

## 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 rozciąganej .....	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. Sztynność podparcia bocznego.....	132
8.6. Sztynność 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 przeciwskrętne 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.