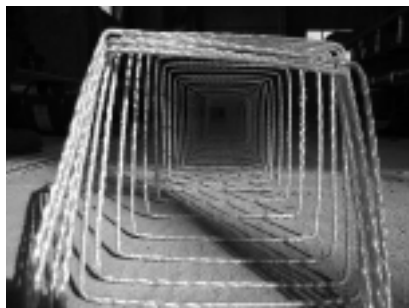


dr inż. Mariusz Rejment\*  
dr inż. Tomasz Trapko\*

# Pręty kompozytowe do zbrojenia betonu

**P**ręty kompozytowe FRP można sklasyfikować, w zależności od zastosowanego surowca do ich produkcji, na szklane (GFRP – Glass Fibre Reinforced Polymers), bazaltowe (BFRP – Basalt Fibre Reinforced Polymers), aramidowe (AFRP – Aramid Fibre Reinforced Polymers) oraz węglowe (CFRP – Carbon Fibre Reinforced Polymers). Obecnie, ze względu na niską cenę surowca, produkuje się głównie pręty kompozytowe z włókna szklanego i bazaltowego. Są one przeznaczone do biernego zbrojenia konstrukcji inżynierskich z betonu. Dostępne na rynku pręty mają średnicę 4 – 30 mm i długość 3 m, 6 m lub 12 m w przypadku transportowanych i składowanych w wiązkach oraz 50 m i 100 m w przypadku transportowanych i składowanych w kręgach. W budownictwie mogą być stosowane pręty proste, siatki (wiązane lub spajane) oraz pręty gięte (fotografia).



Figury zbrojarskie [Fot. Polprek]

## Parametry techniczne

Podstawowym badaniem prętów kompozytowych jest próba rozciągania wg normy ASTM D7205 [1]. Pręty kompozytowe zbudowane są jednokierunkowo – wiązki włókien ułożone są wzdłuż osi pręta i połączone ze sobą za pomocą matrycy. Wiązka włókien nie ma wytrzymałości na rozciąganie w kierunku poprzecznym do włókien, ani wy-

trzymałości na ściskanie w kierunku ułożenia włókien. Połączone żywicą włókna odkształcają się pod wpływem obciążenia zarówno w kierunku podłużnym, jak i poprzecznym. W próbie rozciągania prętów FRP należy stosować system mocujący, który nie spowoduje zniszczenia próbki, a także nie zaburzy wyników badań. Jednym z takich sposobów jest mocowanie prętów w rurach stalowych, które następnie wypełnia się zaprawą ekspansywną lub gipsem [9, 10]. Autorzy pracy [9] podają, że stosunek długości pręta poza zakotwieniami w rurach do jego średnicy powinien być nie mniejszy niż 40. Zniszczenie wszystkich laminatów kompozytowych (prętów, taśm i kształtek) jest bardzo charakterystyczne i polega na zerwaniu i rozszerepieniu włókien. Każdy inny mechanizm zniszczenia, np. przez ściecie, należy uznać za niewłaściwy i odrzucić wynik takiej próby rozciągania.

W całej próbie rozciągania mamy do czynienia z liniowym przyrostem odkształceń i naprężeń, aż do zniszcze-

nia. Poziom naprężen odpowiadający sile niszczącej przyjmowany jest jako wytrzymałość na rozciąganie pręta. Moduł sprężystości wyznaczany jest przy założeniu liniowości odkształceń. W tabeli porównano parametry prętów kompozytowych i stalowych stosowanych do zbrojenia betonu.

Jak już wspomniano, pręty kompozytowe charakteryzują się liniowo-sprężystą pracą, aż do zniszczenia. W próbie rozciągania nie obserwuje się odkształceń plastycznych, jak ma to miejsce przy badaniu prętów stalowych. Kruche zniszczenia zbrojenia kompozytowego oznacza, że elementy zbrojone tymi prętami mają bardzo małą zdolność do redystrybucji sił wewnętrznych w fazie zniszczenia. Ograniczenie to powinno być podstawą do wymiarowania przekrojów na podstawie rozkładu odkształceń. W analizie stanów granicznych użyteczności należy pamiętać o stosunkowo niskim module sprężystości prętów (ok. czterokrotnie mniejszy od modułu sprężystości prętów stalowych).

## Porównanie parametrów technicznych prętów stalowych i kompozytowych

Parametry/cechy prętów	Pręty stalowe	Pręty kompozytowe
Średnica [mm]	od $\phi 6$ do $\phi 40$ co 2 mm	od $\phi 2$ do $\phi 30$ co 2 mm
Długość [m]	3, 6, 12 – pręty w wiązkach 50, 100 – pręty w kręgach	3, 6, 12 – pręty w wiązkach 50, 100 – pręty w kręgach
Materiał	stal	włókno węglowe, szklane, aramidowe, bazaltowe 70%+80%, żywica epoksydowa 20%+30%
Wykończenie powierzchni	gładkie, żebrowane	gładkie, żebrowane
Gęstość [ $t/m^3$ ]	7,50 – 7,90	1,90
Wytrzymałość na rozciąganie (przedział) [MPa]	500 – 600	1100 – 1400
Moduł sprężystości (wzdłuż kierunku włókien) [GPa]	200	40 – 50
Wydłużenie próbki przy maksymalnej sile [%]	klasa A: $\geq 2,5$ , klasa B: $\geq 5,0$ , klasa C: $\geq 7,5$	2,20
Temperatura stosowania [ $^{\circ}C$ ]	-60 do +100	-60 do +120 (-70 do +150)
Odporność na korozję	nie	nie wykazuje właściwości korozyjnych
Adhezja z betonem	mechaniczna	mechaniczna + chemiczna
Odporność na oddziaływanie niskich i wysokich (pożar) temperatur	duża rozszerzalność i kurczliwość	nie kurczy się i nie rozszerza
Przewodzenie prądu	tak	nie przewodzą, są izolatorem
Przewodzenie pola elektromagnetycznego	tak	nie przewodzą

\* Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

## Przygotowanie i montaż

Po dostarczeniu prętów kompozytowych na plac budowy należy dokonać ich odbioru, sprawdzając rodzaj, liczbę i średnicę prętów oraz jakość powierzchni. Za wady prętów uważa się występowanie rozwarstwień, pęknięć, złamań oraz obecność materiałów obcych. Nacieki żywicy na prętach kompozytowych nie są uznawane za wadę wyrobu, jeżeli odległość między nimi jest większa niż 100 mm, a ich wysokość wynosi poniżej 1,0 mm w przypadku pręta średnicy 5,0 mm i poniżej 3,0 mm w przypadku pręta średnicy 10,0 mm [7].

Przygotowanie prętów na placu budowy, przed ich ułożeniem w deskowaniu, jest łatwe i szybkie. **Nie ma potrzeby prostowania prętów kompozytowych**, gdyż po odwinieciu z kręgów same się prostują (przyjmują swoją początkową formę), **a także oczyszczania z rdzy**, ponieważ są odporne na korozję.

**Pręty można ciąć ręcznie lub mechanicznie.** Podczas cięcia robotnicy powinni stosować środki ochrony dróg oddechowych (maski) i oczu (okulary) ze względu na pylenie (ograniczenie pylenia – polewanie wodą).

**Gięcie** prętów kompozytowych na placu budowy tradycyjnymi metodami (giętarki ręczne lub mechaniczne) nie jest możliwe. Można je giąć jedynie podczas procesu produkcji w odpowiednich formach zaprojektowanych na określone kształty. Strzemioma, figury zbrojarskie należy zatem zamawiać u producenta.

Prętów kompozytowych **nie można grzewać ani spawać**, natomiast

można je łatwo łączyć tradycyjnymi metodami, tj. drutem wiązałkowym (skręcany cęgami, kluczem), taśmami klejącymi lub zaciskowymi opaskami kablowymi z PVC (tzw. trytytki). Pręty kompozytowe można również łączyć z prętami stalowymi oraz ze zbrojeniem sztywnym (kształtowniki i marki stalowe, samonośne konstrukcje wzmacniające).

Pręty, siatki, szkielety zbrojeniowe należy układać w formie lub deskowaniu z zachowaniem, wymaganej projektem, otuliny oraz stabilizacji. Pręty kompozytowe należy zakotwić lub dociążyć w deskowaniu, ponieważ podczas betonowania elementu istnieje niebezpieczeństwo ich wypierania, aż do wypłynięcia na powierzchnię, przez układaną mieszankę betonową.

## Zastosowanie

Pręty kompozytowe mogą być stosowane w różnych elementach i konstrukcjach budowlanych oraz rodzajach budownictwa, m.in. w:

- budownictwie drogowym, np. do wzmacniania warstw bitumicznych, jako zbrojenie płyt betonowych parkingów, placów manewrowych itp.;
- posadzkach przemysłowych;
- przy produkcji prefabrykowanych elementów betonowych, np. kręgi betonowe, słupki, płyty drogowe, podkłady kolejowe;
- budownictwie mostowym (przyczółki mostowe, wzmacnianie brzegów pod mostami itp.).

Dzięki dużej odporności na korozję pręty kompozytowe są stosowane w środowisku agresywnym, w którym

najważniejsza jest trwałość konstrukcji (zbiorniki do przechowywania odpadów chemicznych, oczyszczalnie ścieków, obory, stajnie, chlewnie, budownictwo górnicze, kanalizacja, melioracja, elementy mostów, nabrzeża morskie i portowe, wzmacnianie nabrzeży itp.).

## Literatura

- [1] ASTM D7205/D7205M – 06 (2011) Standard Test Method for Tensile Properties of Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite Bars.
- [2] ACI 440.3R-04 (2004) Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening.
- [3] ACI 440.1R-06 (2006) Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars.
- [4] ACI 440.6-08 (2008) Specification for Carbon and Glass Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bar Materials for Concrete Reinforcement.
- [5] ACI 440.5-08 (2008) Specification for Construction with Fiber-Reinforced Polymer Reinforcing Bars.
- [6] ACI 440R-07 (2007) Report on Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Reinforcement for Concrete Structures.
- [7] Karta techniczna: Pręty kompozytowe, niemetalowe do zbrojenia betonu. Warunki techniczne. Opracowanie Polprek Sp. z o.o. Warszawa 2012.
- [8] PN-EN 1991-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [9] Łapko A., Urbański M., Problemy badania betonowych elementów zginanych zbrojonych prętami bazaltowymi. Materiały Budowlane, nr 3/2013, 40 – 41.
- [10] Waśniewski T., Sowa Ł., Kamińska M. E., Konsekwencja stosowania prętów kompozytowych FRP jako zbrojenia betonu. Inżynieria i Budownictwo, nr 11/2006, 591 – 594.

## Pręty kompozytowe z włókna szklanego i bazaltowego

### Już dzisiaj zastosuj technologię przyszłości

Pręty Polprek jako jedyne na rynku posiadają polską aprobatę techniczną

### Popraw jakość i obniż koszty

Ceny prętów kompozytowych za ekwiwalent tony stali już od 1700PLN

### Zapraszamy do współpracy

biura projektowe, inwestorów, firmy wykonawcze i producentów wyrobów żelbetowych

**POLPREK Sp. z o.o.**  
ul. Czerniakowska 71  
00-715 Warszawa

tel. +48 22 122 80 08  
E-mail: sprzedaz@polprek.pl  
www.polprek.pl

**Polprek**  
POLSKIE PRĘTY KOMPOZYTYWNE