

INŻYNIERIA i BUDOWNICTWO

2020

ISSN 0021-0315

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO ZWIĄZKU INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA

Zeszyt dedykowany Profesorowi Jerzemu Ziółko

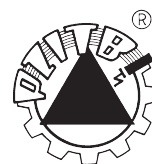


Budowa zbiorników ze stali Lean Duplex
o średnicy 23,5 m i ciężarze 120 t

INŻYNIERIA i BUDOWNICTWO

Rok LXXVI (rok założenia 1938)

WARSZAWA, STYCZEŃ-LUTY 2020



Miesięcznik
POLSKIEGO ZWIĄZKU
INŻYNIERÓW
I TECHNIKÓW
BUDOWNICTWA

1-2/2020

SPIS TREŚCI

strona

Od redakcji	3	
E. Urbańska-Galewska, M. Giżejowski, A. Kozłowski – Uroczyste posiedzenie Sekcji Konstrukcji Metalowych KILiW PAN poświęcone jubileuszowi 85-lecia Profesora <i>Jerzego Ziółko</i>	3	
P. Iwicki – O historii i działalności Katedry Konstrukcji Metalowych Politechniki Gdańskiej	8	
J. Ziółko, M. Giżejowski – O działalności dr inż. <i>Ewy Supernak</i> – wieloletniej sekretarz naukowej Sekcji Konstrukcji Metalowych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN	11	
B. Wichtowski, J. Ziółko – Awaria dwóch zbiorników na gaz i ich naprawa	16	
ZAGADNIENIA KONSTRUKCYJNE I MATERIAŁOWE		
S. Wierzbicki, M. Giżejowski, M. Cwyl, Z. Stachura – Ocena przyczyn awarii stalowej konstrukcji hali w kontekście metod projektowania	20	
K. Jastrzębski, A. Kozłowski – Analiza zużycia stali na płatwie z kształtowników zetowych giętych na zimno	25	
J. Went, A. Kruczyński – Budowa zbiorników ze stali Duplex metodą unoszenia	29	
J. Hołowaty, B. Wichtowski – Właściwości stali konstrukcyjnej mostów na linii kolejowej nr 275 – linii badań zmęczenia <i>Augusta Wöhlera</i>	31	
P. Kawecki, W. Kawecki, J. Łaguna – Obserwacje wpływu eksploatacji górniczej na bezpieczeństwo konstrukcji estakady stalowej	35	
K. Konecki – O technologii wykonania otworów stalowego połączenia zakładkowego w świetle normy PN-EN 1090-2:2018	38	
TEORIA I BADANIA NAUKOWE		
M. Giżejowski, P. Wiedro – Analityczne modele eurokodowe i symulacje numeryczne wyboczenia technicznego prętów stalowych	41	
P. Lorkowski, B. Gosowski – Badania na zwężeniu stalowych elementów dwugązłowych skrutowanych w jednej płaszczyźnie	50	
Sz. Pałkowski – Wybrane zagadnienia stateczności liniowej konstrukcji prętowych	56	
M. Giżejowski, Z. Stachura, A. Barszcz – Metoda ogólna sprawdzania wyboczenia giętno-skrętnego dwuteowych elementów stalowych – aktualny stan i kierunki badań na Politechnice Warszawskiej	60	
E. Bernatowska, L. Ślęcka – Ocena trwałości zmęczeniowej metodą naprężeń efektywnych	67	
PORADNIK KONSTRUKTORA		
K. Rejowski, P. Iwicki, J. Tejchman – Uprozczone metody obliczania cylindrycznych silosów z blachy falistej i słupów cienkościennych	71	
A. Wojnar, K. Sienkowska, P. Szpetnar – Analiza obliczeniowa konstrukcji stalowej hali przemysłowej z uwzględnieniem warunków pożarowych	77	
K. Marcinczak, W. Lorenc – Gięcie na zimno stalowych elementów grubościennych – kierunki prac na Politechnice Wrocławskiej	81	
J. Górski, T. Mikulski, M. Oziębło, P. Sorn, K. Winkelmann – Modelowanie losowych imperfekcji geometrycznych przestrzennych konstrukcji metalowych	85	
P. Kossakowski – Obciążenia wyjątkowe zaspami śnieżnymi w rejonie występow, przeszkód i attyk według normy PN-EN 1991-1-3	89	
M. Krajewski – O analizach kratownicy ze ściskającym pasem dolnym	92	
P. Deniziak – O wymiarowaniu kształtowników giętych na zimno według eurokodów i norm amerykańskich	96	
A. Raczak – O zwiększaniu trwałości zmęczeniowej połączeń spawanych	98	
DYSKUSJE		
T. Arciszewski – Inżynieria wynalazczości kluczem do przyszłości budownictwa	102	
KRONIKA		
A. Wojnar, K. Sienkowska, A. Kozłowski – Nagrody w konkursie ECCS na najlepszy projekt konstrukcji stalowej w Europie	109	
KONFERENCJE NAUKOWE		
J. Zamorowski, G. Gremza – O tematyce wykładów XXXV ogólnopolskiej konferencji „Warsztat pracy projektanta konstrukcji” w Wiśle w marcu 2020 r.	112	
M. Maślak – Konferencja naukowa w Kapsztadzie na temat metod obliczeniowych w mechanice i inżynierii lądowej	115	
W. Barciewicz – Druga edycja „Dnia stali” w ramach programu „Buduj ze stali” Konferencja ICMS 2021	117	
RECENZJE		7, 70
INFORMACJE		10, 28, 49, 120

Tematyka czasopisma

Ogólne problemy budownictwa i inżynierii lądowej, teoria konstrukcji, kształtowanie, wspaganie komputerowe, projektowanie, realizacja, diagnostyka i utrzymanie obiektów budowlanych, inżynierskich i specjalnych, w tym mostów, budowli podziemnych i komunalnych, badania materiałów, elementów i konstrukcji, fizyka budowli, geotechnika, normalizacja, jakość i certyfikacja, kształcenie kadr oraz aktualne sprawy środowiska budowlanego.

Artykuły są recenzowane. Za publikację w czasopiśmie naukowym „Inżynieria i Budownictwo” uzyskuje się 5 punktów (Rozporządzenie MNiSW z 22.02.2019 r. w sprawie ewaluacji jakości działalności naukowej).

Wydawca

Fundacja PZITB Inżynieria i Budownictwo 00-050 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14
Przewodniczący Rady Fundacji prof. dr hab. inż. Kazimierz Flaga, dr h.c. multi

Redakcja

00-637 Warszawa, Al. Armii Ludowej 16, pokój 626A
Politechnika – Wydział Inżynierii Lądowej, tel./fax 22-629-69-86.
e-mail: pztibinzynieria@neostrada.pl www.inzynieriaibudownictwo.pl
redakcja@inzynieriaibudownictwo.pl www.zgpzib.org.pl

Kolegium Redakcyjne

Redaktor naczelna prof. dr hab. inż. Hanna Michalak, **zastępca redaktora naczelnego** dr inż. Stefan Pyrak, **sekretarz redakcji** mgr inż. Monika Kubisiak, **redaktorzy tematyczni**: prof. dr hab. inż. Marian Giżejowski, dr hab. inż. Aniela Glinicka – prof. PW, prof. dr hab. inż. Stanisław Kuś – dr h.c., prof. dr hab. inż. Czesław Miedziński, mgr inż. Piotr Rychlewski, prof. dr hab. inż. Anna Siemińska-Lewandowska, prof. dr hab. inż. Tadeusz Urban, prof. dr inż. Wojciech Włodarczyk, **redaktor językowy** mgr Barbara Gluch, **redaktor statystyczny** prof. dr inż. Wojciech Włodarczyk. **Współpracują**: prof. dr hab. inż. Piotr Noakowski (Niemcy), prof. dr inż. Andrzej Nowak – dr h.c. (USA).

Rada Programowa

Prof. dr hab. inż. Anna Halicka (**przewodnicząca**), prof. dr hab. inż. Jan Bień (**wiceprzewodniczący**), prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski, dr inż. Magdalena Dobiszewska (**sekretarz**), dr hab. inż. Jacek Domski – prof. PK, prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak, dr inż. Roman Gaćkowski, dr hab. inż. Barbara Goszczyńska, prof. PŚk, prof. dr hab. inż. Kazimierz Gwizdała, prof. dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. dr hab. inż. Aleksander Kozłowski, dr hab. inż. Jolanta Prusiel, dr inż. Teresa Rucińska, prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz (**wiceprzewodniczący**), prof. dr hab. inż. Adam Zybura.

Warunki prenumeraty

Zamówienia prenumeraty w wersji elektronicznej należy składać na jednym z wymienionych portali:

www.e-kiosk.pl (http://www.e-kiosk.pl/inzynieria_i_budownictwo),
www.egazety.pl (<https://www.egazety.pl/fundacja-pzib/e-wydanie-inzynieria-i-budownictwo.html>),
www.nexto.pl (http://www.nexto.pl/e-prasa/inzynieria_i_budownictwo_p132009.xml)
Cena rocznej prenumeraty w wersji elektronicznej wynosi 125,40 zł (z VAT), cena 1 wydania w wersji elektronicznej 10,45 zł (z VAT).

Zamówienie prenumeraty w tradycyjnej, papierowej wersji „Inżynierii i Budownictwa” można składać w dowolnym terminie w siedzibie redakcji. Zamawiający może otrzymać czasopismo, poczynawszy od następnego miesiąca po dokonaniu wpłaty. Zamówienia zeszytów sprzed terminu wpłaty będą realizowane – w miarę możliwości – z zapasów magazynowych.

Cena rocznej prenumeraty normalnej wynosi 259,20 zł (w tym 8% VAT).
Cena rocznej prenumeraty ulgowej dla członków indywidualnych PZITB, Związku Mostowców RP, PIIB oraz studentów wynosi 155,52 zł (w tym 8% VAT).

W przypadku prenumeraty ulgowej jest wymagane podanie (odpowiednio): nazwy oddziału stowarzyszenia; numeru rejestracyjnego w Okręgowej Izbie Inżynierów Budownictwa; nazwy uczelni i wydziału. Faktura za prenumeratę ulgową może być wystawiona tylko na osobę fizyczną.

Wpłaty za prenumeratę w wersji papierowej prosimy dokonywać na konto: Fundacja PZITB Inżynieria i Budownictwo, 00-050 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14, Bank Millennium Warszawa, nr 23 1160 2202 0000 0000 5515 9052.

REKLAMY przyjmuje redakcja

Materiały opublikowane w „Inżynierii i Budownictwie” są objęte prawem autorskim i nie mogą być – bez zgody redakcji – rozpowszechniane w żadnej postaci.
Redakcja nie odpowiada za treść zamieszczonych reklam.

Indeks 95132

Cena: 40,00 zł + 8% VAT
(wersja pierwotna)

PRZYGOTOWANIE DO DRUKU I DRUK: Drukarnia „LOTOS Poligrafia” sp. z o.o.
www.lotos-poligrafia.pl, tel. 22-872-22-66, fax 22-872-22-68.



O technologii wykonania otworów stalowego połączenia zakładkowego w świetle normy PN-EN 1090-2:2018

We wrześniu 2018 r. opublikowano normę PN-EN 1090-2:2018-09 [1], wprowadzającą poprawki do PN-EN 1090-2+A1:2012 [2]. Jedną z poprawek, istotną z punktu widzenia wytwórni konstrukcji stalowych, jest zmiana wytycznych wykonywania otworów na łączniki, wynikająca głównie z przeniesienia w lipcu 2014 r. klas wykonania konstrukcji EXC do PN-EN 1993-1-1:2006/A1:2014 [3].

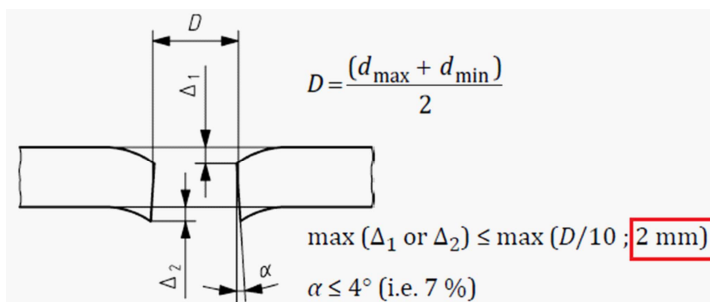
W projektach, które trafiają do wytwórni i warsztatów, zazwyczaj jest określona tylko klasa wykonania konstrukcji EXC według [3]. Brakuje natomiast szczegółowych wymagań projektowych dotyczących otworów. W takiej sytuacji technolog lub dział przygotowania produkcji, często nie znając charakteru obciążenia elementu, jego przeznaczenia, stopnia wyężenia oraz warunków pracy, musi – zazwyczaj pod presją czasu – zdecydować, czy dane otwory mogą zostać wykrawane, wycinane plazmą lub laserem, czy muszą być wiercone. W artykule przeanalizowano wpływ przyjętego rozwiązania na wyężenie przykładowego połączenia zakładkowego.

Wymagania normowe

Dotychczasowe wydanie normy [2] uzależniało wymagania dotyczące otworów oraz ich tolerancji od klasy wykonania konstrukcji EXC. W elementach klas EXC1 i EXC2 otwory mogły być wykrawane, wycinane plazmą lub laserem bez rozwiercania (jeżeli nie ustalono inaczej). W elementach klas EXC3 i EXC4 o grubości większej niż 3 mm wykrawanie otworów bez rozwiercania było niedozwolone. W takich elementach należało wykrawać otwory pomniejszone co najmniej o 2 mm w stosunku do średnicy nominalnej. W przypadku blach o grubości nie większej niż 3 mm (np. taśm) można było wykrawać otwory pełnowymiarowe. Tolerancje średnic otworów na śruby i sworznie musiały według p. 6.6.2 normy [2] spełniać następujące wymagania:

- otwory na śruby i sworznie pasowane: klasa tolerancji H11 według EN ISO286-2;
- pozostałe otwory: $\pm 0,5$ mm do średnicy obliczonej jako wartość średnia ze średnic wejściowej i wyjściowej – zgodnie z rys. 1 [1], z wyłączeniem wymiaru 2 mm (zaznaczonego w ramce), który został wprowadzony w 2018 r.;
- otwory części stykających się powinny być wykrawane w tym samym kierunku.

Wytyczne według [2] były dużym uproszczeniem, jeżeli w projekcie nie podano dodatkowych wymagań dotyczących otworów. Z jednej strony narażało to inwestora na dodatkowe koszty, ponieważ wiercenie wszystkich otworów w klasach EXC3 i EXC4 nie zawsze jest konieczne. W obrębie tych klas często można było wybrać wiele połączeń drugorzędnych o małym stopniu wykorzystania nośności lub połączenia doczołowe przenoszące tylko siły osiowe. Z drugiej strony wytyczne te w przypadku klas niższych



Rys. 1. Dopuszczalne zniekształcenia otworów wykrawanych lub wycinanych termicznie [1]

(EXC1 i EXC2) mogły spowodować niekontrolowane zmiany wyężenia połączenia, a wiercenie było wymagane wprost tylko w połączeniach pasowanych. Dawało to wytwórniom możliwość wykrawania lub wycinania termicznego nawet w odpowiedzialnych połączeniach zakładkowych w EXC2 (jeżeli w projekcie nie było odpowiednich uwag).

Znowelizowana norma PN-EN 1090-2:2018-09 [1] w dużym stopniu uporządkowała to zagadnienie. Wymagania dotyczące otworów oraz sposobu ich wykonania uzależniono od przeznaczenia i warunków pracy danego połączenia, a nie – jak poprzednio – od klas wykonania konstrukcji EXC. Usunięto wcześniejszy zapis, że w elementach klas EXC3 i EXC4, grubości większej niż 3 mm, wykrawanie otworów bez ich rozwiercania jest niedozwolone. Wprowadzono jednak uwagę ograniczającą możliwość stosowania otworów wykrawanych, wycinanych plazmą lub laserem w połączeniach śrubowych (p. 6.6.3):

- podlegających obciążeniom cyklicznym lub sejsmicznym,
- zakładkowych, w których zastosowano śruby klas wyższych niż 8.8,
- zaprojektowanych jako cierne.

Pozostawiono natomiast nieznacznie zmodyfikowany zapis o tolerancjach otworów:

- na śruby i sworznie pasowane; klasa tolerancji H11 według EN ISO286-2;
- wycinanych termicznie oraz pozostałych otworach: $\pm 0,5$ mm do wartości średnicy obliczonej jako średnia ze średnic maksymalnej i minimalnej (por. rys. 1);
- otwory części stykających się powinny być wykrawane w tym samym kierunku we wszystkich elementach.

W przypadku otworów wykrawanych zwiększono dopuszczalną grubość elementu z 1,0- do 1,4-krotności nominalnej średnicy otworu oraz wprowadzono dodatkowe ograniczenie $\max(\Delta_1 \text{ lub } \Delta_2)$ do 2 mm.

W normie [1] zrezygnowano z wymagań dotyczących twardości powierzchni brzegów po cięciu termicznym, przecinaniu i wykrawaniu, usuwając tabl. 10 (p. 6.4.4 normy [2]). Należy jednak zwrócić uwagę, że twardość

krawędzi ma istotne znaczenie – patrz przykład obliczeniowy – w szczególności w przypadku połączeń obciążonych zmęczeniowo i uderowo.

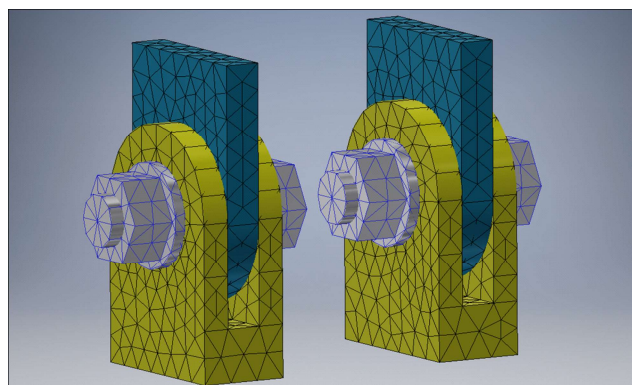
Dobór technologii wykonania otworów ma wpływ na czas i koszt wykonania konstrukcji. Stosując wytyczne [1], można nieco zmniejszyć koszt produkowania konstrukcji, dzięki możliwości wycinania plazmą lub laserem elementu wraz z jego otworami w jednej operacji. Wykrawanie lub wycinanie termiczne otworów z reguły jest tańsze niż wiercenie, jednak nie we wszystkich przypadkach. Niektóre wytwórnie mają centra obróbkowe CNC, w których wycinanie termiczne i wiercenie jest wykonywane na tym samym stanowisku. Wtedy wiercenie niekiedy okazuje się tańsze niż wycinanie termiczne lub wykrawanie, z uwagi na brak konieczności dodatkowej obróbki otworów wierconych. Wciąż jednak w wielu zakładach procesy wycinania termicznego i wiercenia są realizowane oddzielnymi urządzeniami. W takich sytuacjach sposób wykonywania otworów ma wpływ na koszt wykonania konstrukcji.

Z wymagań normy [1] wynika, że w przypadku połączeń obciążonych cyklicznie, sejsmicznie, dynamicznie, połączeń pasowanych, ciernych oraz zakładkowych na śruby klas wyższych niż 8.8 jest dopuszczane stosowanie tylko otworów wierconych. Wątpliwości powstają jednak w przypadku często stosowanych połączeń zakładkowych obciążonych statycznie, ze śrubami lub sworzniami klas nie wyższych niż 8.8. W tych połączeniach, według wymagań normy [1], można dopuścić wykonywanie otworów przez wykrawanie, wycinanie plazmą lub laserem, bez względu na klasę wykonania EXC. Niżej przeanalizowano dwa połączenia, o różnej technologii wykonania, w celu wykazania wpływu geometrii pochylenia krawędzi otworów na ich wytrzymałość.

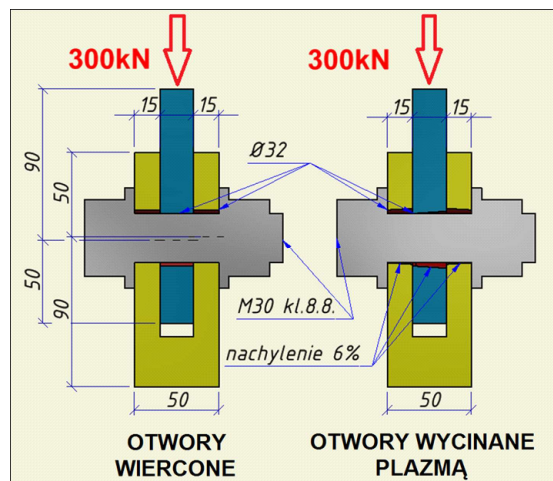
Przykład obliczeń połączenia zakładkowego

Dwa połączenia zakładkowe obciążono siłami 300 kN (rys. 2 i 3). Jediną różnicą między nimi była przyjęta technologia wykonania otworów, mająca wpływ na ich kształt. W połączeniu z lewej strony zastosowano otwory wiercone, natomiast w połączeniu z prawej strony – wycinane plazmą. Przyjęto nieliniowe parametry materiałowe dla stali S355 o $f_y = 355$ MPa oraz $f_u = 490$ MPa i wydłużenie 22%. W odniesieniu do śrub klasy 8.8 przyjęto: $f_y = 640$ MPa oraz $f_u = 800$ MPa i wydłużenie 12%.

Według obliczeń normy PN-EN 1993-1-8:2006 [4] w połączeniu z otworem wierconym siła ta powoduje wykorzystanie nośności śruby M30 klasy 8.8 w 55%, ze względu na ścięcie jej trzpienia. Nośność ze względu na uplastycznienie otworu w blasze środkowej grubości 20 mm jest wykorzystana w 51%. W połączeniu wycinanym plazmą przyjęto skosy krawędzi otworów $\alpha = 6^\circ$, tj. 0,9 mm w przypadku



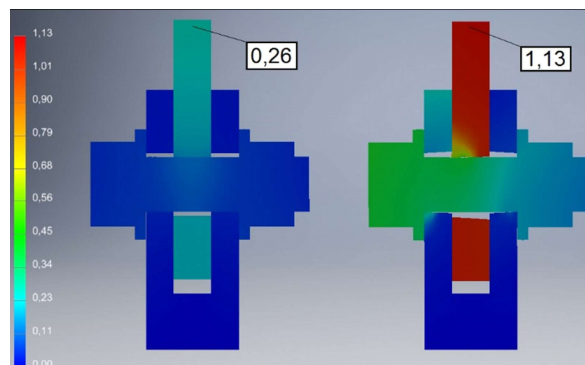
Rys. 2. Widok połączeń i podział na elementy skończone



Rys. 3. Przekrój w osi połączenia

blach grubości 15 mm oraz 1,2 mm w blaszce środkowej grubości 20 mm. Luzy między otworami $D = 32$ mm i śrubami M30 wynosiły 1 mm z każdej strony.

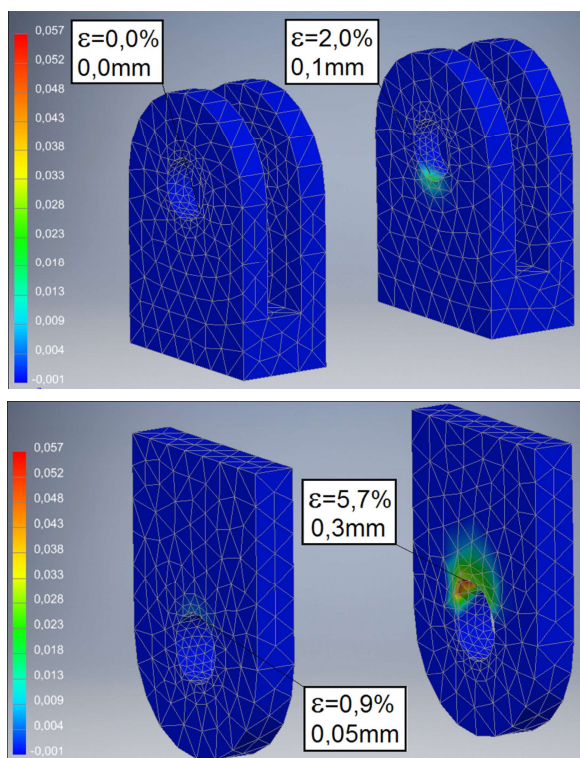
Obliczenia wykonał w firmie Saferoad Pomerania Sp. z o.o. w Szczecinie autor artykułu, wykorzystując program Nastran In-CAD i stosując nieliniową analizę sprężysto-plastyczną. W analizie MES przyjęto elementy skończone bryłowe o wymiarach 5 mm w miejscach kontaktów oraz 15 mm w pozostałych obszarach. W stykach między elementami uwzględniono współczynnik tarcia $\mu = 0,2$. Wyniki obliczeń zilustrowano na rys. od 4 do 7.



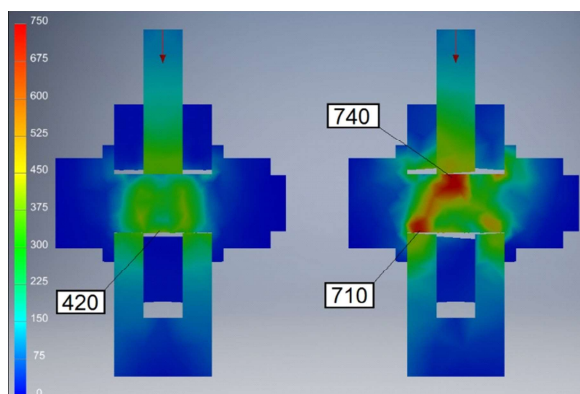
Rys. 4. Obliczone przemieszczenia elementów [mm]

Największe uplastycznienie otworu, około 0,3 mm, wystąpiło w blaszce środkowej grubości 20 mm, w otworach wycinanych plazmą (rys. 5). Rzeczywiste uplastycznienie otworów może być jednak mniejsze z uwagi na fakt, że szerokość SWC w przypadku wycinania plazmą ($0,5 \div 0,8$ mm) jest większa od tej wartości. W modelu MES pominięto utwardzenie krawędzi od wycinania termicznego. Dlatego realne wytrzymałość śruby może być większa ze względu na mniejsze uplastycznienie przy krawędzi otworów, które ogranicza możliwość przeniesienia równomiernego docisku śruby na blachę (rys. 6 i 7).

W celach porównawczych wykonano analizę przedmiotowego połączenia, wykorzystując program LS-Dyna. Obliczenia sprawdzające wykonał mgr inż. Grzegorz Kaniewski w firmie Vik Ørsta AS (Norwegia). Jako kryterium porównawcze przyjęto złożony stan naprężeń według hipotezy Hubera-Misesa. Maksymalne naprężenia w śrubie M30 klasy 8.8 w połączeniu wierconym wyniosły 420 MPa, natomiast w połączeniu z otworami wycinanymi plazmą 740 MPa. Wyniki według programu LS-Dyna to odpowiednio 490 oraz 730 MPa.



Rys. 5. Uplastycznienie otworów [% , mm]



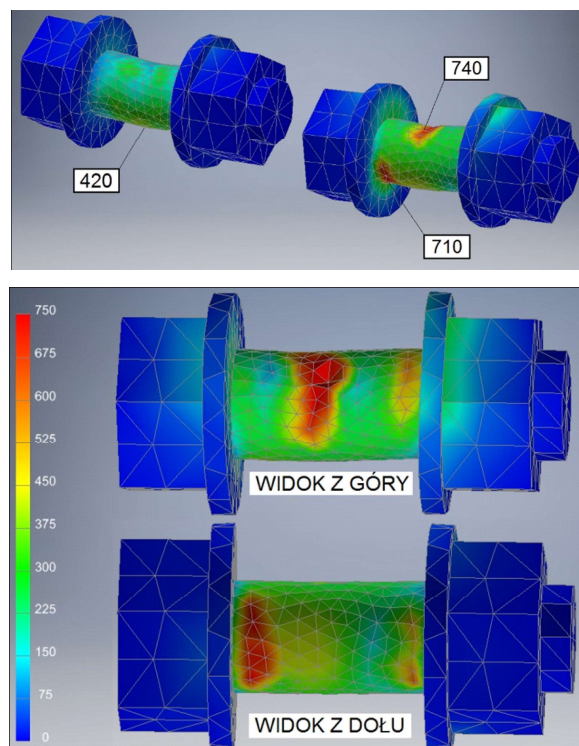
Rys. 6. Naprężenia według hipotezy Hubera-Misesa [MPa]

Stosunki naprężeń w śrubach w połączeniu z otworami wycinanymi plazmą do naprężeń w połączeniu z otworami wierconymi wyniosły:

- Nastran In-CAD 740/420 = 1,76,
- LS-Dyna 730/490 = 1,49.

Przemieszczenia w połączeniu z otworami wycinanymi plazmą okazały się większe od przemieszczeń w połączeniu z otworami wierconymi o około 0,9 mm (Nastran) i 1,4 mm (LS-Dyna).

Wyniki obu analiz należy traktować jako pewne przybliżenie. Dokładność metody MES zależy zawsze od wielu zmiennych. Różnice między rezultatami wynikają przede wszystkim z przyjęcia różnych rodzajów oraz wielkości elementów skończonych. W programie Nastran przyjęto elementy 4-ścienne (10-węzłowe) typu parabolic tetrahedrons, natomiast w programie LS-Dyna są to głównie elementy 6-ścienne (8-węzłowe) typu hexahedrons. Te ostatnie wykazują znacznie większe deformacje. Z tego względu przemieszczenia otrzymane w programie LS-Dyna są większe niż w programie Nastran In-CAD. Ponadto rezultaty zależą od stopnia dokładności przyjętych krzywych materiałowych oraz różnych algorytmów



Rys. 7. Naprężenia według hipotezy Hubera-Misesa w śrubach oraz mapy naprężeń w przypadku śrub w otworach wycinanych plazmą [MPa]

obliczeń stosowanych w programach. Różnica w wyężeniu śruby według wymienionych programów wynosi około 18%, co przy przyjęciu różniących się założeń wydaje się rezultatem zbieżnym. Celem zadania było zasygnalizowanie problemu wpływu kształtu otworów na wyężenie przykładowego połączenia zakładkowego. Aby wiarygodnie ocenić to zjawisko, należałoby dokonać walidacji na podstawie realnych badań.

Podsumowanie

Z analizy przyjętego przykładu wynika, że kąt pochylenia ścianek otworów wycinanych termicznie ma istotny wpływ na zwiększenie wyężenia śruby oraz przemieszczeń w połączeniu zakładkowym. Jest to wartość na tyle istotna, że zagadnienie to powinno być brane pod uwagę w trakcie projektowania i wykonawstwa.

Wytyczne normy [1] dotyczące wykonywania otworów są znacznie precyzyjniejsze z punktu widzenia pracy konstrukcji, ale jednak są znacznie trudniejsze do interpretacji w wytwórniach konstrukcji stalowych, w przypadku braku dodatkowych zapisów w projekcie. Aby wytwórnie były w stanie wykonywać połączenia śrubowe zgodnie z założeniami projektanta, informacje o wymaganiach dotyczących otworów powinny być umieszczane w dokumentacjach warsztatowych.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-EN 1090-2:2018-09 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych.
- [2] PN-EN 1090-2+A1:2012 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych.
- [3] PN-EN 1993-1-1:2006/A1:2014 Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [4] PN-EN 1993-1-8:2006/NA: 2011 Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-8: Projektowanie węzłów.