

dr inż. Manfred FREJNO

Hale stalowe z blachownic spawanych



Rozwój badań doświadczalnych oraz wprowadzenie techniki komputerowej do rozwiązywania zagadnień teorii konstrukcji i praktyki projektowej, spowodował nowe podejście do projektowania i wykonawstwa hal stalowych.

Współczesne konstrukcje stalowe hal znajdują zastosowanie dla parterowych i jednopiętrowych budynków o różnym przeznaczeniu jak: hale magazynowe, produkcyjne, warsztaty, wiaty oraz niektóre budowle użyteczności publicznej (hale wystawiennicze, sportowe itp.).

Konstrukcje te mogą być stosowane również przy przebudowie i unowocześnianiu budynków (fot.1).

Rys historyczny

W ostatnim 20-leciu w Polsce nastąpił olbrzymi rozwój hal stalowych.

Jednym z ułatwień wprowadzenia do praktyki przemysłowej nowych rozwiązań konstrukcyjnych było zastąpienie ciężkiej obudowy z prefabrykatów żelbetowych na dach i ściany lekką obudową z płyt warstwowych lub ocieplonej blachy trapezowej np.: trójwarstwowa ściana: blacha + wełna mineralna + blacha. Hale z lekką obudową były stosowane na Zachodzie Europy już w II połowie XX wieku, gdzie zaczęto wówczas stosować blachownice spawane łukiem krytym o zmiennym momencie bezwładności.

Początki stosowania omawianych rozwiązań miały miejsce w Stanach Zjednoczonych w I połowie XX wieku. Zanim technologia lekkich blachownic dotarła do Europy, na konstrukcje nośne ram hal stalowych stosowano w Anglii blachownice o pasach równoległych, spawane w sposób zmechanizowany.

W Polsce produkcję blachownic spawanych w sposób zmechanizowany rozpoczęto w latach 70-tych ubiegłego wieku. W hucie „Pokój” uruchomiono produkcję blachownic spawanych, wykonywanych na zmechanizowanej linii produkcyjnej firmy „Granges”. Została wówczas zapoczątkowana w kraju produkcja belek pełnościennych bez żeber usztywniających.

Belki te znane pod oznaczeniami: IKS, IKSH, HKS oraz IPBS posiadają środniki równoległe i wykonywane były według normy branżowej BN – 76/06447. Na ówczesne czasy były nowością technologiczną.

W okresie od roku 1980 do początku lat 90-tych nie finansowano w kraju badań doświadczalnych w ośrodkach badawczo-projektowych.

Również Uczelnie Techniczne nie posiadały warunków do przeprowadzania badań oraz wydawania literatury naukowo-technicznej. Dlatego też dawne systemy hal po dokonaniu się przekształceń własnościowych stały się nieekonomiczne.

w zależności od przebiegu sił wewnętrznych ramy.

Poszukiwanie formy konstrukcji spełniającej zarówno warunki bezpieczeństwa jak i ekonomii, doprowadziło do rozwiązań konstrukcyjnych hal stalowych o następujących cechach charakterystycznych: [1]

- duża dowolność w zakresie przyjmowania rozpiętości i rozstawu ram,
- stosowanie lekkich pokryć ścian i dachu,
- ustrój nośny o przekroju dwuteowym z blachownic spawanych ma zmienną wysokość środnika,

Od wielu lat w budownictwie lądowym można zauważyć zastępowanie dźwigarów kratowych przez belki blachownicowe, których jedyną cechą niekorzystną jest większy ciężar jednostkowy.

W latach 90-tych ubiegłego wieku powstały w Polsce firmy, które produkcję hal stalowych oparły na automatycznym spawaniu blachownic łukiem krytym. Blachownice te produkuje się głównie ze zbieżnymi środnikami i o zmiennej grubości pasów i środnika (fot.2).

W tym samym czasie duży procent krajowego rynku wypełniły importowane hale systemowe.

Kształtowanie konstrukcji ram nośnych i charakterystyka hal

Nowoczesne blachownice stanowiące elementy głównego ustroju nośnego hal kształtują się w ten sposób, że środniki słupów są zbieżne od małej wysokości przy fundamentach (przegub techniczny), do większej wysokości przy styku z ryglem ramy (styk nominalnie utwierdzony).

Środniki rygli są podobnie kształtowane

- zmienna grubość środnika i pasów w zależności od przebiegu sił wewnętrznych,
- środniki belek są nieuźebrowane (oprócz strefy podporowej),
- dla hal o średnich rozpiętościach – stosowanie jednostronnych spoin pachwinowych pomiędzy pasami a środnikiem (dotychczas tylko dla hal produkowanych na eksport),
- styki elementów nośnych projektuje się z zastosowaniem śrub o wysokiej wytrzymałości klasy 10.9,
- stosowanie wysokogatunkowych stali,
- automatyzacja wykonania dokumentacji projektowej, szczególnie projektu warsztatowego,
- stosowanie systemu CAD/CAM przy realizacji obiektu.

Nieuźebrowane blachownice ze smukłym środnikiem stanowią nową generację belek stosowanych w ostatnich latach.



W porównaniu do rozwiązań ram z kratownic, belki (ramy) z blachownic są cięższe. Jednakże belki z kratownic są droższe w wykonaniu i mniej wygodne podczas okresowej renowacji zabezpieczeń antykorozyjnych oraz trudniejsze do wykonania zabezpieczenia przeciwpożarowego. Ponadto kratownice są bardziej wrażliwe na wpływy mechaniczne i niemechaniczne. Dlatego też, od wielu lat w budownictwie lądowym można zauważyć zastępowanie dźwigarów kratowych przez belki blachownicowe, których jedyną cechą niekorzystną jest większy ciężar jednostkowy. Jest to skutek dużego udziału ciężaru środka w wadze ogólnej przekroju.

Stąd też współczesne rozwiązania konstrukcji blachownic mają na uwadze minimalizowanie grubości środka, którego nośność jest wykorzystywana jedynie w ściśnionych strefach przypodporowych (fot.3), natomiast w strefach środkowych przęsła, gdzie dominują momenty zginające, a siła poprzeczna dąży do zera – nośność środka jest wykorzystywana minimalnie.

Według [2] udział środków w przekroju poprzecznym blachownicy wynosi 40-60%, natomiast przenoszenie momentu zginającego przez środek wynosi 8-15% nośności blachownicy.

Według [3] blachownice wykazują przy zginaniu dużą nadkrytyczną rezerwę nośności, która ujawnia się szczególnie wyraźnie w przypadku zastosowania sztywnych pasów i smukłych środków. Jak wykazały badania doświadczalne, prowadzone od lat 30-tych ubiegłego wieku, obciążenia niszczące dla tego typu blachownic mogą być znacznie wyższe od obciążeń krytycznych określonych dla idealnych modeli płytowych i ich środków.

Blachownice zaprojektowane według kryterium nośności w stanie dokrytycznym środka nie będą konkurencyjne pod względem materiałochołoności z kratownicami.

Wykorzystywanie nośności blachownicy w stanie nadkrytycznym powoduje, że zaczyna ona być konkurencyjna pod względem zużycia materiału z kratownicą, zaś inne zalety belek pełnościennych (automatyczne spawanie, mniejsza pracochłonność, łatwiejsza renowacja powłok malarskich) dają blachownicom ewidentną przewagę, szczególnie wówczas, gdy zastosuje się blachownice nieuźebrowane (z wyjątkiem żeber przy podporach).

Badania doświadczalne

Rozwój badań doświadczalnych oraz wprowadzenie techniki komputerowej do rozwiązywania zagadnień teorii konstrukcji i praktyki projektowej spowodował nowe podejście do projektowania i wykonawstwa hal stalowych. Na zachodzie Europy dzięki badaniom i pracom teoretycznym przez wiele lat były ulepszane hale systemowe z blachownic spawanych.

Nie wszystkie rozwiązania technologiczne omawianych hal były zgodne z obowiązującymi polskimi normami.

W importowanych halach systemowych ważnymi nowościami były nieuźebrowane środki oraz jednostronne spoiny pachwinowe pomiędzy środkiem a pasami.

Po 1995 roku w kraju również rozpoczęto badanie wielu zagadnień z dziedziny konstrukcji stalowych, w tym również związanych z elementami stalowych hal.

Według [4] badania modelowe są prowadzone najczęściej po to, aby sprawdzać czy opisy teoretyczne właściwie odzwierciedlają zachowanie się konstrukcji i jakie są rzeczywiste mechanizmy zniszczenia.

W przypadku obciążeń wywołujących stany sprężysto-plastyczne, w zachowaniach modeli zachodzą związki nieliniowe i uplastycznieniu ulegają coraz większe obszary elementów.

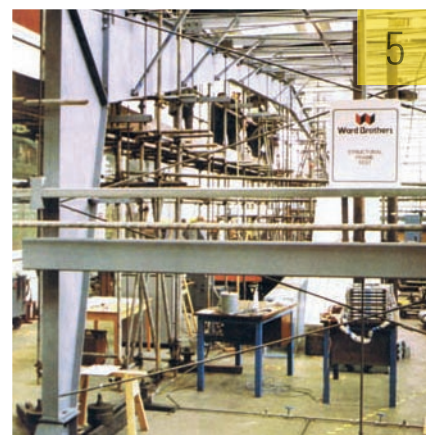
Badania muszą być wówczas prowadzone na modelach w skali naturalnej. Wpły-

wy imperfekcji tylko wtedy będą określone właściwie, gdy modele zostaną wykonane w warunkach charakterystycznych dla wykonywania konstrukcji budowlanych, a więc w wytwórniach konstrukcji stalowych.

W roku 1986 w Anglii przeprowadzono interesujące badania, gdzie modele były fragmentami dwóch hal o naturalnej wielkości. Mianowicie stężone ramy hali o rozpiętościach odpowiednio 30,0 m (fot. 5) oraz 21,0 m wykonano z blachownic spawanych o zbieżnych średnicach nieuźebrowanych. Do badań tych zastosowano również płatwie i rygle ścienne wykonane z elementów zimnogiętych i rozmieszczono je standardowo odpowiednio na ryglach ram i słupach. Zestawiono więc kompletny fragment hali składający się z dwóch ram w skali naturalnej. Ramy te stężono odpowiednimi stężeniami połączowymi i pionowymi. W ten sposób powstał segment (jedno pole) systemowej hali.

Obciążano badaną halę (fragment) siłami odpowiadającymi reakcjom z płatwi (dobierając odpowiednie obciążenia możliwe z oddziaływań na dach) oraz przeprowadzono symulację obciążenia wiatrem na model. Zniszczenie konstrukcji nie nastąpiło pod siłami skupionymi obciążającymi nieuźebrowany środek, lecz nastąpiło pęknięcie pasa słupa od strony ściskanej (przy obciążeniach krytycznych).

W raporcie z badań [5] opisano, że test ten pozwolił na wprowadzenie do praktyki projektowanej określonej firmy stosowania środków o smukłości ≤ 190 dla rygli i słupów ram, mimo że ówczesna norma BS449 [6] ograniczała smukłość dopuszczalną w przedziale $65 \div 85$ w zależności od gatunku materiału. Zagadnieniom nośności nieuźebrowanych blachownic spawanych poświęcono wiele prac eksperymentalnych. Mimo że PN-90/B-03200 nie określa jednoznacznie problemu dopuszczenia blachownic nieuźebrowanych,



istnieje wiele procedur pozwalających projektować takie belki. Wśród tych procedur można wymienić Eurokod-3 i inne podane w pracy [1].

Omawiane procedury dla nieuzbrojonych blachownic dotyczyły belek o równoległych środnikach. Zasady sprawdzania nośności prętów ram o zbieżnych środnikach podano w normie DIN 18800 [7].

nych środników jest szeroko badany na całym świecie. Za główną przyczynę tych badań należy uznać niemożność dotrzymania zbyt ostrych reżimów odbiorowych z powodu nieprostowalności cienkich blach metodą termiczną. Mała grubość blachy nie pozwala na wywołanie takiego gradientu temperatury na grubości, aby z jednej strony (nagrzanej) materiał uległ

– powstanie załomu plastycznego środnika oraz poprzecznych załamów pasa, – sprężystą utratę stateczności środnika – wyczerpanie rezerwy nośności nadkrytycznej, – wyboczenia lokalnego pasa ściskanego w kierunku środnika. Zagadnieniami wymienionymi w pkt. a) i b) zajmowało się wielu badaczy. Omawiany temat został szczegółowo omówiony w pracy [12].

Z przytoczonych wyżej w skrócie 3 wpływów na nieuzbrojone blachownice spawane wynika złożoność omawianego zagadnienia.

Sprawa jeszcze bardziej może być skomplikowana, gdy zastosujemy nową technologię produkcji blachownic omówioną w dalszej części artykułu.

Wprowadzenie nowych gatunków stali o wysokiej wytrzymałości oraz dążenie uczestników procesu inwestycyjnego do obniżania ciężaru konstrukcji hal powoduje stosowanie blachownic o smukłych przekrojach poprzecznych. Powyższe nie może odbywać się kosztem bezpieczeństwa. Zatem wdrożenie takich technologii poprzedzały jak już wspomniano długoletnie badania doświadczalne. Zastosowanie w przekrojach blachownic środników o grubości kilku milimetrów oraz spawanie automatyczne łukiem krytym pozwoliło na wprowadzenie w Europie Zachodniej łączenia pasów ze środnikiem przy pomocy jednostronnych spoin pachwinowych.

Rozwiązanie takie stosowane było w Anglii i Niemczech od 1987 roku, lecz badania na ten temat nie zostały opublikowane. W roku 1999 rozpoczęto w kraju badania blachownic z jednostronnymi spoinami pachwinowymi. Zaprojektowano 10 belek o rozpiętości 6,0 m i smukłościach: 125, 140, 175, 200, 250 [11]. Blachownice te wykonano na automacie spawalniczym lu-

Współczesne rozwiązania konstrukcji blachownic mają na uwadze minimalizowanie grubości środnika, którego nośność jest wykorzystywana jedynie w ścinanych strefach przypodporowych.

Również prace [8], [9] i [10] dotyczą blachownic o zbieżnych środnikach. W pracy [8] została wyznaczona smukłość słupa o zbieżnym środniku dla ramy jedno-przęsłowej, natomiast w pracy [9] nośność słupów stalowych o zmiennym przekroju. W pracy [10] przedstawiono wyniki analiz numerycznych nośności słupa ramy o zbieżnym środniku, wykonanych metodą elementów skończonych z uwzględnieniem nieliniowości geometrycznych i materiałowych. Przedstawiono również wnioski ogólne, które dotyczą wykorzystania Eurokodu-3 przy projektowaniu ram o zbieżnych środnikach w dostosowaniu do normy PN-90/B-03200.

Nieuzbrojone blachownice o smukłych środnikach w początkowych okresach wdrażania ich do produkcji posiadały wygięcia wstępne przekraczające normowe wartości. W miarę gromadzenia doświadczeń na temat usztywniającej roli pasów dla środników, wartości dopuszczalnych ugięć normowych ulegały liberalizacji, np. wg PN/B-06200: z $h/300$ w latach 70-tych do $h/150$ w latach 80-tych dwudziestego wieku.

Problem dopuszczalnych wygięć wstęp-

termicznemu uplastycznieniu, a z drugiej strony pozostawał w stanie sprężystym.

Oprócz wygięć wstępnych elementów, do obniżenia nośności konstrukcji mogą przyczynić się naprężenia własne o dużej wartości, do których zalicza się pozostające naprężenia spawalnicze. W tak zwanych strefach aktywnych przekroju rozciągające naprężenia własne obniżają odporność materiału na pęknięcie kruche, zaś poza strefami aktywnymi – ściskające naprężenia własne zmniejszają nośność przekroju lub elementu, co znalazło odzwierciedlenie w zmniejszeniu wartości współczynnika niestateczności φ_p i φ_{pe} , a także φ i φ_L , w przepisach normy PN-90/B-03200.

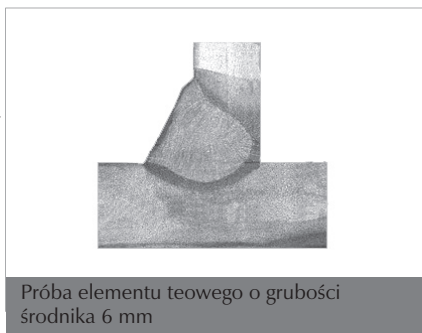
Następnym czynnikiem mającym wpływ na nośność blachownic jest działanie sił skupionych. Problem nośności belek dwuteowych obciążonych siłami skupionymi na pasie wymaga podejścia dwuetapowego, a mianowicie wyznaczenia:

- rozkładu naprężeń w środniku,
- nośności przekroju belki ze względu na możliwe mechanizmy zniszczenia jak:
 - uplastycznienie materiału środnika w powierzchni kontaktu z pasem,



kiem krytym stosując jednostronne spoiny pachwinowe łączące pasy ze średnikiem [rysunek poniżej].

Rys. Trasko-Stal



W każdym z modeli stwierdzono wstępne imperfekcje geometryczne średnika, a w niektórych również pasów. Otrzymano więc 10 modeli blachownic o rozpiętości po 6,0 m. Blachownice te stanowiły modele badawcze elementów w skali naturalnej z imperfekcjami. Każdy z modeli obciążano za pomocą 2 siłowników o nośności po 500 kN.

Celem badań było: [12]

Wyznaczenie nośności granicznej zginanych blachownic bezżebrowych ze średnikiem o dużej smukłości, łączonym z pasami za pomocą jednostronnych spoin pachwinowych o głębokim przetopie.

Sprawdzenie wytrzymałości zmęczeniowej niskocyklowej jednostronnych spoin pachwinowych w miejscach uprzedniego działania sił skupionych (siłowników) metodą próby na przeginięcie wokół osi podłużnej spoiny.

W wyniku omawianych badań wykazano:

- Jednostronne spoiny pachwinowe o głębokim przetopie, wykonywane w sposób zautomatyzowany łukiem krytym przy wytwarzaniu bezżebrowych dwuteowych blachownic spawanych o smukłych średnikach mogą mieć parametry wytrzymałościowe i plastyczne identycz-

ne jak zastosowane w takich połączeniach spoiny czołowe,

- Średniki blachownic bezżebrowych spawanych jednostronną spoiną pachwinową, mogą przy dużych smukłościach $\lambda_w \geq 200$ wykazywać się dużą wrażliwością na takie zmiany wstępnych wygięć średnika podczas procesu obciążania, które wyraźnie zmniejszają nośność krytyczną tych blachownic przy zginaniu,
- Badane belki dwuteowe, wykonane techniką spoin jednostronnych, wykazywały się nośnością krytyczną przy zginaniu wyraźnie większą od obliczeniowej nośności krytycznej, wyznaczonej według normy PN-90/B-09200 dla smukłości średnika $\lambda < 200$.

W pracy [12] rozwiązano również analitycznie nośność krytyczną badanych belek.

Wybrane realizacje

Od około 15 lat produkowane są w kraju hale z nieuzębrowanych blachownic spawanych. Hale te produkowane są zarówno na rynek krajowy, jak i zagraniczny (kraje dawnej Unii Europejskiej i Rosja). Najwięcej zapotrzebowania było w tym okresie na hale magazynowe, pawilony handlowe oraz salony sprzedaży samochodów. Hale te charakteryzują się średnią rozpiętością przeszła: 21,0 ÷ 36,0 m.

Jeśli występują przeszła mniejsze od 21,0 m – ramy nośne mogą być zaprojektowane z elementów walcowanych typu IPE lub HEB. Na fot. 4 przedstawiono fragment hali magazynowej o konstrukcji mieszanej – część o małej rozpiętości wykonano z przekrojów IPE, o większej rozpiętości – z blachownic spawanych.

Mało buduje się hal wystawienniczych i sportowych. Przykłady takich hal o rozpiętości odpowiednio 66,0 i 59,0 m bez podpór pośrednich przedstawiono na Fot. 6a i 6b.

W halach wielonawowych należy zwró-

cić uwagę na fakt, że pionowe stężenia podłużnego układu hali, które znajdują się w wewnętrznych rzędach hali nie powinny być projektowane jako krzyżowe, lecz w formie portali kratowych lub blachownicowych (dla zachowania swobodnej komunikacji między nawami). Przykład portali z blachownic spawanych przedstawia fot. 7.

Jeśli dla hal magazynowych transport wewnętrzny często odbywa się przy pomocy wózków widłowych to dla hal produkcyjnych często transport rozwiązywany jest przy pomocy suwnic natorowych bądź podwieszanych. Na fot. 8 przedstawiono fragment hali produkcyjnej z belkami podsuwnicowymi. Hale takie nie powinny być projektowane z elementami o jednostronnych spoinach pachwinowych. Szczególnie belki podsuwnicowe muszą często mieć średniki uźebrowane, aby były spełnione warunki wymagane dla konstrukcji poddanych obciążeniom zmęczeniowym. Również słupy obciążone suwnicami nie powinny być projektowane w stanie nadkrytycznym.

Na fot. 9 i 10 przedstawiono fragmenty zrealizowanych hal z lekką obudową o konstrukcji nośnej z blachownic spawanych. Pierwsza jest halą produkcyjną, druga – centrum logistycznym.

Technologia produkcji

Produkcja blachownic oparta jest na automatycznym ich spawaniu łukiem krytym. Blachownice te produkuje się głównie ze zbieżnymi średnikami i o zmiennej jego grubości. Obecnie na średniki lekkich hal o średniej rozpiętości przeszła stosuje się grubość $t_w \geq 4$ mm. Gotowe elementy blachownic spawanych typu IKS i inne nie mają zastosowania dla konstrukcji nośnej hal, gdyż są wyprodukowane z elementów o dużych grubościach i nadają się dla budownictwa ciężkiego np. przemysłowego



Zautomatyzowane wytwarzanie dwuteowych blachownic techniką jednostronnego spawania pachwinowego aparatami dwugłowicowymi pozwala na prawie dwukrotne zmniejszenie czasu i kosztów wytwarzania takich elementów konstrukcyjnych w stosunku do tradycyjnej techniki dwustronnego wykonywania spoin pachwinowych.

lub na stropy w budynkach i halach. Gotowych elementów o pasach równoległych nie stosuje się do ram hal stalowych również z tego powodu, że na długości blachownicy zmienia się nie tylko wysokość średnika, lecz również jego grubość i grubość pasów.

Małe grubości średnika stosuje się poza obszarem dużego ścinania, a więc w przeszłach. Blachownice spawane automatycznie łukiem krytym wyróżniają się w stosunku do wyrobów produkowanych tradycyjnie:

- wysoką jakością połączenia spawanych pasów z średnikiem,
- niską wartością naprężeń spawalniczych,
- dużą dokładnością kształtu.

Na fot. 13 przedstawiono maszynę do automatycznego spawania łukiem krytym. Po wykonaniu spoin po jednej stronie belki zostaje ona obrócona i przeniesiona suwnicą ponownie na początek tego samego agregatu i spawana jest druga strona belki.

Istnieją również bardziej wydajne maszyny do spawania łukiem krytym. W maszynach tych po wykonaniu spoin po jednej stronie średnika belka jest przesuwana rolkami do urządzenia hydraulicznego, które obraca belkę, a następnie belka jest przemieszczana na drugi ciąg produkcyjny i podana do innego automatu spawalniczego (fot 12). Zautomatyzowane wytwarzanie dwuteowych blachownic techniką jednostronnego spawania pachwinowego

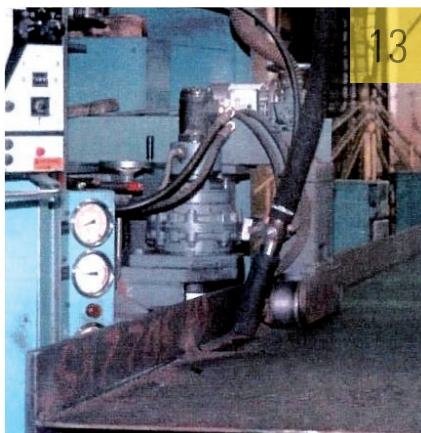
aparatai dwugłowicowymi pozwala na znaczne – prawie dwukrotne (około czterdziestoprocentowe) zmniejszenie czasu i kosztów wytwarzania takich elementów konstrukcyjnych w stosunku do tradycyjnej techniki dwustronnego wykonywania spoin pachwinowych.

Współczesne, automatyczne procesy spawalnicze umożliwiają wytwarzanie dwuteowych blachownic o smukłych średnikach przy zastosowaniu jednostronnych spoin pachwinowych o dobrej jakości i dobrych parametrach wytrzymałościowych i plastycznych, co stwierdzono badając na przegianinie wycięte próbki teowe poddane uprzednio obciążeniu krytycznemu. [12]

Sposoby montażu hal o dużej rozpiętości

Aby montaż hal z blachownic spawanych przebiegał sprawnie i szybko – od wczesnych okresów rozwoju tego rozwiązania odstąpiono od stosowania spawania na budowie. Zwykłe hale o małych i średnich rozpiętościach są sprawnie montowane na budowie dzięki stosowaniu połączeń na śruby o wysokiej wytrzymałości klasy 10.9.

Aby dopasować dwa elementy w styku blachownicy – blachy czołowe muszą



mieć dużą dokładność wykonanych w niej otworów na śruby. Dawniej na rysunkach warsztatowych musiała znaleźć się uwaga, aby wiercić i rozwiercać takie pary elementów przylegających wspólnie.

Nowoczesne wytwarzanie takich blach maszynami sterowanymi numerycznie (fot. 11) polega m.in. na wycinaniu identycznych blach, które można zastosować w całym obiekcie.

Dzięki omówionej wyżej technologii wykonywania blach czołowych – na montażu należy jedynie zadbać o właściwe dokręcenie śrub kluczem dynamometrycznym o momencie dokręcenia podanym w dokumentacji (w funkcji średnicy śruby i technologii jej wykonania).

W halach o dużych rozpiętościach takich styków występuje wiele na jednej ramie. Należy więc znaleźć sposoby, aby większość styków montażowych wykonać „na ziemi” przed zamontowaniem na wysokości właściwej. Np. dla hali o rozpiętości 66,0 m bez podparcia pośredniego przewidziano następującą technologię montażu ram głównych:

- zamontowano słupy zewnętrzne i tymczasowo podparto,
 - rygle ram połączono parami na powierzchni terenu i wykonano wszystkie styki na długości 66,0 m przy pomocy śrub o wysokiej wytrzymałości (fot. 14),
 - dwoma dźwigami zostały podniesione scalone rygle do właściwej wysokości,
 - połączono 4 styki w narożach ram.
- Dzięki takiej technologii na wysokości wykonano tylko nieliczne styki.

Dla hali o rozpiętości 72,0 m bez podparcia pośredniego montaż przeprowadzo-

no w ten sposób, że na poziomie terenu zmontowano jedną połowę rusztu, który był konstrukcją nośną dachu i podniesiono do wysokości ponad słupami. Druga część rusztu również była montowana na poziomie terenu i podniesiona.

Zostało pomiędzy tymi częściami pole o długości 1 „oczka” rusztu tj. 9,0 m (fot. 15). W powietrzu zmontowano tylko belki o rozpiętości 9,0 m na środku obiektu oraz połączenia ze słupami.

Blachownice o zmiennym momencie bezwładności, produkowane na zautomatyzowanych urządzeniach spawalniczych, stanowiące główny ustrój nośny nowoczesnych hal stalowych, są bezpiecznym i ekonomicznym rozwiązaniem konstrukcyjnym tych obiektów.

Omówione rozwiązania z zastosowaniem nieuzębrowanych blachownic o smukłych średnicach zostały wdrożone do praktyki projektowej dzięki badaniom doświadczalnym oraz rozwojowi procedur obliczeniowych takich elementów konstrukcji budowlanych obciążonych statycznie.

dr inż. Manfred Frejno

Fot. 1 -13 – zdjęcia archiwum Trasko-Stal
Fot. 14 i 15 – zdjęcia Zdzisław Nowicki

Literatura:

- [1] Frejno M.; Współczesne konstrukcje parterowych hal stalowych z blachownic spawanych. VII Sympozjum z cyklu: Nowe Osiągnięcia Nauki i Techniki w Budownictwie. Rzeszów, luty 2006.
- [2] Biegus A.; Stalowe budynki halowe. Warszawa, Arkady 2003.

[3] Piekarczyk M. „Granica użyteczności blachownicy ze względu na wybrzuszenie średnic.” IX Międzynarodowa Konferencja Konstrukcje Metalowe, Kraków 1995 r.

[4] Kubica E.; Nośność graniczna i sztywność podłużna cienkościennych elementów stalowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2005.

[5] Test Report on Tapered Steel Mainframes. Ward Building Systems. England 1986.

[6] Norma Brytyjska Nr 449, część 2. Zastosowanie konstrukcji stalowej w budynkach. Brytyjski Instytut Normalizacyjny. Londyn 1969.

[7] DIN 18800 Stahlbauten, Teil 1. 1990.

[8] Garncarek R., Cykowski W.; Wyznaczenie smukłości słupa o zbieżnym średnicy w płaszczyźnie ramy przechyłowej. Konstrukcje stalowe Nr 1 (15) Kwiecień 1997

[9] Mendera Z.; Nośność słupów stalowych o zmiennym przekroju. Inżynieria i Budownictwo Nr 9, 1994

[10] Hotała E., Pasternak H., Rykaluk K.; Wymiarowanie dwuteowych prętów stalowych o zbieżnych średnicach, XLV Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Krynica, 1999

[11] Frejno M.; Założenia do badań nośności dwuteowych blachownic spawanych jednostronnymi spoinami pachwinowymi. Ostrów Wlkp. 1999

[12] Frejno M.; Nośność graniczna nieuzębrowanych bisymetrycznych dwuteowych blachownic spawanych jednostronnymi spoinami pachwinowymi. Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Rozprawa doktorska, Wrocław 2003.

Zapraszamy na nasze stoisko na targach Budma
MTP Poznań, Pawilon 8A, stoisko nr 37
20-23 stycznia 2009

NOWOCZESNE HALE STALOWE

WWW.TRASKOSTAL.PL



TRASKOSTAL