



PROTOKOL

o funkčním vzorku

„Pultrudovaná FRP výztuž z termoplastické matrice“

Číslo projektu:	FW01010520
Název projektu:	Vývoj ohýbané kompozitní výztuže pro environmentálně exponované betonové konstrukce
Veřejná soutěž:	TREND 1
Doba řešení:	01.2020 – 12.2023
Termín dosažení výsledku:	12/2023
Označení výsledku:	FW01010520-V13

1 SMLUVNÍ VZTAHY

Funkční vzorek je výsledkem aktivit 1. veřejné soutěže Programu průmyslového výzkumu a experimentálního vývoje TREND FW01010520 „Vývoj ohýbané kompozitní výztuže pro environmentálně exponované betonové konstrukce“. Jejich uplatnění je podchyceno smlouvou o účasti smluvních stran na řešení projektu v oblasti výzkumu a vývoje a poskytnutí části účelových finančních prostředků spolupříjemcům. Smlouva o účasti při řešení projektu výzkumu a vývoje č. 1031/2020/00 „Vývoj ohýbané kompozitní výztuže pro environmentálně exponované betonové konstrukce“ byla uzavřena dne 3. 2. 2020 mezi těmito smluvními stranami:

PREFA KOMPOZITY a.s.

Sídlem: Kulkova 4231/10, Brno-Židenice, 61500

IČ: 26949881

DIČ: CZ26949881

v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Brně zapsaná v oddílu B, vložka 4276

Zastoupená: Ing. Miloš Filip – předseda představenstva

Odpovědný zaměstnanec za příjemce: Ing. Jan Prokeš, Ph.D.

Podíl na dosažení výsledku: 70 %

a

**Prefa Brno a.s.**

Sídlem: Kulkova 4231/10, Brno-Židenice, 61500

IČ: 46901078

DIČ: CZ46901078

v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Brně zapsaná v oddílu B, vložka 859

Zastoupené: Ing. Michal Holák, předseda představenstva

Odpovědný zaměstnanec za příjemce: Ing. Michal Ševčík

Podíl na dosažení výsledku: 0 %

a

Vysoké učení technické v Brně

Sídlem: Antonínská 548/1, 601 90 Brno

IČ: 00216305 (veřejná vysoká škola, nezapisuje se do OR)

DIČ: CZ00216305

Veřejná vysoká škola, nezapisuje se do OR

Zastoupené: doc. Ing. Ladislav Janíček, Ph.D., MBA, LL.M., rektorem

Odpovědný zaměstnanec za příjemce: prof. RNDr. Ing. Petrem Štěpánek, CSc., dr.h.c.

Podíl na dosažení výsledku: 30 %

2 VÝROBA FUNKČNÍHO VZORKU

Materiálové složení výztuže umožňuje dodatečné ohýbání přímo na místě určení (in-situ) a to na rozdíl od termosetické matrice i po prvotním vytvrzení ve výrobě. Pro výrobu funkčního vzorku pultudované FRP výztuže z termoplastické matrice byla použita pultruzní linka PULSTAR - CX 806R od výrobce STRONGWELL USA (*obr. 1*).



obr. 1 pultruzní linka PULSTAR

S ohledem na jednoduchost výroby byl funkční vzorek pro ověření možnosti výroby a mechanických charakteristik výsledného produktu vyroben v obdélníkovém průřezu o rozměru 3x10 mm a hladkým povrchem. Funkční vzorek byl vyroben běžným způsobem pro výrobu vlákniny vyztuženého materiálu s polymerní pryskyřicí na pultruzní lince. Výrobní podmínky jsou uvedeny v *tab. 1*.

Ze zásobníku skelných rovingů byly odtahovány jednotlivé svazky skelných vláken ve stanoveném počtu. Ty procházely vaničkou s pryskyřicí (*obr. 2*), kde docházelo k jejich impregnaci a následně vstupovaly do formy (*obr. 3*), která byla opatřena čtveřicí topných těles a byla temperována na požadovanou teplotu. V ní docházelo k teplem indukované polymerační reakci a vytvrzení

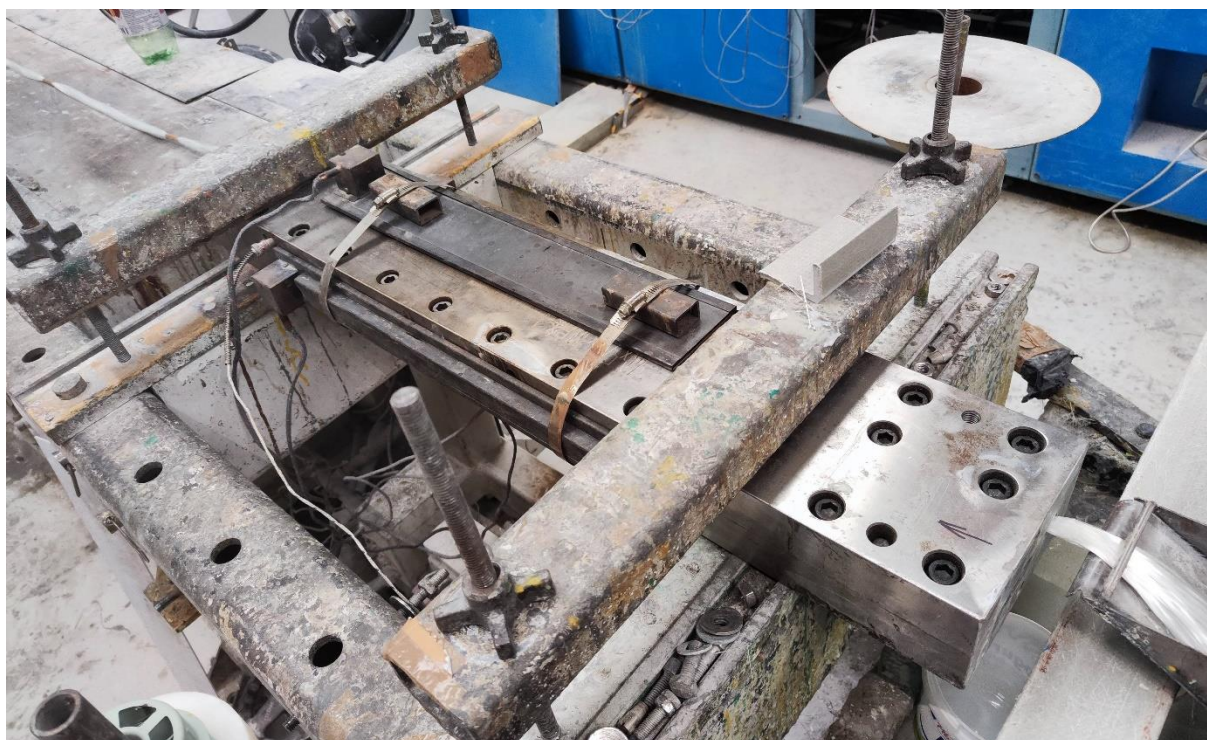
pryskyřice. Po průchodu formou již došlo k dosažení dostatečného polymeračního stupně v pryskyřici a jejímu vytvrzení při zachování termoplastických vlastností.

tab. 1 výrobní podmínky

Teplota formy	115°C
Rychlost tažení	30 cm/min
Délka formy	75 cm
Doba průchodu formou	150 s



obr. 2 průchod vláken impregnační lázni (vanička s pryskyřicí)



obr. 3 pultruzní forma



obr. 4 výstup produktu z formy



3 POPIS FUNKČNÍHO VZORKU

Jednotlivé technické parametry a použitý materiál vyrobené FRP výztuže z termoplastické matrice jsou uvedeny v *tab. 2*, složení polymerní matrice je uvedeno v *tab. 3*.

tab. 2: technické parametry

Rozměry	Výška: 3 mm Šířka: 10 mm
Hmotnost	60±1 g/m
Měrná hmotnost	2,1±0,1 g/cm ³
Matrice	Akrylátová termoplastická pryskyřice
Typ vláken	E-CR Owens Corning R25H 2400 tex
Počet rovingů	20
Povrchová úprava	bez povrchové úpravy

tab. 3: složení matrice

Druh	Název	Hmotnostní díly [phr]
<i>pryskyřice</i>	Elium 595 E	100,0
<i>termické tvrdidlo</i>	Perkadox 16	1,5
<i>termické tvrdidlo</i>	Peroxan PB	1,5
<i>interní separátor</i>	Axel Int-Pul 34	1,5

4 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI

Byla ověřena možnost dodatečného ohýbaní FRP výztuže s termoplastickou matricí, viz *obr. 5*. Detail ohybu je patrný na *obr. 6*. Výztuž byla prohřáta pomocí horkovzdušné pistole a následně ohnuta proti ocelové trubce o průměru 6 cm, vnitřní rádius ohnuté FRP výztuže je tedy 30 mm.

Z výztuže byly následně vyrobeny třmínky (*obr. 7*; poloměr ohybu třmínku 30 mm, celková výška vzorku 210 mm) pro ověření krátkodobých mechanických vlastností.

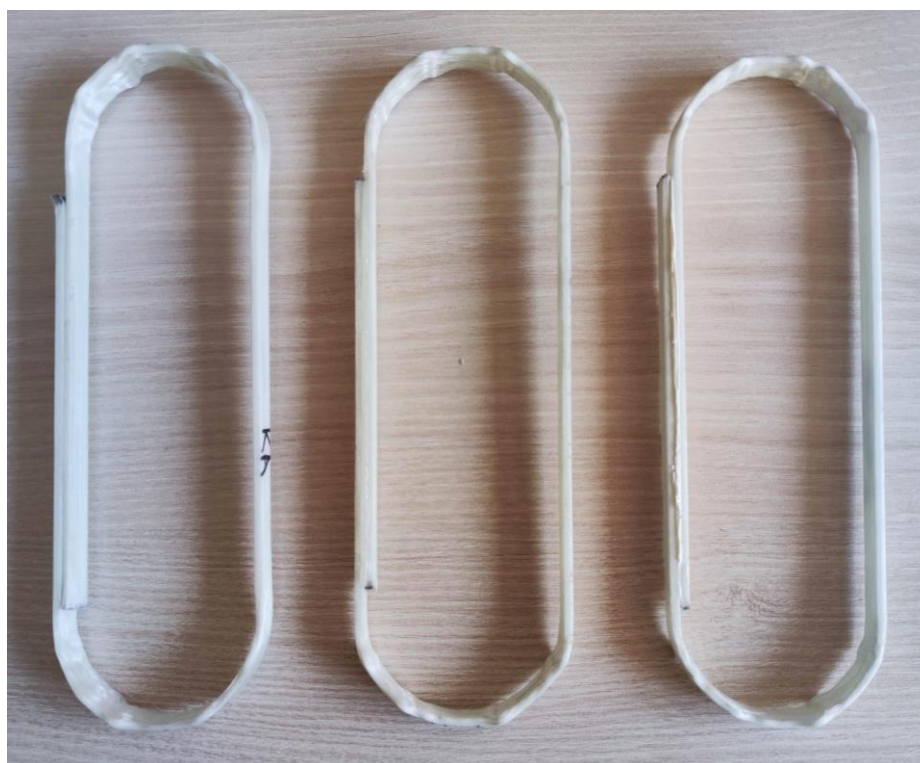


obr. 5 funkční vzorek dodatečně ohýbané termoplastické výztuže

Funkčnost vyvinuté ohýbané výztuže byla ověřena stanovením krátkodobé tahové pevnosti (zkouška provedena dle modifikovaného postupu uvedeného v normě ACI 440.3R, rep. dle ASTM M7205), výsledky jsou uvedeny v *tab. 4*. Stanovení krátkodobé/okamžité tahové pevnosti ohýbané výztuže bylo provedeno pomocí tahové zkoušky. Vzorky byly v místě ohybů upnuty do lisu a následně zatíženy deformačně s rychlostí 4 mm/min až do porušení. K porušení vzorků došlo žádoucím způsobem – přetržením v místě ohybu. Podrobnější popis samotné zkoušky, chování vzorku během zatěžování a vyhodnocení získaných dat je popsán v odborné zprávě z řešení projektu FW0101520 za rok 2023.



obr. 6 funkční vzorek ohýbané termoplastické výztuže – detail ohybu



obr. 7 funkční vzorek ohýbané termoplastické výztuže – sada zkušebních vzorků třmínek tvaru „O“



tab. 4: mechanické vlastnosti ohýbané výztuže

Tloušťka vzorku [mm]	3
Šířka vzorku [mm]	10
Poloměr zakřivení [mm]	30
Teoretická plocha průřezu [mm ²]	30
Střední tahová pevnost [MPa]	530,05
Směrodatná odchylka [MPa]	41,97
Variační koeficient [-]	0,08
5% kvantil (bez vlivu počtu vzorků) [MPa]	480,68
5% kvantil (dle EN 1990) [MPa]	472,14

5 ZÁVĚR

Byla vyrobena pultrudovaná FRP výztuž s termosetickou maticí a následně vyzkoušena možnost jejího dodatečného ohýbání po vytvrzení ve výrobě. Na vyhotovených vzorcích byly stanoveny krátkodobé mechanické vlastnosti. Provedené testy prokázaly funkčnost navrženého řešení a výrobního postupu a velmi dobré výsledné mechanické charakteristiky s malým rozptylem.

V Brně dne 20. 12. 2023

.....
Ing. Jan Prokeš, Ph.D.
řešitel/původce
za PREFA KOMPOZITY, a. s.

.....
Prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc., dr.h.c.
řešitel/původce
za VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a
zděných konstrukcí