

## **Zasady projektowania i reguły uzupełniające stosowane dla konstrukcji ze stali nierdzewnych.**

Podstawowe zasady projektowania konstrukcji są opisane w normie PN-EN 1990. Eurokod pełni funkcję nadrzędną dla wszystkich części Eurokodów tj. EN 1993 itd. W normie tej zawarto postanowienia ogólne dotyczące oddziaływań, właściwości materiałów, wielkości geometrycznych i analizy konstrukcji, sformułowano wymagania, omówiono reguły sprawdzania stanów granicznych. Podano reguły sprawdzania stanów granicznych przy zastosowaniu współczynników częściowych.

Podstawą metodą sprawdzania niezawodności konstrukcji budowlanych wg PN-EN 1990 stanowi powszechnie stosowana metoda stanów granicznych i współczynników częściowych. Stany graniczne to stany, po przekroczeniu, których konstrukcja nie spełnia jej kryteriów projektowych. Rozróżnia się stany graniczne: nośności (związane z katastrofą lub zniszczeniem) oraz użyteczności (po przekroczeniu, których konstrukcja przestaje spełniać stawiane jej wymagania użytkowe).

W Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 1-1 opisano projektowanie konstrukcji budynków i innych obiektów inżynierskich ze stali o grubości, co najmniej 3 mm. W części 1-4 scharakteryzowano reguły, które rozszerzają zakres stosowania innych części tego Eurokodu dla stali nierdzewnych. W tej części przedstawiono postanowienia ogólne, określono właściwości mechaniczne stali nierdzewnych, śrub i materiałów spawalniczych. Omówiono stany graniczne użyteczności i nośności, w tym klasyfikację przekrojów i ich nośność, stateczność elementów pełnościennych, projektowanie połączeń na śruby połączeń spawanych. W załącznikach do tej normy omówiono zagadnienia trwałości konstrukcji ze stali nierdzewnych i ich projektowania z uwzględnieniem warunków eksploatacji konstrukcji [1-3].

*Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków [2].*

*Sprawdzanie metodą współczynników częściowych*

*1. Wartości obliczeniowe właściwości materiału*

W projektowaniu konstrukcji stalowych przyjmuje się wartości charakterystyczne  $X_k$  lub wartości nominalne  $X_n$  własności materiału, zgodnie z wskazaniem Eurokodu EN 1993-1-1.

*2. Nośność obliczeniowa*

W odniesieniu do konstrukcji stalowych stosuje się wzór:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} = \frac{1}{\gamma_M} R_k (\eta_1 X_{k1}, \eta_2 X_{k2}, a_d),$$

gdzie  $R_k$  – wartość charakterystyczna specyficznej nośności wyznaczona na podstawie charakterystycznych lub nominalnych wartości właściwości materiału i wymiarów,  $\gamma_M$  – uogólniony współczynnik częściowy związany z nośnością,  $R_d$  – wartość obliczeniowa nośności,  $\eta$  – współczynnik konwersji,  $a_d$  – wartość obliczeniowa wielkości geometrycznej.

*Projektowanie wspomagane badaniami*

Nośności  $R_k$  podawane w tej normie określono wg EN 1990 / Załącznik D.

Przy ustalaniu wartości liczbowych poszczególnych współczynników częściowych  $\gamma_{Mi}$  wartości charakterystyczne  $R_k$  uzyskiwano według wzoru:

$$R_k = R_d \gamma_{Mi},$$

gdzie  $\gamma_{Mi}$  – zalecany współczynnik częściowy dotyczący określonego stanu granicznego.

Wartości liczbowe zalecanych współczynników częściowych  $\gamma_{Mi}$  wyznaczono tak, że wartość  $R_k$  reprezentuje w przybliżeniu 5% - kwanty przy nieskończonej liczbie prób.

Wartości charakterystyczne wytrzymałości zmęczeniowej i współczynniki częściowe przy zmęczeniu  $\gamma_{Mf}$  określone są zgodnie z EN 1993-1-9.

Wartości charakterystyczne związane z udarnością i parametrami bezpieczeństwa przy sprawdzaniu odporności na kruche pękanie określone są zgodnie z EN 1993-1-10.

*Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne. Reguły uzupełniające dla konstrukcji ze stali nierdzewnych [3].*

#### *Parametry materiałowe*

W obliczeniach projektowych, niezależnie od kierunku walcowania przyjmuje się:

- *granice plastyczności*  $f_y$  – równą wartościom nominalnym określonym w tabelicy 1 (odpowiadającym umownej granicy plastyczności przy odkształceniu 0,2%)

- *wytrzymałość na rozciąganie*  $f_u$  – równą wartościom nominalnym zawartym w tabelicy 1.

W przypadku stali nierdzewnych stosuje się wymagania ciągłości określone zgodnie z EN 1993-1-1/ 3.2.2. Przyjmuje się, że stale z tabelicy 1 spełniają te wymagania.

W przypadku konstrukcyjnych kształtowników rurowych właściwości wytrzymałościowe przyjmuje się zgodnie z tabelicy 1, jak dla materiału wyjściowego (taśm walcowanych na zimno, taśm walcowanych na gorąco lub blach).

W obliczeniach można przyjmować podwyższone w skutek zgniotu wartości własności wytrzymałościowych pod warunkiem, że są one potwierdzone badaniami na próbkach pobranych z konstrukcji kształtowników rurowych

W przypadku konstrukcji z elementów walcowanych na zimno bania materiałowe przywoływane w certyfikatach materiałowych wg EN 1090 powinny uwzględniać taki kierunek pobierania próbek, aby wartości obliczeniowe wytrzymałości nie musiały być uzależnione od kierunku walcowania lub przeciągania

#### *Wartości obliczeniowe stałych materiałowych*

##### *Moduł sprężystości:*

Moduł sprężystości  $E=200$  GPa – dla stali austenitycznych i ferrytyczno-austenitycznych typu duplex z wyjątkiem gatunków 1.4539, 1.4529 i 1.4547 dla, których moduł sprężystości  $E=190$  GPa. Dla stali ferrytycznych moduł sprężystości  $E=220$  GPa.

##### *Współczynnik Poissona:*

Współczynnik Poissona (w stanie sprężystym)  $\nu = 0,3$ .

#### *Stany graniczne użyteczności*

Wymagania związane z użytecznością podane w EN 1993-1-1, Rozdział 7 stosuje się także do stali nierdzewnych

##### *Wyznaczanie ugięć*

Do wyznaczania ugięć przyjmuje się sieczny moduł sprężystości  $E_{s,ser}$  odpowiadający naprężeniom w elemencie do kombinacji oddziaływań w stanie granicznym użyteczności, uwzględniając ponadto kierunek walcowania. Jeżeli kierunek walcowania nie jest określony to przyjmuje się wartość dla kierunku podłużnego.

Sieczny moduł sprężystości  $E_{s,ser}$  można wyznaczyć ze wzoru:

$$E_{s,ser} = \frac{E_{s,1} + E_{s,2}}{2},$$

gdzie  $E_{s,1}$  – moduł sieczny odpowiadający naprężeniom w pasie rozciągającym  $\sigma_1$ ,

$E_{s,2}$  – moduł sieczny odpowiadający naprężeniom w pasie ściskającym  $\sigma_2$

Wartości  $E_{s,1}$  i  $E_{s,2}$  odpowiadające miarodajnym naprężeniom w stanie użytkowalności  $\sigma_{i,Ed,ser}$  i określone mu kierunkowi walcowania można wyznaczyć ze wzoru:

$$E_{s,i} = \frac{E}{1 + 0,002 \frac{E}{\sigma_{i,Ed,ser}} \left( \frac{\sigma_{i,Ed,ser}}{f_y} \right)^n},$$

gdzie  $i = 1$  lub  $2$ . W tabelicy 2 przedstawiono wartości współczynnika  $n$  dla wybranych gatunków stali nierdzewnych.

Tablica 1.

Nominalne wartości granicy plastyczności  $f_y$  i wytrzymałości na rozciąganie  $f_u$  dla konstrukcyjnych stali nierdzewnych zgodnie z EN 10088.

Typ stali	Numer stali	Taśmy walcowane na zimno		Taśmy walcowane na gorąco		Blacha walcowana na gorąco		Kształtowniki i pręty	
		t < 6mm		t ≤ 12mm		t ≤ 75mm		f <sub>y</sub>	f <sub>u</sub>
		f <sub>y</sub>	f <sub>u</sub>	f <sub>y</sub>	f <sub>u</sub>	f <sub>y</sub>	f <sub>u</sub>		
		MPa <sup>1)</sup>							
Ferrytyczna	1.4003	280	450	280	450	250 <sup>3)</sup>	450 <sup>3)</sup>	260 <sup>4)</sup>	450 <sup>4)</sup>
	1.4016	160	450	240	450	240 <sup>3)</sup>	430 <sup>3)</sup>	240 <sup>4)</sup>	400 <sup>4)</sup>
	1.4412	210	380	210	380	-	-	-	-
Austenityczna	1.4306	220	520	200	520	200	500	180	460
	1.4307							175	450
	1.4541							190	500
	1.4301	230	540	210	520	210	520	200	500
	1.4401	240	530	220	530	220	520	200	500
	1.4404							230	530
	1.4539							200	500
	1.4571	240	540	220	540	220	520	200	500
	1.4432	240	550	220	550	220	520	270	550
	1.4435							280	580
	1.4311	290	550	270	550	270	550	270	550
	1.4406	300	580	280	580	280	580	280	580
	1.4439	290	580	270	580	270	580	280	580
	1.4429	300	650	300	650	300	650	280	580
1.4547	320	650	300	650	300	650	300	650	
1.4318	350	650	330	650	330	630	-	-	
Duplex	1.4362	420	600	400	600	400	630	400 <sup>2)</sup>	600 <sup>2)</sup>
	1.4462	480	660	460	660	460	640	450	650

<sup>1)</sup> wartości nominalne  $f_y$  i  $f_u$  można przyjmować do obliczeń niezależnie od efektów anizotropii lub wzmocnienia materiału; <sup>2)</sup>  $t \leq 160$  mm; <sup>3)</sup>  $t \leq 25$  mm; <sup>4)</sup>  $t \leq 100$  mm

Tablica 2.  
Wartości współczynnika  $n$ .

Numer stali	Kier. podłużny	Kier. poprzeczny
1.4003	7	11
1.4016	6	14
1.4512	9	16
1.4301 1.4306 1.4307 1.4318 1.4541	6	8
1.4401 1.4404 1.4432 1.4435 1.4539 1.4571	7	9
1.4462 1.4362	5	5

W celu uproszczenia obliczeń można pomijać zmienność  $E_{s,ser}$  na długości elementu, przyjmując na całej jego długości wartość nominalną  $E_{s,ser}$  (odpowiadającą maksymalnej wartości naprężeń ( $\sigma_{1,Ed,ser}$  lub  $\sigma_{2,Ed,ser}$ )).

#### Stany graniczne nośności

Do stali nierdzewnych stosuje się postanowienia normy EN 1993-1-1/Rozdział 5 i 6. Współczynniki częściowe  $\gamma_M$  określone w EN 1993-1-1/ 2.4.3 i występujące w formułach nośności w tym rozdziale normy przyjmuje się zgodnie z tablicą 3

Tablica 3.  
Współczynniki częściowe.

Współczynniki częściowe	Zalecane wartości
Nośność przekroju – uplastycznienie z uwzględnieniem niestateczności miejscowej	$\gamma_{M0}=1,1$
Nośność elementu ze względu na niestateczność	$\gamma_{M1}=1,1$
Nośność przekroju rozciąganego na rozerwanie	$\gamma_{M2}=1,25$
Nośność śrub, nitów, sworzni i spoin oraz blach na docisk	$\gamma_{M2}=1,25$

#### Literatura

- [1] PN-EN 1990, Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.  
 [2] EN 1993-1-1, Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.  
 [3] EN 1993-1-4, Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-4: Reguły ogólne. Reguły uzupełniające dla konstrukcji ze stali nierdzewnych.