

Dane: Graniczne naprężenia ściskające przy obliczeniowej nośności ogniowej stalowych słupów

Opracowanie niniejsze zawiera tablice przedstawiające zależność pomiędzy granicznymi naprężeniami ściskającymi a smukłością względną elementu i temperaturą stali, w przypadku obliczeniowej nośności ogniowej ściskanych osiowo słupów stalowych, ogrzewanych w sposób równomierny. Zastosowanie przedstawionych w opracowaniu danych pozwala na wyznaczenie temperatury krytycznej słupa stalowego dla danych warunków jego obciążenia.

Zawartość

1. Wstęp	2
2. Zasady obliczenia	2
3. Zastosowanie danych do projektowania	3
4. Literatura	8

1. Wstęp

Wymagane zachowanie się elementów konstrukcyjnych w warunkach pożarowych jest określone przez regulacje krajowe. Wymagana przez nie trwałość ogniowa odnosi się do czasu, w którym nastąpi zniszczenie elementu konstrukcyjnego poddanego działaniu standardowego badania pożarowego, przy działaniu obciążenia obliczeniowego. Trwałość ogniowa zależy od liczby kondygnacji, sposobu użytkowania oraz, w niektórych państwach, od obciążenia pożarowego, liczby zagrożonych użytkowników obiektu oraz stosowania środków zaradczych, takich jak urządzenia tryskaczowe.

Oszacowanie trwałości ogniowej elementu konstrukcyjnego oparte jest na odpowiednich badaniach ogniowych lub na obliczeniach. Dane projektowe przedstawione tabelarycznie w niniejszym opracowaniu, umożliwiają określenie nośności elementu w funkcji temperatury. Przy ich użyciu można określić temperaturę krytyczną dla danego poziomu obciążenia, w wypadku słupów ściskanych osiowo, równomiernie nagrzewanych w warunkach pożaru. Elementy częściowo zakryte nie są objęte zakresem dokumentu.

2. Zasady obliczenia

Nośność na wyboczenie $N_{b,fi,Rd}$ elementu ściskanego o przekroju klasy 1, 2 lub 3 i równomiernej temperatury θ_a określona jest według PN-EN 1993-1-2 §4.2.3.2 i może być przekształcona do następującej postaci:

$$N_{b,fi,Rd} = \chi_{fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y = f'_{y,\theta,\bar{\lambda}} \cdot A$$

gdzie A jest polem przekroju poprzecznego, zaś wyrażenie $f'_{y,\theta,\bar{\lambda}} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y$ może być zdefiniowane jako graniczne naprężenie ściskające. Takie przedstawienie formuły nośności zostało przedstawione w projekcie ECSC [4].

Dla danej temperatury θ i określonej smukłości względnej w temperaturze pokojowej $\bar{\lambda}$, współczynnik wyboczenia χ_{fi} oraz współczynnik redukcyjny granicy plastyczności $k_{y,\theta}$ może zostać obliczony korzystając z PN-EN 1993-1-2 §4.2.3.2 oraz §3.2.1. W ten sposób można wyznaczyć wartość $f'_{y,\theta,\bar{\lambda}}$.

Nośność elementu podana w rozdziale 3 jest obliczona na podstawie założenia o równomiernym nagrzaniu słupa. Obliczeniowe wartości są ważne dla elementów o przekrojach klasy 1, 2 i 3 w podwyższonej temperaturze, zgodnie PN-EN 1993-1-2 §4.2.2, patrz opracowanie SD002a.

W przypadku elementów o przekroju poprzecznym klasy 4, temperatura krytyczna przekroju powinna być wyznaczona zgodnie z PN-EN 1993-1-2 §4.2.3.6.

Uwzględniając zalecenia zawarte w PN-EN 1993-1-2 §2.4.2 dotyczące analizy elementu, przy wyznaczaniu danych do projektowania w niniejszym opracowaniu pominięto wpływ termicznego wydłużenia. Tablice projektowe obejmują zakresem gatunki stali S235, S275, S355, S460 których warunki dostawy są zgodne z PN-EN 10025, część od 1 do 6 [3].

3. Zastosowanie danych do projektowania

Właściwości mechaniczne stali i tym samym nośność elementu zmienia się z temperaturą (patrz PN-EN 1993-1-2 §3.2.1). W warunkach pożaru przyjmuje się, że oddziaływania na konstrukcję są stałe. W miarę wzrostu temperatury nośność zmniejsza się, aż do momentu gdy nośność stanie się równa oddziaływaniom i element przestaje spełniać warunki nośności. Temperatura, przy której to następuje nazywana jest temperaturą krytyczną stali $\theta_{a,cr}$. Taka temperatura krytyczna jest funkcją wykorzystania nośności elementu w warunkach pożarowych i jest niezależna od rozmiaru elementu i szybkości jego nagrzewania

Niniejsze opracowanie umożliwi projektantowi wyznaczenie temperatury krytycznej, zależnej od skutku działania oddziaływań w warunkach pożaru. Zanim zostanie wyznaczone zachowanie się elementu w warunkach pożarowych, należy obliczyć czas osiągnięcia przez element temperatury krytycznej. Zalecenia co do wyznaczania tempa nagrzewania elementów nieosłoniętych, narażonych na działanie temperatury narastającej według standardowej krzywej temperatura-czas przedstawiono w SD004, zaś w wypadku elementów osłoniętych w SD005.

3.1 Procedura projektowa

Temperatura krytyczna $\theta_{a,cr}$ zostaje osiągnięta wtedy, gdy obliczeniowa wartość oddziaływań $N_{fi,Ed}$ osiąga obliczeniową wartość nośności elementu $N_{b,fi,Rd}$. Temperatura krytyczna może zostać wyznaczona jak następuje.

Smukłość względna w temperaturze pokojowej obliczana jest przy użyciu metody podanej w PN-EN1993-1-1.

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E} = \frac{L_{fi}}{i \cdot \lambda_1}$$

Gdzie $\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}}$

Zgodnie z PN-EN 1993-1-2 §4.2.3.2, rama stężona której każda kondygnacja stanowi oddzielone ogniowo pomieszczenia z odpowiednią nośnością ogniową, w kondygnacji pośredniej długość wyboczeniowa L_{fi} słupa ciągłego może zostać przyjęta jako $L_{fi} = 0,5 \cdot L$, zaś w przypadku kondygnacji najwyższej długość wyboczeniowa może zostać przyjęta jako $L_{fi} = 0,7 \cdot L$, gdzie L jest długością teoretyczną słupa w rozpatrywanej kondygnacji.

Opierając się na wartości oddziaływań w elemencie, w sytuacji pożarowej wymagane naprężenia ściskające można wyliczyć jako:

$$f'_{y,\theta,\bar{\lambda}} = \frac{N_{fi,Ed}}{A}$$

Bazując na smukłości względnej w temperaturze pokojowej, można wyznaczyć z podanych tablic temperaturę odpowiadającą wymaganym naprężeniom ściskającym.

Stosując nomogramy dla elementów osłoniętych (opracowanie SD005) i nieosłoniętych (opracowanie SD004) można obliczyć czas potrzebny na osiągnięcie temperatury krytycznej. Pozwala to na wyznaczenie zachowania się elementu w warunkach pożaru i porównanie go do wymagań nośności ogniowej.

3.2 Tablice do projektowania w wypadku gatunków stali S235, S275, S355 i S460

Tablica 3.1 Graniczne naprężenia ściskające $f'_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ w wypadku gatunku stali S235

S235	Temperatura θ_a								
	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C	800°C
$\bar{\lambda}(20^\circ\text{C})$	$f'_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ [N/mm ²]								
0,0	235	209	183	147	110	82	54	40	26
0,1	218	194	171	136	102	76	50	37	24
0,2	202	180	159	127	94	70	46	34	22
0,3	187	167	147	117	87	64	42	31	21
0,4	171	154	136	108	80	59	38	29	19
0,5	156	140	124	98	72	53	34	26	18
0,6	140	127	113	89	65	47	30	23	16
0,7	126	114	102	80	58	42	26	21	15
0,8	112	102	91	71	51	37	23	18	13
0,9	99	90	81	63	45	33	20	16	12
1,0	88	80	73	56	40	29	18	14	11
1,1	78	71	65	50	35	25	16	13	9
1,2	70	64	58	45	31	23	14	11	8
1,3	62	57	52	40	28	20	12	10	8
1,4	56	51	47	36	25	18	11	9	7
1,5	50	46	42	32	22	16	10	8	6
1,6	45	42	38	29	20	15	9	7	6
1,7	41	38	35	26	18	13	8	7	5
1,8	37	34	31	24	17	12	7	6	5
1,9	34	31	29	22	15	11	7	5	4
2,0	31	29	26	20	14	10	6	5	4

Tablica 3.2 Graniczne naprężenia ściskające $f'_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ w wypadku gatunku stali S275

S275	Temperatura θ_a								
	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C	800°C
$\bar{\lambda}$ (20°C)	$f'_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ [N/mm ²]								
0,0	275	245	215	172	129	96	63	47	30
0,1	256	228	201	160	120	89	58	43	28
0,2	239	213	188	150	112	83	54	40	27
0,3	222	198	175	139	103	77	50	37	25
0,4	204	183	162	129	95	70	45	34	23
0,5	187	168	149	118	86	64	41	31	21
0,6	169	152	135	107	78	57	36	28	19
0,7	151	137	122	96	69	51	32	25	18
0,8	135	122	110	86	62	45	28	22	16
0,9	120	109	98	76	54	39	24	19	14
1,0	106	97	87	68	48	35	21	17	13
1,1	94	86	78	60	42	31	19	15	11
1,2	83	77	69	54	38	27	16	13	10
1,3	74	68	62	48	33	24	15	12	9
1,4	67	61	56	43	30	21	13	11	8
1,5	60	55	50	39	27	19	12	10	7
1,6	54	50	45	35	24	17	10	9	7
1,7	49	45	41	32	22	16	9	8	6
1,8	45	41	38	29	20	14	9	7	6
1,9	41	38	34	26	18	13	8	6	5
2,0	37	34	32	24	17	12	7	6	5

Tablica 3.3 Graniczne naprężenia ściskające $f'_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ w wypadku gatunku stali S355

S355	Temperatura θ_a								
	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C	800°C
$\bar{\lambda}$ (20°C)	$f'_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ [N/mm ²]								
0,0	355	316	277	222	167	124	82	60	39
0,1	334	297	261	209	157	116	76	57	37
0,2	313	280	246	196	147	109	71	53	35
0,3	293	262	231	184	137	101	66	49	33
0,4	272	243	215	171	126	93	60	46	31
0,5	250	224	199	157	116	85	54	42	28
0,6	227	204	182	143	105	77	49	38	26
0,7	204	185	165	129	94	68	43	34	24
0,8	182	165	148	116	83	60	38	30	21
0,9	161	147	132	103	73	53	33	26	19
1,0	143	130	118	91	65	47	29	23	17
1,1	126	116	105	81	57	41	25	20	15
1,2	112	103	93	72	51	36	22	18	14
1,3	100	92	83	64	45	32	19	16	12
1,4	89	82	75	57	40	29	17	14	11
1,5	80	74	67	52	36	26	15	13	10
1,6	72	66	61	47	32	23	14	11	9
1,7	65	60	55	42	29	21	13	10	8
1,8	59	55	50	38	26	19	11	9	7
1,9	54	50	46	35	24	17	10	9	7
2,0	49	46	42	32	22	16	9	8	6

Tablica 3.4 Graniczne naprężenia ściskające $f_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ w wypadku gatunku stali S460

S460	Temperatura θ_a								
	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C	800°C
$\bar{\lambda}$ (20°C)	$f_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ [N/mm ²]								
0,0	460	409	359	288	216	161	106	78	51
0,1	435	388	341	272	204	152	100	74	48
0,2	412	367	323	258	193	143	93	70	46
0,3	388	346	305	243	181	134	87	65	43
0,4	362	324	286	228	169	125	80	61	41
0,5	335	300	266	211	155	114	73	56	38
0,6	305	275	245	193	141	103	66	51	35
0,7	276	249	222	175	127	92	58	45	32
0,8	246	223	200	157	112	82	51	40	29
0,9	218	199	179	139	99	72	44	35	26
1,0	193	176	159	123	87	63	39	31	23
1,1	170	156	142	109	77	55	34	27	21
1,2	151	138	126	97	68	49	30	24	19
1,3	134	123	112	86	60	43	26	21	17
1,4	119	110	100	77	54	38	23	19	15
1,5	107	99	90	69	48	34	21	17	13
1,6	96	89	81	62	43	31	18	15	12
1,7	87	80	73	56	39	28	17	14	11
1,8	79	73	67	51	35	25	15	13	10
1,9	72	66	61	46	32	23	14	11	9
2,0	66	61	56	42	29	21	12	10	8

4. Literatura

- [1] PN-EN 1993-1-2 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych: Część 1-2 obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.
- [2] PN-EN 13381-4:2004 Metody badawcze ustalania wpływu zabezpieczeń na odporność ogniową elementów konstrukcyjnych - Część 4: Zabezpieczenia elementów stalowych.
- [3] PN-EN 10025 Część 1-6 Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych
- [4] ECSC project "Buckling curves of hot rolled H sections submitted to fire"; CN° 7210-SA/316/515/618/931
- [5] PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Dane: Graniczne naprężenia ściskające przy obliczeniowej nośności ogniowej stalowych słupów		
Odniesienie			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Imię i nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Mike Haller	PARE	12/12/2005
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Mike Haller	PARE	15/02/2006
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez	Marc Brasseur	PARE	
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. Wielka Brytania	W I Simms	SCI	11/1/08
2. Francja	A Bureau	CTICM	27/2/08
3. Szwecja	B Uppfeldt	SBI	14/1/08
4. Niemcy	C Müller	RWTH	16/1/08
5. Hiszpania	J A Chica	Labein	25/1/08
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	D G Brown	SCI	11/3/08
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził:	L. Ślęczka, PRz		
Tłumaczenie zatwierdzone przez:	B. Stankiewicz	PRz	

Informacje ramowe

Tytuł*	Dane: Graniczne naprężenia ściskające przy obliczeniowej nośności ogniowej stalowych słupów	
Seria		
Opis*	Opracowanie niniejsze zawiera tablice przedstawiające zależność pomiędzy granicznymi naprężeniami ściskającymi a smukłością względną elementu i temperaturą stali, w przypadku obliczeniowej nośności ogniowej ściskanych osiowo słupów stalowych, ogrzewanych w sposób równomierny. Zastosowanie danych przedstawionych w opracowaniu pozwalana na wyznaczenie temperatury krytycznej słupa stalowego dla danych warunków jego obciążenia.	
Poziom dostępu*	Umiejętności specjalistyczne	Specjalista
Identyfikator*	Nazwa pliku	D:\ACCESS_STEEL_PL\SD\SD010a-PL-EU_2.doc
Format	Microsoft Word 9.0; 10 stron; 369kb;	
Kategoria*	Typ zasobu	NCCI
	Punkt widzenia	Inżynier
Temat*	Obszar stosowania	Projektowanie pożarowe budynków przemysłowych, mieszkalnych i handlowych
Daty	Data utworzenia	11/01/2008
	Data ostatniej modyfikacji	27/09/2006
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*		Polski
Kontakt	Autor	Mike Haller, PARE
	Sprawdził	Mike Haller, PARE
	Zatwierdził	
	Redaktor	Marc Brasseur, PARE
	Ostatnia modyfikacja	
Słowa kluczowe*	bezpieczeństwo pożarowe, nośność ogniowa, konstrukcje stalowe, słupy, konstrukcja zabezpieczona, niezabezpieczona, temperatura krytyczna	
Zobacz też	Odniesienie do EC	EN1993-1-2, EN13381, EN10025, EN1993-1-1
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	Europa
Instrukcje szczególne		