

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
2. MATERIAŁ	7
2.1. Wiadomości ogólne	7
2.2. Właściwości mechaniczne stali	11
2.3. Model materiału	17
3. WYROBY GIĘTE	20
3.1. Wiadomości ogólne	20
3.2. Typowe wyroby	22
3.3. Formowanie kształtowników	25
4. OCHRONA PRZED KOROZJĄ	31
5. METODY ŁĄCZENIA	35
5.1. Wiadomości ogólne	35
5.2. Nośność połączeń na łączniki mechaniczne	38
5.3. Nowe sposoby łączenia	49
6. KLASYFIKACJA PRZEKROJÓW	52
6.1. Reguły klasyfikacji	52
6.2. Zachowanie się belek o przekrojach klasy 4	54
7. PRZEKRÓJ POPRZECZNY	57
7.1. Dobór przekroju poprzecznego	57
7.2. Postacie niestateczności prętów z kształtowników giętych	63
7.3. Niestateczność miejscowa	66
7.4. Niestateczność dystorsyjna	75
7.5. Proporcje geometryczne przekroju poprzecznego	78
7.6. Geometria naroży	81
7.7. Idealizacja przekroju	82
7.8. Przekrój efektywny	84
7.8.1. Ścianki płaskie bez usztywnień	84
7.8.2. Ścianki płaskie z usztywnieniami brzegowymi	88
7.8.3. Przekrój efektywny zetownika czterogiętego	94
7.8.4. Ścianki płaskie z usztywnieniami pośrednimi	96
7.8.5. Nośność sprężysto-plastyczna przy jednostronnym uplastycznieniu strefy rozcigananej	99
7.9. Przykład obliczania charakterystyk przekroju efektywnego zetownika czterogiętego	100
7.9.1. Efektywny przekrój obliczeniowy	100
7.9.2. Wskaźniki wytrzymałości przekroju efektywnego	102
7.9.3. Pole powierzchni przekroju efektywnego	110
7.9.4. Nośność obliczeniowa przekroju	114
8. OBUDOWA	115
8.1. Wiadomości ogólne	115
8.2. Obudowa jako stężenie powierzchniowe szkieletu	120
8.3. Przepony z prętów i poszycia	124

8.4. Deformacja poszycia między belkami.....	130
8.5. Sztywność podparcia bocznego.....	132
8.6. Sztywność podparcia ze względu na obrót.....	136
8.7. Metodyka doświadczalnego określania sztywności	143
9. PŁATWIE STĘŻONE POSZYCIEM.....	149
9.1. Warunki podparcia i sposób obciążenia	149
9.2. Zachowanie się płatwi stężonych poszyciem	153
9.3. Model belki stężonej poszyciem według PN-EN 1993-1-3.....	162
9.4. Nośność belki stężonej poszyciem według PN-EN 1993-1-3	167
9.5. Stan graniczny użyteczności płatwi	172
9.6. Oparcie płatwi	175
9.6.1. Warunki podparcia przekrojów podporowych.....	175
9.6.2. Reakcje boczne płatwi według PN-EN 1993-1-3	183
10. SCHEMAT STATYCZNY.....	186
10.1. Warunki podparcia	186
10.2. Płatwie jako stężenie przeciwwskętne rygli.....	198
10.3. Model powłokowy.....	205
11. PRZYKŁAD OBLICZANIA PŁATWI Z ZETOWNIKA GIĘTEGO	208
11.1. Dane wyjściowe	208
11.2. Wartości oddziaływań i ich kombinacje.....	212
11.3. Wyznaczanie sił podłużnych w płatwiach.....	220
11.4. Wpływ poszycia na nośność płatwi.....	228
11.5. Weryfikacja stanu granicznego nośności płatwi.....	235
11.6. Weryfikacja stanu granicznego użyteczności płatwi.....	247
11.7. Weryfikacja połączeń śrubowych.....	251
BIBLIOGRAFIA I NORMY	256

1. WSTĘP

Blachy profilowe (fałdowe i kasetowe) oraz płyty warstwowe dominują współcześnie w obudowie stalowych szkieletów budynków. Ich konstrukcję wsporczą tworzą, w zależności od układu, płatwie, pasy górne dachowych dźwigarów kratowych, pełnościennie rygle ram, a także rygle ścienne. O układzie konstrukcji decyduje projektant, biorąc pod uwagę wymagania użytkowania i trwałość elementów. Podczas ostatnich lat nastąpił szybki rozwój rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych lekkiej obudowy. Wpłynęło to istotnie na kształtowanie konstrukcji wsporczej. Najczęściej spotykanym układem dachu jest dach płatwiowy, w którym belki (płatwie) wspierające obudowę usytuowane są poziomo, równoległe do okapu, obrócone zgodnie z nachyleniem połaci. W zależności od rozpiętości, rozstawu, wartości obciążeń mogą to być płatwie z kształtowników walcowanych na gorąco, profilowanych na zimno, płatwie ażurowe bądź kratowe. W ostatnich dekadach szczególnie szeroko rozpowszechniły się stalowe płatwie z kształtowników profilowanych na zimno (giętych), zwłaszcza w systemach hal stalowych. Belki z kształtowników tego rodzaju charakteryzują się korzystnym stosunkiem masy do nośności i sztywności. Ich zastosowanie jest uzasadnione względami wykonawczymi i ekonomicznymi.

Znaczenie wyrobów giętych jest obecnie duże i będzie szybko rosło w związku z ogólnym dążeniem do zmniejszenia masy konstrukcji, co jest współcześnie jednym z wyznaczników nowoczesności. Przemawia za tym również możliwość automatyzacji wytwarzania, co wiąże się z efektywnością produkcji. Walorami płatwi z kształtowników giętych są ich lekkość, wygodny transport i niezwykle prosty montaż. Powierzchnia zewnętrzna wyrobów giętych, w przypadku stosowania materiału wyjściowego w postaci taśm cienkich blach, jest gładka, bez zgorzeliny i może być wykończona bardzo estetycznie powłokami lakierniczymi, metalowymi i plastikowymi.

Pierwsze informacje o produkcji kształtowników giętych pochodzą z roku 1855, kiedy w Stanach Zjednoczonych uruchomiono produkcję małej ilości ceowników z blach o grubości od 1,6 do 3,5 mm [67]. Później zaczęto profilować arkusze blachy falistej, która znalazła szerokie zastosowanie w obudowie budynków inwentarskich i przemysłowych w Stanach Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii w pierwszej połowie XX wieku. W tym czasie z blachy falistej wykonywano również silosy i zasobniki. Pierwsze kształtowniki gięte wykorzystywano, ze względu na ich lekkość, w budowie maszyn i pojazdów. Następnie używano kształtowników giętych na elementy w konstrukcjach szkieletowych hal, takie jak płatwie i rygle ścienne. W końcu XX w. powstały systemy hal niewielkich rozpiętości wykonywane całkowicie z kształtowników giętych. W tym samym czasie na potrzeby budownictwa jednorodzinnego rozwinięto systemy lekkich szkieletów stalowych, które są odmianą tradycyjnych amerykańskich systemów o szkielecie drewnianym. Zastosowanie i rozwój stalowych elementów cienkościennych

w USA zostało przyspieszone przez wydanie w USA pierwszych na świecie wytycznych projektowania elementów z kształtowników giętych "Specification for Design of Cold-Formed Steel Structural Members" przez AISI [61]. Pierwsze edycje zostały oparte w dużej mierze na wynikach doświadczeń George'a Wintera prowadzonych w Cornell University [38, 39].

Pierwsze w kraju wytyczne obliczania i projektowania konstrukcji stalowych z kształtowników giętych zostały opracowane przez COBPKM „Mostostal” w 1980 roku. Pierwsza krajowa odnośna norma została zatwierdzona w 2007 roku [60] i była adaptacją do warunków krajowych projektu części trzeciej normy Eurokod 3 [59]. Obecnie obowiązuje norma PN-EN 1993-1-3 [52] powiązana z normami PN-EN 1993-1-1 [50] i PN-EN 1993-1-5 [55].

W niniejszej publikacji zamieszczono obszernie fragmenty monografii [13] pierwszego z autorów, ponieważ uznano, że ma ona charakter poradnikowy i celowe jest umieszczenie potrzebnych informacji w jednej pozycji, zamiast wielokrotnego odsyłania do innej.