj materiálů
Kompozitní materiály a využitá vlákna	kompozity s termoplastickou maticí a karbonem primárně vyvinuty pro automobilový průmysl, využitá vlákna: karbonová vlákna

Poslední firma, která bude v této práci rozebrána, je japonská společnost **Mitsui Chemicals**, která vznikla roku 1997 spojením Mitsui Petrochemical Industries a Mitsui Toatsu Chemicals. Celková historie mateřských firem ovšem sahá až do roku 1912. Dnes už velký konglomerát působí primárně v Asii, Evropě a Americe, a mimo Japonsko vyváží 45 % svých výrobků. Výroba se soustředí především na **produkty pro automobilové a dopravní odvětví, zdravotní péči, jídlo a balení jídla a v neposlední řadě také na vývoj materiálů**. [W]

V roce 2019 Mitsui Chemicals ve spolupráci s ARRK (součást Mitsui Chemicals Group) představila **kompozity s termoplastickou maticí a karbonem**, které byly vyvinuty primárně pro automobilový průmysl, a to kvůli vzrůstající poptávce po možnosti vyrábět součástky, které jsou geometricky komplexní, mají vysokou pevnost, tuhost, ale zároveň nízkou hmotnost. Takovéto vlastnosti jsou ovšem využitelné i v mnoha dalších odvětvích, což je důvod, proč do vývoje kompozitů firma expanduje. Mitsui Chemicals Group tak vyrábí a **vyvíjí jednosměrně vyztužené termoplastické pásy na bázi CF-PP** se speciálně vyvinutou přilnavostí vláken a modifikovanou PP maticí (TAFNEX CF-PP UD), čímž dodává polotovary pro vývoj inovativních komponentů. [X]

Je to právě **skupina výrobků TAFNEX™**, která je z hlediska této práce nejzajímavější, jelikož **využívá karbonových vláken**, a zahrnuje: TAFNEX™ CF/PP, TAFNEX™ CF/PP sendvičový panel z pěnového PP a TAFNEX™ CF / PP - UD navíjecí trubice.

TAFNEX™ CF / PP je jednosměrná páska (UD páska) složená z uhlíkových vláken a polypropylenu [PP], může být aplikována na lokální vyztužení vstřikovaných, nebo lisovaných dílů. A také na výrobu dílů ve formě trubek nebo, laminovaného plechu. Použitím tohoto materiálu lze snížit hmotnost dílu, ale současně zachovat jeho pevnost. Zároveň ale nabízí vynikající zpracovatelnost díky krátké době zpracování a možnosti sekundárního zpracování. V oblasti automobilů a jízdních kol může TAFNEX™ CF / PP přispět ke snížení hmotnosti dílu, zlepšení odolnosti proti nárazu a tlumení vibrací. [Y] Následující obrázky poskytují detailnější charakteristiku tohoto materiálu.

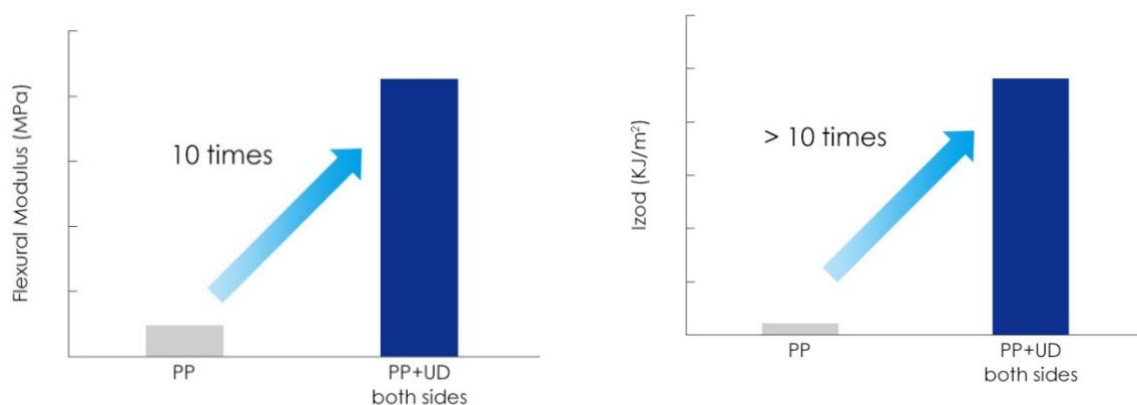
		Method	TAFNEX™ CF/PP	
Fiber Volume	%	JIS K7075	40	50
Density	Kg/m ³	Mitsui Chemicals method	1.27	1.31
Tensile Strength	MPa	ASTM D3039	1200	1420
Tensile Modulus	GPa	ASTM D3039	100	110
Flexural Strength	MPa	ASTM D790	900	960
Flexural Modulus	GPa	ASTM D790	85	90
Specific strength	kNm/kg		945	1145
Specific modulus	10 ⁶ m ² s ⁻²		79	92

NOTICE TO USERS: The information contained is based on Mitsui Chemicals's present knowledge and experience, however, Mitsui Chemicals does not assume any liability for the accuracy and completeness of such information.

* Cited by catalog value as a reference

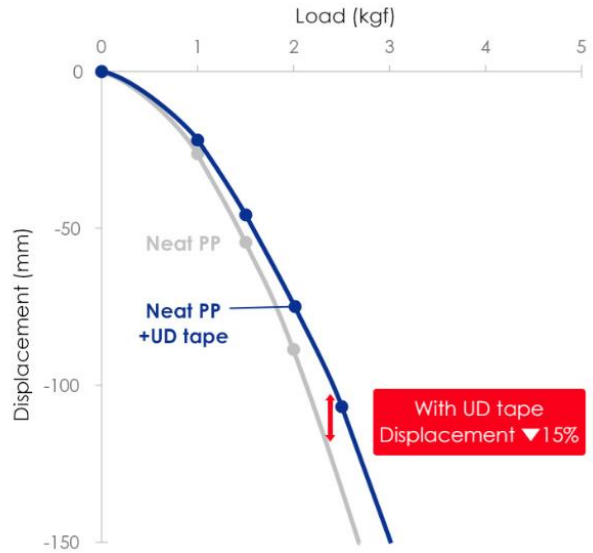
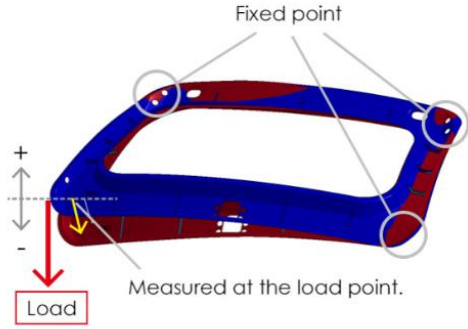
* Figures are representative values, not guaranteed.

Obrázek 8, zdroj: [Y]



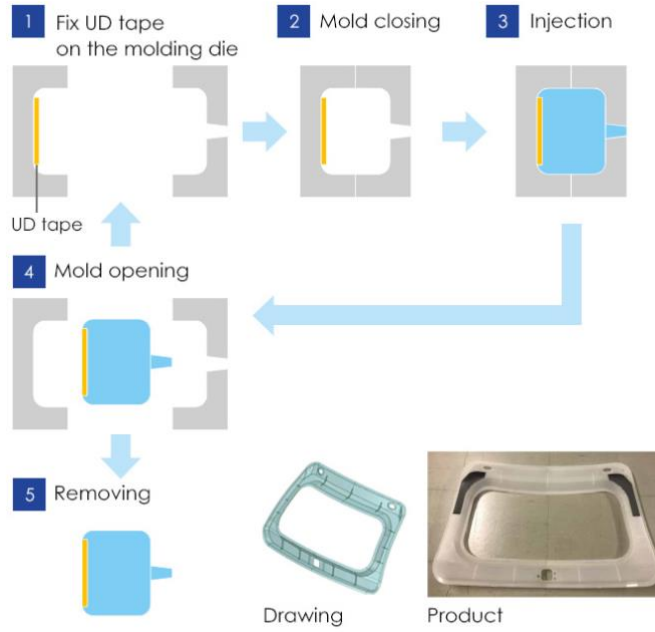
Obrázek 9, zdroj: [Y]

Blue: Before (initial shape)
Red: After (load 10kgf)



* Figures are representative values, not guaranteed.

Obrázek 10, zdroj: [Y]



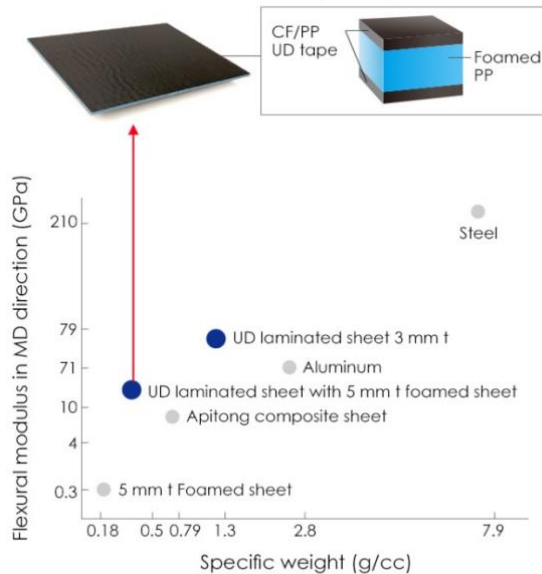
Obrázek 11, zdroj: [Y]

TAFNEX™ CF/PP sendvičový panel z pěnového PP je materiál vyrobený skládáním sendvičů pěnových polypropylenových desek v UD páskách.

Je lehký a tvrdý, pomáhá snižovat hmotnost dílu při zachování pevnosti. tepelně-izolačním vlastnostem pěnového lze materiál použít jako izolaci s vysokou pevností. [Z] Následující obrázky ukazují vyztužení tvrdých pěnových plechů páskou UD.

Obrázek 12, zdroj: [Z]

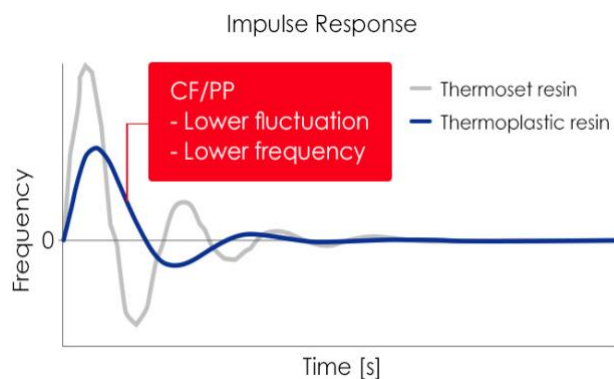
Hard foamed sheet reinforced by UD tape on double side



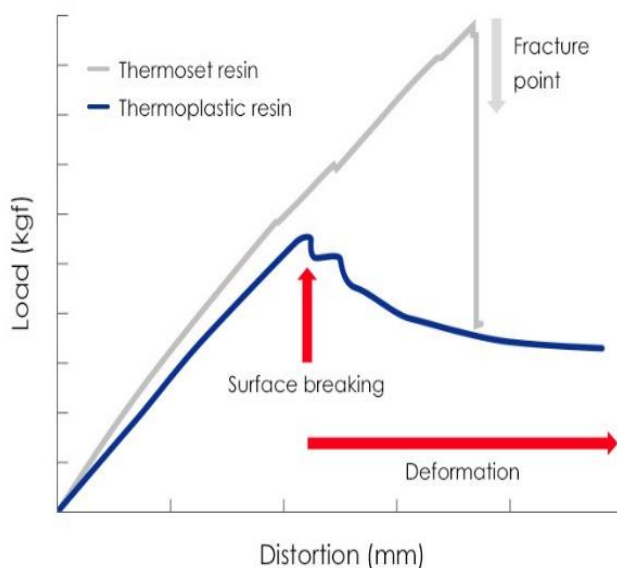
Díky
PP

* Figures are representative values, not guaranteed.

TAFNEX™ CF / PP - UD navíjecí trubice má stejné vlastnosti a výhody jako TAFNEX™ CF/PP, je ale rozdílný tím, že může být zpracován do tvaru trubice pomocí navíjení vlákna. [ZZ] Následující obrázky ukazují CF/PP -UD v porovnání s dalšími materiály:



Obrázek 13, zdroj: [ZZ]



Obrázek 14, zdroj: [ZZ]

Zdroje k příloze 1:

- [A] Wollan, E. (2020, September 23). *About PlastiComp - Long Fiber Innovation Made-to-Order*. PlastiComp. Dostupné na: <https://www.plasticomp.com/about-plasticomp/>.
- [B] PlastiComp. (2019, April 18). *Long Carbon Fiber - Lightweighting and Mass Reduction*. Dostupné na: <https://www.plasticomp.com/mass-reduction-light-weighting-carbon-fiber/>.
- [C] PlastiComp. (2019, April 18). *Complēt Hybrid – Long Carbon + Glass Fiber Reinforced Thermoplastic Composites*. Dostupné na: <https://www.plasticomp.com/hybrid-long-glass-carbon-fiber/>.
- [D] Avient Corporation. (n.d.). *Avient Technologies*. Polymer Products: Colorants, Additives & Formulations. Dostupné na: <https://www.avient.com/products>.
- [E] Avient Corporation. (2020). *Long Fiber Technologies Brochure*. Dostupné na: <https://www.avient.com/sites/default/files/2020-09/comple-t-onforce-lft-overview-brand-brochure.pdf>
- [F] Avient Corporation. (n.d.). *Short Fiber Reinforced Formulations*. Dostupné na: <https://www.avient.com/products/engineered-polymer-formulations/structural-fiber-reinforced-formulations/short-fiber-reinforced-formulations>.
- [G] Avient Corporation. (n.d.). *High-Performing Thermoplastics*. Dostupné na: <https://www.avient.com/products/engineered-polymer-formulations/general-engineered-formulations/edgetek-engineered-polymer-formulations>.
- [H] Ensinger. (2021). *O nás: Ensinger - High performance plastic solutions*. Dostupné na: <https://www.ensingerplastics.com/cs-cz/o-nas>.
- [I] Ensinger. (2021). *High performance plastic solutions: Ensinger*. Dostupné na: <https://www.ensingerplastics.com/cs-cz>.
- [J] Ensinger. (2021). *Thermoplastic composite materials*. Dostupné na: <https://www.ensingerplastics.com/en/composites/composite-materials>.
- [K] Ensinger. (2021). *Thermoplastic prepreg composites*. Dostupné na: <https://www.ensingerplastics.com/en/composites/composite-materials/prepreg>.
- [L] Ensinger. (2021). *Thermoplastic organosheet composites*. Dostupné na: <https://www.ensingerplastics.com/en/composites/composite-materials/organosheet>.

- [M] Evonik Industries. (2020, March 20). *Evonik at a glance*. Dostupné na:
<https://corporate.evonik.com/en/media/evonik-at-a-glance-618.html>.
- [N] Evonik Industries. (2020, December 14). *Operative Divisions*. Dostupné na:
<https://corporate.evonik.com/en/company/divisions>.
- [O] Evonik Industries. (2018). *Evonik for composites: Products for efficiency and performance*. pp. 27 – 30. Dostupné na: <https://tp-composites.com/wp-content/uploads/sites/3/2019/11/Composite-10-2018.pdf>
- [P] Covestro. (2020). *Solution Center Covestro*. Covestro AG. Dostupné na:
<https://solutions.covestro.com/en>.
- [R] Covestro. (2020). *Materials that make the world a brighter place*. Dostupné na:
<https://solutions.covestro.com/en/materials>.
- [S] Covestro. (2020). *Solutions for every day life*. Dostupné na:
<https://solutions.covestro.com/en/industries>.
- [T] Covestro. (2020). *Composites*. Dostupné na:
<https://solutions.covestro.com/en/materials/composites>.
- [U] Covestro. (2020). *Maezio®: lightweight composites by Covestro*. Dostupné na:
<https://solutions.covestro.com/en/brands/maezio>.
- [V] Covestro. (n.d.). *Maezio®: Continuous fiber-reinforced thermoplastic composites - brochure*. Dostupné na: <https://solutions.covestro.com/en/brands/maezio>.
- [W] Mitsui Chemicals. (2020). *About Mitsui Chemicals: MITSUI CHEMICALS, INC.*
Dostupné na: <https://jp.mitsuichemicals.com/en/corporate/number/>.
- [X] Mitsui Chemicals. (2020). *ARRK and Mitsui Chemicals: Composite Solutions*. Dostupné na: https://eu.mitsuichemicals.com/mce/2019/2019_0717_02.htm.
- [Y] Mitsui Chemicals. (2020). *TAFNEX™ CF/PP*. Dostupné na:
<https://jp.mitsuichemicals.com/en/service/product/tafnex.htm>.

[Z] Mitsui Chemicals. (2020). *TAFNEX™ CF/PP - Foamed PP Sandwich Panel*. Dostupné na: <https://jp.mitsuichemicals.com/en/service/product/tafnex-paulownia.htm>.

[Z] Mitsui Chemicals. (2020). *TAFNEX™ CF/PP - UD Winding Tube*. Dostupné na: <https://jp.mitsuichemicals.com/en/service/product/tafnex-tube.htm>.