

Badania przyczepności stali EPSTAL® oraz stali zimnowalcowanej do betonu w warunkach pożarowych

# Dobra przyczepność również w wysokich temperaturach

Magdalena Lisowska<sup>1</sup>



Badanie „na gorąco” – widok próbki przed badaniem. W tle cylindryczny piec, w którym umieszczana jest próbka

Wychodząc naprzeciw europejskim wymaganiom normowym w zakresie projektowania konstrukcji żelbetonowych, polscy producenci stali: Celsa „Huta Ostrowiec” oraz CMC Zawiercie rozpoczęli produkcję nowego gatunku stali zbrojeniowej – B500SP EPSTAL®. Główne jej zalety to wysoka ciągliwość, pełna spajalność, a także dobra przyczepność do betonu. Na zlecenie Centrum Promocji Jakości Stali przeprowadzono badania laboratoryjne potwierdzające wszystkie te podstawowe właściwości. Jednak idąc o krok dalej, produ-

cenci stali EPSTAL®, starając się przewidzieć wszystkie sytuacje, w jakich może znaleźć się obiekt, inicjują innowacyjne badania wykonywane w specyficznych warunkach. Najnowszym z nich jest sprawdzenie przyczepności stali EPSTAL® do betonu w warunkach termicznych występujących w trakcie oraz po przebytych pożarze. Badania te przeprowadzono przy współpracy ze Szkołą Główną Służby Pożarniczej i miały one charakter porównawczy – do wykonania próbek zastosowano dwa rodzaje stali: gorącowalcowaną EPSTAL® klasy C oraz zimnowalcowaną klasy A.

Próby oznaczenia przyczepności betonu do stali poprzez wrywanie prętów z walcowych próbek betonowych wykonano na dwa sposoby.

**Badania „na zimno”** miały na celu oszacowanie przyczepności stali do betonu w warunkach, jakie panują po pożarze. Idea tych badań polegała na podgrzaniu próbki do odpowiedniej, ustalonej temperatury (500 °C, 600 °C lub 700 °C), a następnie, po „niewstrząsowym” jej ochłodzeniu do temperatury pokojowej (ok. 20 °C), poddaniu próbie oznaczenia przyczepności betonu do zbrojenia.

Badania „na zimno” wykazały, iż siły przyczepności dla obu gatunków stali, badane w temperaturze 20 °C bez uprzedniego podgrzewania próbek, są porównywalne. Jednak redukcja sił wrywania po podgrzaniu próbek do temperatury 500 °C, a następnie ich ochłodzeniu, jest już różna dla obu gatunków stali: w przypadku stali C EPSTAL® siła przyczepności uległa redukcji o 3% w stosunku do wartości wyjściowej, natomiast dla stali A redukcja ta wyniosła aż 20%. Zwiększenie temperatury nagrzewania powodowało dalszą redukcję sił wrywających, a więc i przyczepności: po nagrzaniu do temperatury 600 °C o 49% dla stali C EPSTAL® i o 55% dla stali A, natomiast po nagrzaniu do temperatury 700 °C nośność połączenia osiąga 25% – stal C EPSTAL® i 21% – stal A wartości wyjściowej.



Przykład próbki po badaniu z widocznym kanałikiem, w którym umieszczano termoparę mierzącą temperaturę na styku zbrojenie – beton



Badanie „na zimno” – przykład typowego zniszczenia, stal A, temperatura 700 °C

Wyniki tego badania prowadzą do wniosku, iż o ile w przypadku, gdy próbki nie były poddawane wstępnemu podgrzewaniu, wyznaczone dla nich wartości przyczepności są porównywalne, o tyle po ich uprzednim nagrzaniu i ochłodzeniu przyczepność stali C EPSTAL® jest znacząco wyższa od przyczepności stali A, a jej spadek w kolejnych etapach badania jest mniejszy.

**Badania „na gorąco”** to badania przyczepności stali do betonu w warunkach pożaru. Miały one na celu ustalenie temperatury krytycznej, przy której następuje utrata siły przyczepności. W pierwszym etapie próbki umieszczone w piecu poddawano stałej sile wrywającej pręt: 12 kN lub 20 kN. Następnie rozpoczynał się proces grzewczy, zgodnie z założonym rozkładem „temperatura – czas”, przyjętym normowo jako odwzorowanie warunków występujących w czasie pożaru. Temperaturę stopniowo zwiększano, aż do utraty przyczepności stali do betonu.

W przypadku obciążenia siłą 12 kN temperatury krytyczne mierzone na styku pręta z betonem wyniosły: 425,5 °C dla stali C EPSTAL® oraz 293,3 °C dla stali A – różnica pomiędzy temperaturami jest znacząca, wynosi aż 45%. Temperatury krytyczne dla próbek obciążonych siłą 20 kN to odpowiednio: 265,7 °C dla stali C EPSTAL® i 203,0 °C dla stali A. Wyznaczona temperatura krytyczna dla stali EPSTAL® jest wyższa o 31% od temperatury krytycznej wyznaczonej dla stali A.

Analizując powyższe dane można dojść do wniosku, że w temperaturach pożarowych stal klasy C EPSTAL®, przy tym samym poziomie obciążenia zachowuje wyższą zdolność do utrzymania integralności betonu i stali zbrojeniowej, realizowaną siłami przyczepności. W praktyce oznacza to dłuższy czas zachowania nośności w czasie trwania pożaru przez element zbrojony stalą

klasy C EPSTAL® w porównaniu do takiego samego elementu wykorzystującego stal klasy A.

Podsumowując, opisane powyżej badania świadczą o lepszych właściwościach stali EPSTAL® pod kątem zachowania przyczepności między betonem i stalą, a zatem i zachowania nośności, w warunkach po przebytych pożarze oraz w czasie jego trwania.



Badanie „na gorąco” – przykład typowego zniszczenia, stal C EPSTAL®, obciążenie 12 kN

<sup>1</sup> Mgr inż.: Centrum Promocji Jakości Stali, ul. Koszykowa 54, 00-675 Warszawa, tel. 022 630 83 75, faks 022 625 50 49, biuro@cpjs.pl, www.cpjs.pl.

# EPSTAL

Podwyższona  
ciągliwość

Gwarantowana  
spajalność

Identyfikowalność  
dzięki znakowaniu  
literowemu

Rozszerzone ubezpieczenie  
od odpowiedzialności  
cywilnej

**EPSTAL** - gatunek B500SP  
produkowany w ustabilizowanym,  
stałe kontrolowanym procesie

**EPSTAL** dzięki połączeniu wysokiej  
wytrzymałości i podwyższonej ciągliwości  
gwarantuje niezawodność konstrukcji  
żelbetowych.

**EPSTAL** to doskonałość parametrów:

$f_{yk}$ [MPa]	500
$f_{yd}$ [MPa]	420
$f_{tk}$ [MPa]	575
$(f_t/f_y)_k$	1,15 ÷ 1,35
$\epsilon_{uk}$ [%]	8
$C_{eq}$ [%]	≤ 0,50

**EPSTAL** spełnia wymagania  
obowiązujących norm:

- PN-EN 10080:2007
- PN-H 93220:2006
- PN-B 03264:2002 w klasie AIIIN
- Eurokod 2 w klasie C