

POŁĄCZENIA KOŁNIERZOWO-ŚRUBOWE

PROJEKTOWANIE, MONTAŻ I BEZPIECZNA EKSPLOATACJA



**MGR INŻ.
PRZEMYSŁAW
ŁUKASZEWSKI**

Główny Specjalista
ds. Oceny Zgodności
Oddział w Katowicach
Urząd Dozoru Technicznego

Artykuł został opracowany z myślą o wytwórcach urządzeń ciśnieniowych, wykonawcach instalacji technologicznych i prac inżynierskich oraz w szczególności o użytkownikach końcowych. Artykuł omawia wybrane zagadnienia dotyczące połączeń kołnierzowo-śrubowych, odnosi się także do roli jaką pełni służba utrzymania ruchu odpowiedzialna za poprawny montaż rurociągów technologicznych.

Z analizy głównych przyczyn uszkodzeń połączeń kołnierzowo-śrubowych wynika, że dobór właściwych materiałów do konkretnego zastosowania ma fundamentalne znaczenie. Warto zaznaczyć, że 26% przyczyn awarii połączeń kołnierzowo-śrubowych diagnozowanych jest jako błąd montażowy, niewłaściwe uszczelnienie natomiast jest źródłem 22% awarii. Do pozostałych przyczyn zaliczyć możemy: uszkodzenie kołnierza – 25%, poluzowanie śrub – 15% oraz niewłaściwe osiowanie kołnierzy [1].

Podstawowym zadaniem personelu montującego jest upewnienie się, że wszystkie elementy połączenia są odpowiednio dobrane zgodnie z warunkami, w jakich będą pracować. Od personelu wymaga się także przestrzegania kluczowych zaleceń dotyczących składowania i operowania m.in. uszczelkami. Również powinien przestrzegać zaleceń dotyczących czyszczenia i kontroli wzrokowej, aby upewnić się, że elementy połączenia są wolne od uszkodzeń i są odpowiednie do planowanego zastosowania.

Szczególnie istotne jest zachowanie dobrych praktyk montażowych.

Kwalifikacja personelu w tym zakresie sprawdzana jest przez Urząd Dozoru Technicznego według wymagań normy PN-EN 1591-4 [2]. Egzamin kończy się wydaniem certyfikatu w zakresie montażu i/lub nadzoru połączeń kołnierzowo-śrubowych.

Jeśli połączenie nie zostanie zmontowane z odpowiednią starannością i dokładnością, nie można oczekiwać, że z całą pewnością zapewni ono bezpieczne uszczelnienie. Doświadczenia Urzędu Dozoru Technicznego pokazują, że osoby przystępujące do szkolenia oraz do egzaminu kończącego posiadają zróżnicowane doświadczenie i kompetencje w tym zakresie. Może to prowadzić do poważnych błędów mających wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji. Występuje słuszna obawa o jakość montażu połączeń kołnierzowo-śrubowych dobranych i zaprojektowanych przy użyciu nawet najdoskonalszych algorytmów.

Należy upewnić się, że technicy i monterzy zaangażowani w prace, są starannie przeszkoleni w zakresie procedur montażowych i czy przy montażu wykazują się wystarczającą wiedzą i umiejętnościami. Powyższe wymaganie coraz częściej jest umieszczane w warunkach przetargowych oraz definiowane jako jedno z kluczowych wymagań w Specyfikacjach Istotnych Warunków Zamówienia (SIWZ).

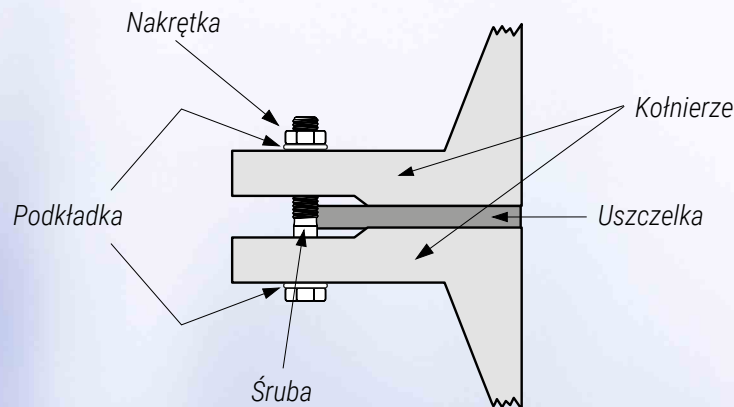


POPRAWNE DOBRANIE I ZMONTOWANIE POŁĄCZEŃ

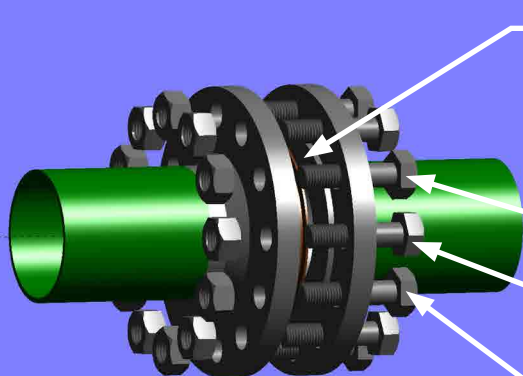
Przy doborze rodzaju połączenia należy uwzględnić różne czynniki [1]. Wiąże się one nie tylko z samymi elementami połączenia, ale też otoczeniem i wpływem środowiska pracy. Właściwości wytrzymałościowe i fizyko-chemiczne tworzywa, z jakiego wykonane są części połączenia muszą być dobrane z uwzględnieniem specyfiki parametrów pracy (tab. 1). Jakość uszczelnienia zależy od wzajemnego oddziaływania elementów połączenia kołnierzego (rys. 1).

Tabela 1. Czynniki decydujące o jakości połączenia kołnierzo-śrubowego

PARAMETRY I ŚRODOWISKO PRACY	KOŁNIERZ	USZCZELKA
<ul style="list-style-type: none"> ● Ciśnienie medium ● Temperatura medium ● Reaktywność chemiczna medium ● Właściwości korozyjne ● Zdolność samoczynnej regulacji medium ● Lepkość ● pH medium ● Koncentracja 	<ul style="list-style-type: none"> ● Konfiguracja lub typ ● Jakość powierzchni ● Materiał ● Możliwa obciążalność śrub ● Możliwość korozji lub erozji ● Wytrzymałość/sztywność kołnierza ● Tolerancja równoległości 	<ul style="list-style-type: none"> ● Odporność na wydmuchanie ● Odporność na pełzanie ● Relaksacja naprężeń ● Powrót elastyczny/sprężystość ● Oczekiwany czas eksploatacji ● Koszt względny ● Odporność chemiczna ● Łatwość obróbki, montażu i demontażu ● Ognioodporność ● Zdolność do uszczelniania ● Łączona odporność na ciśnienie i temperaturę



Rys. 1. Integralność połączenia kołnierzo-śrubowego [1]



Uszczelki można podzielić na 3 główne kategorie:

- miękkie (niemetalowe):** wykonywane z arkuszy kompozytowych;
- metalowo-miękkomaterialowe:** uszczelki kompozytowe złożone zarówno z materiałów metalowych, jak i niemetalowych – metal zapewnia wytrzymałość i sprężystość uszczelki. Odpowiednie do zastosowań w warunkach zarówno niskich, jak i wysokich ciśnień oraz temperatur;
- metalowe:** mogą być wytwarzane z jednego metalu lub kombinacji wielu materiałów metalowych w różnych kształtach i rozmiarach.

Konieczne jest wyznaczenie właściwych momentów dokręcenia śrub, naciągów montażowych i ruchowych.

Istotna jest klasa własności mechanicznych, materiał śruby oraz właściwe smarowanie śruby.

- należy dobrać śruby o odpowiednim naprężeniu granicznym, aby pracowały w obszarze sprężystości przy wymaganych obciążeniach;
- należy wybierać śruby o tym samym module sprężystości;
- szczegółowe wytyczne dotyczące maksymalnych obciążeń dla materiałów śrub można uzyskać od ich producentów.

Rys. 2. Budowa połączenia kołnierzo-śrubowego oraz informacje bezpośrednio związane z prawidłowym montażem

W przypadku niewłaściwego uwzględnienia czynników decydujących o jakości połączenia kołnierzo-śrubowego może ono być narażone na powstanie uszkodzenia jego elementów lub rozszczelnienie. Może to skutkować sytuacją awaryjną stanowiącą zagrożenie dla personelu obsługującego lub otoczenia. Efektem uszkodzenia może być wyciek z połączenia kołnierzego, który początkowo może być praktycznie niewykrywalny, powiększający się z upływem czasu, ale też może być nagłym drastycznym i bardzo niebezpiecznym uszkodzeniem [1].

Najprościej jest zidentyfikować uszkodzenie śrub, które przestają pełnić swoją funkcję ściskającą. Zwykle dzieje się to, gdy zapewniają one zbyt małą siłę, ale czasami również, gdy ściskają zbyt mocno.

Przyczyny uszkodzeń związanych ze śrubami dotyczące całego połączenia

Niewystarczająco dokręcone śruby:

- niewłaściwy montaż,
- uszkodzenia śruby,
- samoluzowanie,
- zmęczenie lub relaksacja z upływem czasu.

Zbyt mocno dokręcone śruby:

- zgnieciona uszczelka,
- wywołanie pęknięcia w wyniku korozji naprężeniowej,
- zwiększone wyłężenie śruby.

Uszkodzenia śrub pojawiają się także, gdy przyłożone obciążenie przekracza wytrzymałość śruby lub gwintu oraz gdy:

- śruby nie spełniają wymagań projektowych (zerwane podczas montażu lub w podwyższonej temperaturze),
- ulegają korozji,
- pękają wskutek korozji naprężeniowej,
- ulegają zmęczeniu.

Przyczyny uszkodzeń związanych z uszczelkami:

- wybór niewłaściwej uszczelki do warunków roboczych,
- wybór niewłaściwej grubości uszczelki, szczególnie w przypadku uszczelki miękkich,
- wyjście poza normalny obszar roboczy lub wystąpienie momentów zginających w rurociągu,
- uszkodzenie uszczelki podczas składowania, przenoszenia lub montażu,
- zgniecenie uszczelki przez nadmierne obciążenie podczas montażu,
- pogorszenie parametrów w czasie,
- ponowne użycie uszczelki,
- ponowne dokręcenie po narażeniu na podwyższoną temperaturę.

Dobierając uszczelkę do połączenia kołnierzo-śrubowego należy wziąć pod uwagę:

- nierównoległość powierzchni przyłgowych kołnierzy,
- brak osiowości kołnierzy,
- zniekształcenia, zagłębienia rowków przyłg,
- falistość powierzchni przyłgowej,
- obroty kołnierzy podczas montażu,
- temperatury: obliczeniową, pracy, zmiany temperatury,
- ciśnienie: obliczeniowe, pracy, zmienne,
- obciążenia wewnętrzne,
- Przypadki: próby ciśnieniowej, włączenia i odstawienia instalacji, czyszczenia i przepłukiwania instalacji,
- Współczynnik liniowej rozszerzalności cieplnej kołnierzy.

Przyczyny uszkodzeń związanych z kołnierzem:

- uszkodzenia powierzchni kołnierza,
- wypaczenia kołnierza,
- brak równoległości kołnierzy,
- korozja,
- zabrudzenia kołnierzy podczas montażu.

Korozja jest podstawowym problemem występującym w eksploatacji. Wpływa na siłę ściskającą i skraca w dużym stopniu czas życia elementów połączenia. Podstawowym rozwiązaniem tego problemu jest utrzymywanie obszaru połączenia w stanie suchym poprzez wykonanie otworów drenażowych (nie zawsze technicznie możliwe) lub, co najbardziej popularne, poprzez dobór śrub odpornych na korozję. Najczęściej spotykanym jednak rozwiązaniem jest zapewnienie powłoki ochronnej śrubom i kołnierzowi.

PRZEPISY I SPECYFIKACJA TECHNICZNE

Algorytmy obliczeń połączeń kołnierzo-śrubowych są ujęte przede wszystkim w normie zharmonizowanej PN-EN 13445-3 [3] do Dyrektywy ciśnieniowej PED 2014/68/UE [6], jak również w specyfikacji technicznej WUDT-UC [4].

Specyfikacja WUDT odnosi się do zagadnienia opisywanego w tym artykule. Ujęte jest to w rozdziale WUDT-UC-WO-0/19 „Obliczenia wytrzymałościowe”. Zawiera on informację o tym, że jeśli połączenia kołnierzo-śrubowe wykonane są zgodnie z przeznaczeniem według uznanej specyfikacji technicznej lub określonej normy, wówczas obliczenia nie są wymagane. Spełnić należy również wszystkie wymagania ujęte w punkcie 2 rozdziału WUDT.

Norma europejska PN-EN 13445-3 wskazuje dwie metody obliczeń tego rodzaju połączeń. Pierwsza to metoda tradycyjna, oparta na metodzie Taylora Forge'a. Druga to bardziej rozbudowany system obliczeń. Jest on zawarty w załączniku G normy PN-EN 13445-3 oraz w innej zharmonizowanej normie PN-EN 1591-1 [5]. Zasady te są również ujęte w brytyjskich normach PD5500 oraz w amerykańskich ASME.

Załącznik G normy PN-EN 13445-3 wykorzystuje się wówczas, gdy:

- wahania termiczne obciążenia odgrywają istotną rolę,
- naciąg śrub kontrolowany jest przez ustaloną metodę przykręcania,
- działają istotne dodatkowe obciążenia (siły lub momenty),
- szczelność ma szczególne znaczenie.

Metoda obliczeniowa wg ww. dokumentów odniesienia gwarantuje spełnienie kryteriów związanych z zapewnieniem szczelności, jak i wszystkich kryteriów wytrzymałościowych. Rozpatrywany jest wówczas cały układ kołnierz – śruba – uszczelka. W metodyce uwzględniono nie tylko parametry podstawowe, takie jak:

- ciśnienie czynnika;
 - wartości wytrzymałości materiałów, z których wykonane są kołnierze, śruby i uszczelki;
 - parametry sprężystości uszczelki;
 - nominalny naciąg śrub;
- ale także:
- możliwy rozrzut momentów skręcających przy skręceniu początkowym;
 - zmiany siły na uszczelce w wyniku odkształceń wszystkich elementów złącza;
 - wpływ przyłączonej powłoki lub rury;
 - wpływ zewnętrznych sił osiowych i momentów zginających;
 - wpływ różnicy temperatur między śrubami a kryzą kołnierza.

Algorytm obliczeń połączenia kołnierzowo-śrubowego, sprowadza się do ustalenia w oparciu o ww. specyfikacje techniczne, sił w śrubach dla zapewnienia szczelności połączenia, a następnie sprawdzenia, czy konstrukcja kołnierza wytrzyma zadane obciążenia.

Wytrzymałość połączenia kołnierzowo-śrubowego weryfikuje się dla:

- warunków montażu, dla których uwzględnia się pracę bezciśnieniową złącza w temperaturze montażu;
- warunków ruchowych, dla których uwzględnia się pracę złącza przy obciążeniu ciśnieniem w temperaturze roboczej.

Odnosząc to zagadnienie bezpośrednio do wymagań prawnych i specyfikacji technicznych??, w tym do Dyrektywy PED 2014/68/UE [6], kluczowe staje się uwzględnienie dwóch ważnych wytycznych.

Guideline A-22	
Pressure Equipment Directive PED 2014/68/EU Commission's Working Group "Pressure"	
Guideline related to: Article 2 (1)	
Question	What guidance can be given regarding the application of the Directive to component parts of pressure equipment such as flanges, dished ends and nozzles ?
Answer	If these component parts are incorporated to an item of pressure equipment, the relevant requirements of the directive will apply. However, these component parts do not meet the definition of pressure equipment in Article 2 (1), therefore they shall not bear the CE mark. It is the responsibility of the pressure equipment manufacturer to ensure that the component parts enable the pressure equipment to meet the essential safety requirements of the directive. See also PED Guideline A-08
Reason	
Note	Another example of a component part is a split tee.
Accepted by Working Party Guidelines (WPG) on:	30/06/2015
Accepted by Working Group Pressure (WGP) on:	08/01/2016

Jakie wytyczne dotyczą elementów urządzeń ciśnieniowych, takich jak kołnierze, dna wypukłe i króćce?

- Jeśli elementy przynależą do urządzenia ciśnieniowego, muszą spełniać wymagania zasadnicze dyrektywy.
- Części te nie są urządzeniem ciśnieniowym w myśl zapisów dyrektywy i stąd nie mogą być oznakowane CE.
- Wytwórca urządzenia ciśnieniowego odpowiada za zapewnienie, że zastosowane części pozwalają na spełnienie wymagań zasadniczych dyrektywy przez urządzenie ciśnieniowe.

Rys. 3. Wytyczna A-22 do Dyrektywy PED 2014/68/UE [11]

Guideline G-06	
Pressure Equipment Directive PED 2014/68/EU Commission's Working Group "Pressure"	
Guideline related to: Annex I Section 4.3	
Question	The 2nd paragraph of section 4.3 of Annex I gives requirements for the main pressure-bearing parts. How are they defined?
Answer	The main pressure-bearing parts are the parts, which constitute the envelope under pressure, and the parts which are essential for the integrity of the equipment. Examples of main pressure-bearing parts are shells, ends, main body flanges, tube sheet of exchangers, tube bundles. The materials for these main pressure-bearing parts of equipment of categories II to IV shall have a certificate of specific product control (see PED Guideline G-05). See also PED Guideline G-08 for bolting parts (fasteners).
Reason	
Note [s]	
Accepted by Working Party Guidelines (WPG) on:	09/12/2015
Accepted by Working Group Pressure (WGP) on:	15/03/2016

Czym są główne części przenoszące ciśnienie?

- Są to części, które tworzą powłokę ciśnieniową oraz części niezbędne do zapewnienia integralności urządzenia.
- Przykłady: płaszcz, dna, główne połączenia kołnierzowe, dno sitowe wymiennika, pęczek rur.
- Materiały na te części, stosowane do urządzeń kategorii zagrożenia od II do IV, powinny być dostarczane z dokumentami kontroli odbiorczej: świadectwem odbioru typu 3.1 lub 3.2 (wg PN-EN 10204).

Rys. 4. Wytyczna G-06 do Dyrektywy PED 2014/68/UE [11]

Jak wnoszą wytyczne (rys. 3 i 4) połączenie kołnierzowe również powinno spełniać wszystkie wymagania wynikające z zasadniczych wymagań dyrektywy ciśnieniowej PED 2014/68/UE.

Połączenie to jest traktowane jako integralna część urządzenia ciśnieniowego.

Załącznik I (Zasadnicze wymagania bezpieczeństwa) do dyrektywy [6] zawiera odrębny punkt dotyczący szczegółowych wymagań ilościowych w odniesieniu do niektórych rodzajów urządzeń ciśnieniowych. Zgodnie z pkt. 7.5 (właściwości materiałów) tego załącznika należy pamiętać o spełnieniu wymogów.

Stal uznaje się za wystarczająco plastyczną*, do celów spełnienia wymogów zawartych w pkt. 4.1 lit. a), jeśli podczas próby rozciągania jej wydłużenie po zerwaniu jest nie mniejsze niż 14 %, a jej praca łamania** jest nie mniejsza niż 27 J w temperaturze nie wyższej niż 20 °C***.

* o ile nie są wymagane inne wartości parametrów materiałowych zgodnie z innymi kryteriami, które należy uwzględnić.

** zmierzona na próbce do badań ISO V.

*** ale nie wyższej niż najniższa przewidziana temperatura pracy.

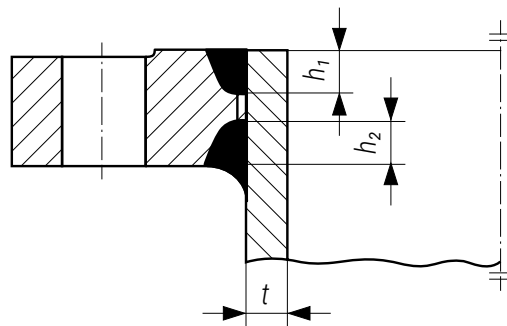
DOBÓR MATERIAŁÓW NA POŁĄCZENIA

W związku z powyższym, zaleca się analizę tablicy 3 normy PN-EN 898-1 [10], która odnosi się do własności mechanicznych części złącznych wykonanych ze stali węglowej oraz stopowej. Analiza ta wymaga niejednokrotnie uzupełnienia informacji z innych dokumentów odniesienia, jak np. tych zamieszczonych w tablicy 4 oraz 5 normy zharmonizowanej PN-EN 1515-4 [9]. Tabele te odnoszą się do zakresów zastosowań śrub o klasach własności mechanicznych 8.8 czy 5.6.

Specyfikacją, która jest bardzo pomocna przy doborze kołnierza jest norma zharmonizowana PN-EN 1092-1 [7]. Obejmuje ona szeregi kołnierzy stalowych w instalacjach o ciśnieniu nominalnym od PN 2,5 do PN 400 o wielkościach średnic nominalnych od DN 10 do DN 4000. Sam dobór kołnierza według tej specyfikacji jest jednak niewystarczający, należy go bowiem uzupełnić m.in. o obliczenia montażowych i ruchowych naciągów śrub. W dokumencie określono typy kołnierzy i ich powierzchni uszczelniających, wymiary, tolerancje, stosowane gwinty, wielkości śrub, stan powierzchni uszczelniających, znakowanie, materiały, wartości dopuszczalne ciśnienia/temperatury i przybliżone masy kołnierzy.

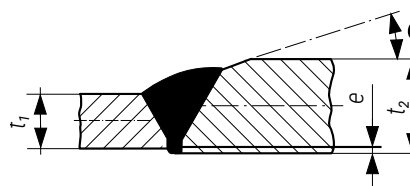
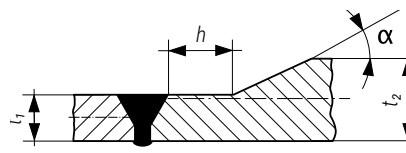
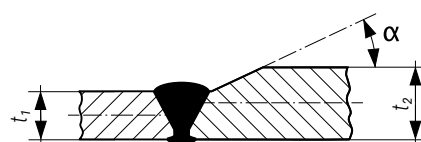
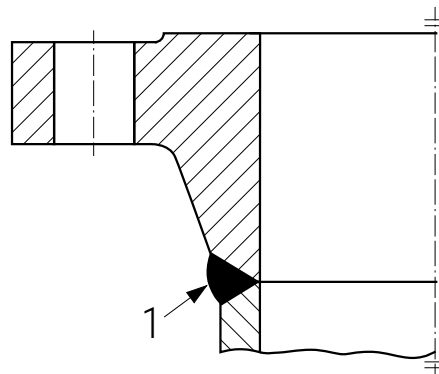
Istotnym dokumentem, który ma znaczenie pod kątem poprawnego wykonawstwa, jest norma przedstawiająca podstawowe konfiguracje połączeń spawanych kołnierzy do elementów rurowych czyli PN-EN 1708-1 [8]. Specyfikacja ta wnosi pewne ograniczenia, np.:

- z uwagi na ciepłe oddziaływanie procesu spawania, należy zwrócić uwagę na możliwą deformację kołnierza,
- luz pomiędzy otworem kołnierza, a zewnętrzną powierzchnią rury nie powinien być większy od 2 mm,
- w przypadku kołnierzy o znacznej grubości, spawanych z niepełnym przetopem, może być konieczne wykonanie promieniowego otworu wentylacyjnego.



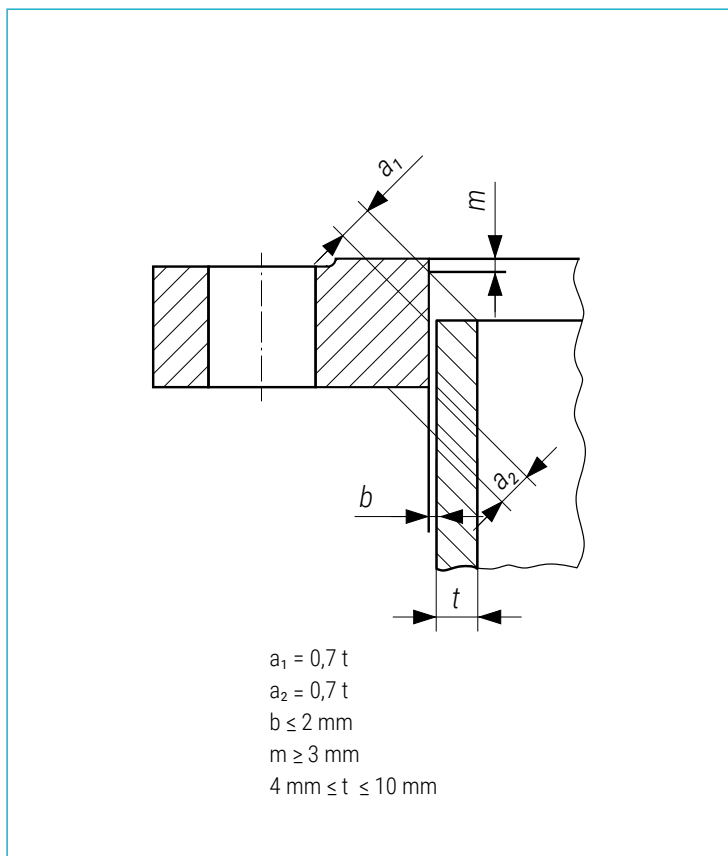
$$h_1 \geq 0,7 t$$

$$h_2 \geq 0,7 t$$



$$\alpha \leq 30^\circ$$

$$t_1 < t_2$$



Rys. 5. Wybrane konfiguracje połączeń spawanych kołnierzy do elementów rurowych ujętych w normie PN-EN 1708-1:2010 [8]

Jakie kryteria należy przyjąć przy kompletowaniu połączenia skręcanego?

Wymagane informacje znajdują się w dokumencie EN 1515-4 [9].

Co zatem należy brać pod uwagę?

Poniżej przedstawiono krótki algorytm jak zamawiać elementy złączne:

- 1) wielkość zamówienia;
- 2) rodzaj śrub: norma wymiarowa, wymiar nominalny i długość;
- 3) materiał:
 - gatunek, wg. EN 10269:2013;
 - klasa własności mechanicznych wg. EN ISO 898-1, EN ISO 898-2, lub
 - rodzaj materiału (np. gatunek) i klasa własności wg. EN ISO 3506-1:2013 lub EN ISO 3506-2:2012;
- 4) T_M : najniższa dopuszczalna temperatura pracy (jeśli jest poniżej -10°C);
- 5) temperatura badania w podwyższonej temperaturze dla klasy własności mechanicznych 5.6 lub 8.8, jeśli jest inna niż 300°C ;
- 6) rodzaj wymaganego dokumentu kontroli (świadectwa odbioru);
- 7) inne szczególne wymagania, np. rodzaj powłoki.

PODSUMOWANIE

Pozornie może wydawać się, że połączenie kołnierzo-śrubowe jest prostą konstrukcją, jednak to bardzo ryzykowne podejście. Połączenia te są grupą łączników mechanicznych, które stosuje się w różnych, nieraz bardzo odpowiedzialnych instalacjach przemysłowych o wysokich i wymagających parametrach pracy. Połączenia takie są wykorzystywane m.in. w gazownictwie, sektorze naftowym, wodociągowym, petrochemicznym i chemicznym. To bardzo istotnie obciążony rodzaj połączenia, który narażony jest na generowanie wielu ekstremalnych ryzyk. Każdy sektor wymaga zastosowania różnych praktyk. Dlatego właśnie połączenie kołnierzo-śrubowe powinno być dobrze zaprojektowane, a następnie zmontowane zgodnie z założeniami projektowymi oraz wytycznymi.



**Akademia
UDT**

Artykuł w skrócie pokazuje jak złożonym zagadnieniem jest poprawnie zaprojektowanie połączenia kołnierzo-śrubowego, jak wiele dokumentów odniesienia należy przeanalizować, by uwzględnić wszystkie niezbędne aspekty. Bardziej szczegółowo temat omawiany jest na szkoleniu „Wszystko o połączeniach kołnierzo-śrubowych”, które organizuje Urząd Dozoru Technicznego „Akademia UDT”.



Jednostka Certyfikująca Osoby UDT-CERT prowadzi certyfikację osób według programu certyfikacji

personelu wykonującego i nadzorującego montaż połączeń kołnierzo-śrubowych zgodnie z PN-EN 1591-4:2014-02 Kołnierze i ich połączenia - Część 4: Potwierdzanie kompetencji personelu do montażu połączeń kołnierzo-śrubowych w systemach ciśnieniowych stwarzających szczególne zagrożenie.

Literatura:

1. Guidelines for safe seal usage – Flanges and Gaskets. ESA / FSA Publication No. 009/98, 1998.
2. Norma PN-EN 1591-4: Kołnierze i ich połączenia. Część 4: Potwierdzanie kompetencji personelu do montażu połączeń kołnierzo-śrubowych w systemach ciśnieniowych stwarzających szczególne zagrożenie.
3. Norma PN-EN 13445-3: Nieogrzewane płomieniem zbiorniki ciśnieniowe. Część 3: Projektowanie, załącznik G.
4. Specyfikacja WUDT/UC/2003, wyd. 2017 „Warunki UDT dla urządzeń ciśnieniowych” Rozdział WUDT-UC-WO-0/19: Rozdział „Obliczenia wytrzymałościowe - Połączenia kołnierzo-śrubowe”.
5. Norma PN-EN 1591-1: Kołnierze i ich połączenia. Zasady projektowania połączeń kołnierzo-śrubowych okrągłych z uszczelką. Część 1: Metoda obliczeniowa.
6. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/68/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku urządzeń ciśnieniowych Dyrektywa - 2014/68 - PL - EUR-Lex
7. Norma PN-EN 1092-1: Kołnierze i ich połączenia. Kołnierze okrągłe do rur, armatury, kształtek, łączników i osprzętu z oznaczeniem PN. Część 1: Kołnierze stalowe.
8. Norma PN-EN 1708-1: Spawanie. Szczegóły podstawowych złączy spawanych w stali. Część 1: Elementy ciśnieniowe.
9. Norma PN-EN 1515-4: Kołnierze i ich połączenia. Śruby i nakrętki. Część 4: Dobór śrub i nakrętek do osprzętu podlegającego dyrektywie Urządzenia ciśnieniowe 2014/68/UE.
10. Norma PN-EN 898-1: Własności mechaniczne części złącznych wykonanych ze stali węglowej oraz stopowej. Część 1: Śruby i śruby dwustronne o określonych klasach własności – Gwint zwykły i drobnozwojowy.
11. Wytyczne do dyrektywy PED 2014/68/UE <https://www.gov.pl/attachment/c0eb46a8-e093-4807-8a5d-637412bc75d9>

KOORDYNACJA MERYTORYCZNA PUBLIKACJI:

MGR INŻ. SYLWERYUSZ BRZUSKA
 Ekspert ds. Oceny Zgodności
 Departament Certyfikacji
 i Oceny Zgodności
 Urząd Dozoru Technicznego