

Tomasz Węgrzyn

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Bożena Szczucka-Lasota

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Andrzej Wieczorek

Politechnika Śląska w Gliwicach

Zagrożenia przy pracach spawalniczych na urządzeniach ciśnieniowych

The hazards of welding on a pressure equipment

Streszczenie

W artykule zostały opisane zagrożenia w środowisku pracy, na które jest narażony spawacz wykonujący spoiny na układach ciśnieniowych urządzeń energetycznych w elektrowni. Analizie zostały poddane zagrożenia jakie mogą wystąpić w czasie usuwania nieszczelności na układzie parowym kotła, jak również podczas usuwania nieszczelności kotłów ciśnieniowych. Zostało również opisane realne zagrożenie spawacza w czasie pracy związanej z naprawą układów kotła, określono ciężkość pracy i narażenia zdrowia podczas tych prac. Scharakteryzowano także stosowane metody i środki ochrony indywidualnej i zbiorowej, które w sposób znaczący pozwalają zminimalizować ryzyko zawodowe w środowisku pracy spawacza.

Słowa kluczowe: *zagrożenia, spawanie, ciśnienie.*

Abstract

This article contains information about the occupational hazards of welder during the welding process on a pressure equipment in the power station. There were analyzed the occupational hazards both while fault clearing such as leaks in the steam boiler system and in the pressure boiler itself. It also has been described the real risk of welder while repairing the boiler system, was determined severity of work and the health hazard of welder. Additionally, in this article were characterized the methods and preventive measures both collective and individual, used in order to reduce an occupational risk of welder.

Keywords: *hazards, welding, pressure.*

1. Wprowadzenie

Trwałość eksploatacyjna urządzeń energetycznych jest determinowana ich „najsłabszym ogniwem”. Dlatego ważną rolę w bezpiecznej eksploatacji urządzeń energetycznych odgrywa właściwe zaprojektowanie wszystkich elementów instalacji, zarówno pod względem technologicznym jak i materiałowym, a także prawidłowa ich eksploatacja, diagnostyka i prace modernizacyjno-remontowe na istniejących obiektach.

Istotnym czynnikiem mającym wpływ zarówno na moc bloków energetycznych, jak i na bezpieczeństwo eksploatacji elektrowni jest temperatura, ciśnienie oraz wydajność pary wytwarzanej w kotłach. Zwiększanie mocy urządzeń nierozzerwalnie wiąże się z podnoszeniem ciśnienia pary, a ta z kolei determinuje stosowanie do budowy bloków energetycznych coraz bardziej zaawansowanych materiałów, technologii oraz odpowiednich zabezpieczeń. Pomimo postępu technicznego, eksploatowane urządzenia - w tym kotły energetyczne nadal stwarzają potencjalne zagrożenie dla życia osób i środowiska. Jednym ze sposobów poprawy efektywności energetycznej i bezpieczeństwa energetycznego jest stosowanie coraz bardziej obostrzonych przepisów i norm. Do ważniejszych należą ogólnosiwiatowe normy ISO, a w krajach Unii Europejskiej normy (EN) i wydane na ich podstawie akty prawne [3-6, 8-10]. Należy podkreślić, że przepisy prawne formułują zalecenia i nakładają obowiązek ich stosowania, natomiast normy informują o właściwym postępowaniu i nie są obowiązkowe. Do ważniejszych aktów prawnych należą przyjęta przez Parlament Europejski i Radę Europejską Dyrektywa urządzenia ciśnieniowe (97/23/WE) – PED, dotycząca producentów urządzeń ciśnieniowych i ich zespołów, takich jak: zbiorniki ciśnieniowe, wymienniki ciepła, wytwornice pary, kotły, rurociągi przemysłowe, osprzęt zabezpieczający, osprzęt ciśnieniowy oraz Dyrektywa 2006/32/WE z dn. 5 kwietnia 2006 w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych [2, 3]. Dodatkowo 1 lipca 2011 r. weszło w życie rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27 czerwca 2011 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ciśnieniowych urządzeń transportowych, wdrażające postanowienia dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/35/UE (TPED) z 16 czerwca 2010 r. w sprawie ciśnieniowych urządzeń transportowych. Dyrektywa 2010/35/UE zastąpiła z dniem 1 lipca 2011 r. dyrektywę 1999/36/WE [5]. Sprawy bezpieczeństwa energetycznego są niezwykle istotne, istnieje szereg norm zharmonizowanych z wymienionymi dyrektywami [np. 7, 11] oraz powstają kolejne mające objąć

kompleksowo sprawy związane z zapewnieniem bezpieczeństwa energetycznego. Bezpieczeństwo energetyczne wiąże się nierozdzielnie z bezpieczeństwem technicznym maszyn (Zgodność z Dyrektywą Maszynową jest obowiązkowa w całej Europejskiej Strefie Ekonomicznej-EEA), urządzeń i konstrukcji a także stosowanej armatury [4]. Ważną rolę podczas eksploatacji pełni monitoring pracy urządzeń energetycznych oraz okresowe roczne przeglądy, połączone z ich konserwacją, wykonywane przez specjalistyczne firmy i dozór techniczny (w kraju - 1 lipca 2011 r. weszło w życie Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 19 maja 2011 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla niektórych specjalistycznych urządzeń ciśnieniowych) [15]. Należy podkreślić, że urządzenia ciśnieniowe są obiektami specjalnego przeznaczenia, dlatego zarówno wymagania stawiane ich wytwórcom, personelowi projektowemu, produkcyjnemu oraz kontrolno-badawczemu są bardzo wysokie. Jednostki muszą posiadać odpowiednie certyfikaty potwierdzające ich możliwości produkcyjne oraz zatrudniać odpowiednio wysoko wykwalifikowany personel w tym także certyfikowany. Ze względu na bezpieczeństwo użytkowania urządzeń ciśnieniowych oraz osób będących w ich pobliżu, wszystkie wyżej wymienione kwalifikacje mogą być nadawane wyłącznie przez: jednostki notyfikowane, uznane organizacje strony trzeciej lub inspektoraty ds. użytkowników (w ograniczonym zakresie). Według PN-CR 12952-17 jednostki te (Responsible Authorities-RA) mogą brać bezpośredni udział w nadzorach nad wykonaniem konstrukcji ciśnieniowych, a także w odbiorach gotowych. Zakres prac RA jest uzależniony od wyboru procedury oceny zgodności dokonywanej przez wytwórcę zgodnie z Dyrektywą Ciśnieniową 97/23/WE. Zapewnienie bezpieczeństwa technicznego eksploatowanych urządzeń i instalacji ciśnieniowych oraz bezpieczeństwa środowiska naturalnego, powinno odbywać się przy zachowaniu warunków opłacalności inwestycji, a także akceptowalnego poziomu cen zarówno dla odbiorców indywidualnych, jak i odbiorców przemysłowych. Do częstych prac wykonywanych na obiekcie, należą prace remontowo-modernizacyjne poprzedzone badaniami diagnostycznymi, technologicznymi i materiałowymi. Badania te służą, kompleksowej ocenie stanu i przydatności elementów konstrukcji do dalszej bezpiecznej eksploatacji oraz wyznaczeniu prognozowanego czasu ich dalszej pracy, a także zaplanowania prac remontowo-modernizacyjnych bezpośrednio na obiekcie.

Do najczęstszych prac montażowych i naprawczych należą prace spawalnicze. Dlatego celem opracowania jest zidentyfikowanie głównych zagrożeń

spawacza oraz przedstawienie metod i środków zmniejszających ryzyko zawodowe wynikające z prac remontowych wykonywanych dla elementów konstrukcyjnych układu ciśnieniowego kotła parowego, w przypadku których możliwość wystąpienia awarii jest największa.

2. Analiza zagrożeń spawacza przy usuwaniu nieszczelności kotłów ciśnieniowych

Naprawy uszkodzeń elementów konstrukcyjnych kotła ciśnieniowego prowadzone są w większości z wykorzystaniem metod spawalniczych. Do najczęstszych, typowych awarii można zaliczyć między innymi pęknięcie rury ekranowej w komorze paleniskowej kotła, nieszczelność na rurach podgrzewacza wody, a także uszkodzenie rur przegrzewacza pary [8, 12]. Częste naprawy obejmują także elementy armatury, np. trójniki, czwórniki [8]. Zakres wykonywanych prac obejmuje zatem spawanie konstrukcji stalowych, rurociągów na układach technologicznych oraz regenerację zespołów i podzespołów przez napawanie elementów, w których nastąpił ubytek materiału.

W szczególności wykonuje się [19]:

- spawanie doczołowe blach i rur,
- spawanie pęknięć i naderwań,
- spawanie króćców, kołnierzy, nakładek wzmacniających,
- wstawianie łat,
- wymianę rur w ścianach sitowych,
- rozwałcowywanie rur w ścianach,
- spawanie ręczne metodą TIG w osłonie argonu,
- spawanie elektryczne zasadową elektrodą otuloną,
- cięcie materiałów,
- gięcie blach i rur,
- rozwałcowanie rur.

Spawanie dotyczy przede wszystkim stali niskostopowych z dodatkami chromu, molibdenu i wanadu. Na uwagę wskazuje fakt, że powyższe dodatki stopowe są toksyczne [9, 19].

Spawacz podczas wykonywania prac spawalniczych zarówno na zewnątrz jak również wewnątrz kotła jest narażony na wiele czynników niebezpiecznych i związanych z nimi zagrożeń. Zagrożenia i wielkości narażenia zdrowia spawacza wynikają z samego procesu spawania, ale również istnieje

niebezpieczeństwo wynikające z bezpośredniej bliskości procesów technologicznych. Do czynników chemicznych i fizycznych, które oddziałują na spawacza w środowisku pracy można między innymi zaliczyć [13, 16, 17, 18]:

- pyły i gazy spawalnicze,
- gorące odpryski metalu i żużła powstałe podczas procesu spawania,
- promieniowanie optyczne o nadmiernym natężeniu (nadfioletowe, widzialne i podczerwone),
- promieniowanie elektromagnetyczne,
- prąd elektryczny,
- hałas,
- mikroklimat (środowisko termiczne).

Czynniki te mogą być sklasyfikowane jako szkodliwe, niebezpieczne lub uciążliwe w zależności od stopnia oddziaływania na pracownika w środowisku pracy. Nie bez znaczenia pozostają również czynniki uciążliwe, które są związane na przykład z wymuszoną, nienaturalną pozycją podczas wykonywania prac spawalniczych.

Czynniki niebezpieczne w środowisku pracy spawacza mogą być powodem następujących zagrożeń [8, 9, 13, 16, 17, 18]:

- zagrożenie porażeniem prądem elektrycznym (jest ono między innymi związane z użytkowaniem spawarek, przewodów obwodu spawania czy rękojeści uchwyty elektrodowego),
- zagrożenie pożarem od rozpryskujących kropli metalu i żużła w procesie spawania,
- zagrożenie oparzeniami (jw.),
- zagrożenia elementami ruchomymi, luźnymi, ostrymi i wystającymi,
- zagrożenia upadkiem związane z pracami wysokościowymi oraz wskutek przemieszczania się wzdłuż wąskich i niskich przejść,
- zagrożenie możliwością wypływu mazutu bądź pary wodnej z palnika rozpałkowego,
- zagrożenia od elementów spadających z wysokości, na przykład popiołu i szlaki przytwierdzonych do elementów kotła.

Wydzielające się w procesie spawalniczym pyły i substancje chemiczne w postaci gazów stanowią szczególne zagrożenie dla zdrowia spawacza. Do gazów spawalniczych można zaliczyć azot, tlenki azotu, ozon, dwutlenek węgla, wodór oraz produkty rozpadu związków chlorowych. Duże zagrożenie dla

zdrowia podczas spawania łukowego stanowi również dym spawalniczy. Dym spawalniczy (aerozol) stanowi mieszaninę drobno dyspersyjnych cząstek stałych (pyłu spawalniczego) z substancjami chemicznymi w postaci gazów. Pył spawalniczy powstały w wyniku oddziaływania plazmy łuku na materiał podstawowy i dodatkowy składa się z tlenków, krzemianów, fluorokrzemianów, fluorków, węglanów metali i niemetałów.

W łuku spawalniczym zachodzi proces topienia materiałów, ich częściowego odparowania i utleniania par metalu [17, 19]. W atmosferze o niższej temperaturze następuje proces kondensacji i wytworzenia cząstek stałych o różnych wymiarach. Średnie uziarnienie cząstek pyłu spawalniczego wynosi od 0,1 μm do 0,5 μm . Skład chemiczny pyłu spawalniczego zależy od rodzaju spawanych materiałów oraz metody i parametrów technologicznych procesów spawania. Narażenie na dymy spawalnicze prowadzi do odkładania się w płucach tlenków metali, głównie żelaza a także krzemionki. Jest to przyczyną tzw. pylicy spawaczy elektrycznych. Pyły w zależności od wielkości ziaren osadzają się w różnych partiach dróg oddechowych. Duże ziarna odkładają się przed krtanią, natomiast te drobniejsze docierają nawet do tchawicy i oskrzeli. Mogą one zostać częściowo usunięte z dróg oddechowych, stanowiąc tym samym mniejsze zagrożenie w porównaniu z substancjami o wysokim stopniu zdyspergowania.

Fracja respirabilna docierając do pęcherzyków płucnych nie może być już usunięta i w całości zostaje wchłonięta przez organizm ludzki [9, 13, 17, 18]. Międzynarodowa agencja badań nad rakiem uznała, że dymy spawalnicze należą do grupy zanieczyszczeń prawdopodobnie kancerogennych. Udowodnione działanie kancerogenne wykazują takie składniki pyłu jak: nikiel, chrom, beryl czy kadm. Przykładem substancji działającej bardzo toksycznie na organizm człowieka są związki manganu. Występują one w pyłach spawalniczych powstającym we wszystkich metodach spawania, gdyż mangan jest podstawowym dodatkami stopowym każdej stali niskowęglowej i niskostopowej. W większości gatunków stali konstrukcyjnych zawartość manganu wynosi ok. 0,8%. Mangan poprawia wytrzymałość stali i spawanego złącza i ma neutralny wpływ na jego własności plastyczne [9, 17, 19]. Związki manganu mogą uszkodzić system nerwowy, narządy wewnętrzne oraz być powodem manganowego zapalenia płuc.

Podczas spawania stali elektrodami otulonymi i drutami proszkowymi są dodatkowo wydzielane związki sodu, potasu, wapnia i magnezu. Źródłem tych pierwiastków jest otulina elektrod, w skład której wchodzi różne surowce mineralne (krzemiany, węglany, fluorki proste i złożone, tlenki metali, szkło

sodowe lub potasowe) a także składniki organiczne [4, 19]. Między innymi dlatego właśnie zawód spawacza zajmuje jedno z czołowych miejsc pod względem uciążliwości i szkodliwości dla zdrowia. Wymienione zagrożenia natury chemicznej oraz często trudne warunki pracy są powodem wielu schorzeń oraz chorób zawodowych spawaczy. Jednym z nich jest tak zwana pylica spawaczy elektrycznych, spowodowana narażeniem na dymy spawalnicze. W rezultacie prowadzi ono do odkładania się w płucach tlenków metali, głównie żelaza, a także krzemionki [9, 18].

W środowisku pracy spawacza wykonującego określone w artykule prace spawalnicze, istnieje również realne zagrożenie wynikające z bezpośredniej bliskości samego procesu technologicznego. Do potencjalnie niebezpiecznych zdarzeń wypadkowych, jakie mogą wystąpić podczas kontaktu z urządzeniami można zaliczyć [9, 17, 18, 19]:

- możliwość poparzenia się od stygnącego popiołu i szlaku w kotle (proces stygnięcia jest z reguły bardzo długi ze względu na dopalanie się resztek paliwa),
- poparzenia w przypadku przebywania wewnątrz kotła od nagranych elementów metalowych kotła i ewentualnych wypływów wody lub pary,
- omdlenia w wyniku panującej lokalnie wysokiej temperatury (mikroklimat gorący),
- zaproszenie oczu spadającym popiołem i żużlem,
- uderzenie spadającymi odłamkami żużłowymi,
- poślizgnięcie na rurach lub elementach rusztowań (na skutek wilgoci powstałej w nieszczelnościach układu),
- upadek z wysokości,
- możliwość nagłej zmiany warunków pracy wewnątrz kotła i na układach ciśnieniowych kotła (uruchomienie wentylatorów, zespołu młynowego, kłap spalin i powietrza czy podanie wody do układu ciśnieniowego).

3. Wyniki badań zagrożenia spawacza urządzeń ciśnieniowych

W celu sprawdzenia wielkości narażenia spawacza na niebezpieczne dla zdrowia, pyły i gazy w środowisku pracy podczas wykonywania naprawy elementów konstrukcyjnych układu ciśnieniowego kotła, zostały przeprowadzone pomiary stężeń tlenków żelaza, manganu, tytanu, krzemionki, tlenków azotu i węgla. Te bowiem powstają głównie podczas spawania wewnątrz stalowych

zbiorników i pomieszczeń o małej kubaturze. Pomiary były przeprowadzone w środowisku pracy, w którym spawacz wykonywał naprawę uszkodzonej konstrukcji stalowej układu metodą spawania łukowego ręcznego. W procesie spawania zastosowano zasadową elektrodę EB 1.46 o grubości 3,25 mm. Czas ekspozycji wynosił 480 minut.

W celu oznaczenia stężeń pyłów przemysłowych, stężeń tlenków żelaza, manganu i jego związków nieorganicznych oraz wolnej, krystalicznej krzemionki w pyłe pobrano próby powietrza przy pomocy aspiratorów indywidualnych typu Aircheck AP-2 oraz AS-50, zaopatrzonymi w odpowiednie głowice probiercze. W celu określenia stężenia dwutlenku azotu i tlenku azotu zostały pobrane próby powietrza z użyciem aspiratorów typu Aircheck.

Wyniki pomiarów stężenia pyłów i substancji chemicznych zostały zestawione w tabeli 1.

Tab. 1. Ocena zgodności stężeń z NDS [8]

Nazwa czynnika, metoda pomiaru, stężenia dopuszczalne, uwagi	Wartość wskaźnika Cw, mg/m ³		Wartość wskaźnika względnego Cw /NDS
Pyły zawierające wolną krystaliczną krzemionkę od 2% do 50% Zaw. SiO ₂ : 2.7% Met. dozymetryczna NDS(całk): 4.0 mg/m ³ NDS(resp): 1,0 mg/m ³	Pył całk.	3,1	0,78
	Pył resp.	0,7	0,7
Tlenki żelaza metoda dozymetryczna NDS: 5 mg/m ³	0,7		0,14
Mangan i jego związki nieorganiczne met. dozymetryczna NDS: 0,3 mg/m ³	0,08		0,27

Wykonane zostały również pomiary stężeń chwilowych dla wybranych czynników. Wyniki zostały zestawione w tabeli 2.

Tab. 2. Ocena zgodności stężeń chwilowych z NDSCh [8]

Nazwa czynnika, metoda pomiaru, stężenia dopuszczalne, uwagi	Najwyższe stężenie chwilowe Cch [mg/m ³]	Cch/NDSch
tlenki żelaza NDSch: 10 mg/m ³	Cch=0.8	0,08
dwutlenek azotu NDSch: 1.5 mg/m ³	Cch=0.49	0,33
tlenek azotu NDSch: 7.0 mg/m ³	Cch=1.62	0,23
tlenek węgla NDSch: 117 mg/m ³	Cch=6.7	0,06

Z analizy danych zamieszczonych w tablicach 1 i 2 wynika, że nie zostały przekroczone wartości NDS i NDSCh dotyczące stężeń badanych pyłów oraz substancji chemicznych w pobranych i analizowanych próbach powietrza.

4. Metody i środki zmniejszające ryzyko zagrożenia występującego w środowisku pracy spawacza

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki [14] praca wewnątrz komór paleniskowych kotłów, walczaków kotła, zasobników, w zbiornikach paliw płynnych i gazowych jest pracą w warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego.

Bezpieczne wykonanie prac spawalniczych remontowych, modernizacyjnych w blokach energetycznych wymaga zastosowania odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych, organizacyjnych i innych wynikających z norm branżowych i aktów prawnych. Do najważniejszych należą uregulowania prawne dotyczące bezpieczeństwa użytkowania elementów ciśnieniowych określone w Dyrektywach PED I TPEd oraz regulacje odpowiednich norm zharmonizowanych. Prace spawalnicze odbywające się na obiekcie w trakcie postojów są jedną z wielu prac remontowych lub modernizacyjnych danego kotła. Bezpieczeństwo robót wymaga przede wszystkim odpowiedniego:

- przygotowania kotła do remontu, w tym zastosowania metody LOCKOUT i TAGOUT,
- rozplanowania prac dla wszystkich ekip,
- doboru technologii, metod, narzędzi i sprzętu,
- kwalifikacji i doświadczenia personelu,
- zastosowanych środków ochrony zbiorowej i indywidualnej.

4.1. Przygotowanie urządzenia do prac naprawczych i remontowych

W przypadku naprawy elementów konstrukcji kotłów energetycznych należy spełnić następujące wymagania:

- kocioł w miejscu prowadzenia prac musi być maksymalnie wystudzony,
- wnętrze kotła powinno być maksymalnie odszaklowane, w przeciwnym wypadku należy wykonać specjalne zadaszania, zabezpieczające przed możliwością uderzenia spadającym żużlem,
- należy właściwie oznakować i zabezpieczyć odcięcia mediów przed ich przypadkowym włączeniem, zastosować w miarę możliwości wspomnianą metodę LOCKOUT i TAGOUT,
- należy stosować bezpieczne narzędzia, maszyny i urządzenia (znak CE) oraz właściwe oświetlenie miejsca pracy,
- w przypadku braku możliwości całkowitego przewentylowania rejonu prac należy dokonać lokalnych pomiarów temperatury i składu atmosfery w tym środowisku,
- należy przygotować odpowiednie warunki wykonywania prac określone w poleceniu pisemnym np. „kocioł wystudzony i przewentylowany w wymaganym zakresie” oraz sprawdzić skuteczność ich wykonania.

Przystąpienie do tego typu prac winne być poprzedzone specjalną procedurą dopuszczenia do pracy. Wprowadzenie programu „0 wypadków”, dzięki któremu pracownicy sami znajdują ewentualne zagrożenia i je zgłaszają jak również „wychwytywanie” zdarzeń potencjalnie wypadkowych” stanowi ważny element tych działań.

Zagrożenia wynikają nie tylko ze zidentyfikowanych zagrożeń na danym stanowisku (rozdział 3), ale także mogą pochodzić z pozostałych stanowisk. Bardzo istotne dla podniesienia poziomu bezpieczeństwa w środowisku pracy jest stworzenie systemu informowania o zagrożeniach. Przykładem może być usytuowanie przy wejściach na dane urządzenie specjalnych tablic ostrzegawczo-informujących (rys. 1). O zidentyfikowanych zagrożeniach w środowisku pracy należy poinformować wszystkie osoby pracujące zarówno przy eksploatacji jak również przy naprawie urządzeń wchodzących w skład bloku energetycznego. Intensywność oddziaływania zagrożeń np. pyłów jest różna dla każdego rodzaju i typu kotła (kocioł konwencjonalny, fluidalny) i zależy od intensywności procesów niszczenia w danym kotle. Szczegółowo regulują to przepisy BHP – kodeks pracy.



Rys. 1. Tablica informacyjna o zagrożeniach w miejscu pracy

4.2. Rozplanowanie prac remontowo-montażowych

Rozplanowanie prac i wybór jednostek jest uwarunkowany wymaganiami dyrektyw Unii Europejskiej, m.in. Dyrektywy 97/23/WE, wg której zakres prac jednostek jest uzależniony od wyboru procedury oceny zgodności [2]. Rozpoczęcie prac remontowych wymaga wprowadzania wykazu prac, które należy wykonać przez co najmniej dwie osoby. Szczególnie prace wewnątrz zbiorników powinny być prowadzone z odpowiednią asekuracją. Do ogólnych prac przygotowawczych spawalniczych należy zaliczyć przygotowanie, opisanie odpowiednich dla danej metody maszyn i urządzeń, posiadających certyfikat bezpieczeństwa (Zgodnie z Dyrektywą Maszynową), zabezpieczenie przeciwpożarowe procesów spawalniczych, a także ustalenie oraz oznakowanie dróg komunikacyjnych i ewakuacyjnych. Szczegółowe rozplanowanie zadań spawalniczych: przygotowanie do spawania konstrukcji rurowej (trasowanie, obcinanie, przygotowanie złącza, oznakowanie i spawanie szepiąjące), opracowania planu operacji spawalniczych (proces spawania, wykonanie warstwy przetopowej oraz kolejność układania poszczególnych ściegów), zaplanowanie procesów cieplnych (np. w celu przeprowadzenia odpowiedniej obróbki w czasie spawania lub po spawaniu) i zapewnienie doprowadzenia ciepła do miejsca spawania, ustalenie rodzajów i metod badania spoiny oraz spełnienie wymagań wynikających z przepisów dotyczących znakowania spoin.

4.3. Dobór technologii, metod, narzędzi i sprzętu

Prace spawalnicze na obiektach ciśnieniowych wykonywane są zgodnie z normami spawalniczymi zharmonizowanymi ustalonymi przez CEN lub w przypadku zastosowania innych, jednostka wykonująca prace montażowe spawalnicze ma obowiązek wykazać, że jej wyroby są zgodne z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy, mimo zastosowaniu innych, wybranych przez siebie rozwiązań (na przykład zgodnie z dowolnymi, istniejącymi specyfikacjami technicznymi, itp.). Wybór technologii spawania i spoiwa zależy m.in. od rodzaju spawanych elementów (gatunku stali), miejsca usytuowania i przeznaczenia. Rodzaje dokumentów kontroli wymaganych na urządzenia ciśnieniowe w tym materiały spawalnicze objęte są dyrektywą 97/23/WE [2].

Maszyny, urządzenia i sprzęt odpowiedni dla danej metody musi posiadać znak bezpieczeństwa (należy podkreślić, że 18 listopada 2011 r. pojawił się nowy wykaz norm zharmonizowanych dla dyrektywy maszynowej 2006/42/WE) [4].

4.5. Kwalifikacje i doświadczenia personelu

Każdy pracownik wchodzący na obiekt musi posiadać stosowne uprawnienia (spawalnicze, elektryczne, do pracy na wysokościach itp.), certyfikaty potwierdzające jego kwalifikacje powinny być nadane, np. przez jednostkę notyfikowaną. Metody spawania elementów ciśnieniowych konstrukcji energetycznych są metodami manualnymi (najczęściej TIG jako warstwa graniowa oraz elektroda otulona dla warstw wypełniających) wymagają od spawacza odpowiedniego doświadczenia. Bez względu na doświadczenie, każdy pracownik powinien być zapoznany z odpowiednimi procedurami, regulaminem ochrony ppoż., odpowiednimi instrukcjami stanowiskowymi brygad i zagrożeniami na danym stanowisku. Musi spełniać określone wymagania zdrowotne i wykazywać znajomość procesów produkcyjnych w miejscu prowadzenia prac.

4.6. Zastosowanie środków ochrony zbiorowej i indywidualnej

Głównym środkiem ochrony zbiorowej jest właściwa wentylacja w miejscu pracy. Przy pracach spawalniczych, szczególnie łukiem krytym stosuje się [12]:

- wentylację ogólną,
- wentylację miejscową (urządzenia odsysające),
- odsysanie połączone z oprzyrządowaniem (palniki z odsysaniem),
- ssawy połączone z tarczami ochronnymi,
- ssawki ruchome ustawiane w dowolnym położeniu.

W przypadku pracy na wysokościach, tam gdzie to możliwe, stosuje się odpowiednie rusztowania. Ważnym ich elementem jest ich właściwe zakotwiczenie.

Prace remontowe spawalnicze wykonywane w kotłach energetycznych wymagają także stosowania środków ochrony indywidualnej kategorii II i III wyróżnione Dyrektywami Unii Europejskiej [6]. Do kategorii II należą produkty z grupy ochrony twarzy, oczu, obuwie i rękawice chroniące przed zagrożeniami większymi niż minimalne oraz ochrona słuchu. Oznaczone są znakiem CE. Należą do nich: kombinezony robocze, szczelnie zapięte z pełnymi rękawami, pyłoszczelne, hełmy ochronne, maski i okulary przeciwpylowe wraz z ochronnikami słuchu, rękawice ochronne, właściwe obuwie robocze. Dobór odzieży ochronnej zależy od ogólnych warunków panujących w kotle, temperatury (mikroklimat gorący, zimny), zapylenia, stopnia oczyszczenia itp.

Z kolei do kategorii III środków ochrony indywidualnej - stosowanej przez spawaczy urządzeń ciśnieniowych w energetyce - zalicza się środki o złożonej konstrukcji, przeznaczone do ochrony przed zagrożeniem życia lub zagrożeniami powodującymi poważny i nieodwracalny uszczerbek na zdrowiu. Przykładem może być sprzęt ochrony układu oddechowego, np. maski z dopływem świeżego powietrza czy też urządzenia chroniące przed upadkiem (szelki i pasy bezpieczeństwa przy pracy na wysokościach) oraz urządzenia chroniące przed zagrożeniem związanym z prądem czy promieniowaniem jonizującym. Produkty tej kategorii posiadają znak CE oraz numer jednostki notyfikowanej, zaangażowanej w fazę produkcji. Do najnowszego zalecanego sprzętu należą przyłbice spawalnicze czwartej generacji z nowoczesnymi automatycznymi filtrami spawalniczymi. Należy podkreślić, że czas pracy ze środkami ochrony indywidualnej dróg oddechowych jest ograniczony, a w przypadku pracy w zbiornikach ciśnieniowych w tym kotłach energetycznych determinowany jest zanieczyszczeniem środowiska, przeciążeniem pracą, czynnikami klimatycznymi. Dlatego należy stosować przerwy w pracy, podczas których pracownicy powinni wychodzić z tych zbiorników na wolną przestrzeń. Maski nakładane na twarz w pewnym stopniu ograniczają również widoczność i bezpieczeństwo, zawężając pole widzenia zwiększają ryzyko potknięcia się i upadku. Bez wmontowanych membran głosowych utrudniona byłaby także komunikacja.

5. Podsumowanie

W oparciu o wyniki badań i dodatkowe analizy warunków pracy na stanowisku spawacza pracującego przy usuwaniu nieszczelności na układzie ciśnieniowym kotła, po uwzględnieniu niezbędnych środków profilaktycznych zmniejszających ryzyko zawodowe, można uznać, że poziom zagrożenia został uznany za akceptowalny. Oznacza to, że wskazana jest kontrola warunków pracy, stanu urządzeń, a także środków ochrony indywidualnej i zbiorowej. Określenie warunków pracy na określonych stanowiskach wymaga wnikliwej analizy pod względem bezpieczeństwa i higieny pracy ocenianych stanowisk oraz przeprowadzania rozmów zarówno z pracownikami jak również z przedstawicielami nadzoru technicznego.

Biorąc jednak pod uwagę procesy technologiczne zachodzące w elektrowni, różnorodność urządzeń oraz fakt, że prace spawalnicze są często wykonywane obok innych urządzeń będących w ruchu, można uznać pracę spawacza jako niebezpieczną. Wprowadzanie nowych, często nie do końca sprawdzonych rozwiązań pociąga za sobą nowe zagrożenia. Przykładem takim może być współdziałanie z węglem biomasy. Procesy te w sposób znaczący podnoszą ryzyko wybuchu gazu powstającego w momencie pogrzanania zrębków drewnianych, temperaturą panującą w młynie węglowym. Zagrożenia tego typu są na bieżąco definiowane oraz podejmowane są działania zmierzające do ich eliminacji [9, 17, 18, 19].

Dymy spawalnicze z uwagi na ich ilość, a także skład chemiczny mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia pracowników. Sygnałem ich uciążliwych, a także szkodliwych skutków na zdrowie pracowników może być częste występowanie chorób zawodowych w grupie spawaczy. Obowiązek kontroli środowiska pracy spawacza pod względem czystości powietrza, ujęty w obowiązujących przepisach bezpieczeństwa prowadzi do poszukiwania takich metod i rozwiązań, które miałyby na celu redukcję emisji zanieczyszczeń w czasie prowadzenia procesów spawania.

LITERATURA

- [1] Błaszczak G., *Efektywność energetyczna – przegląd przepisów i norm*, „Energetyka”, październik 2011, s.597-606.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 97/23/WE z dn. maja 1997 urządzenia ciśnieniowe – PED.

- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego I Rady 2006/32/WE z dn. 5 kwietnia 2006 w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych.
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego I Rady 2006/42/WE z dn. 19 maja 2006 w sprawie maszyn.
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego I Rady 2010/35/UE z dnia 16 czerwca 2010 r. w sprawie ciśnieniowych urządzeń transportowych.
- [6] Dyrektywa Rady z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstwa państw członkowskich odnoszących się do środków ochrony indywidualnej (Dz. Urz. WE L 399 z 30.12.1989) zmieniona dyrektywami 93/68/EWG, 93/95/EWG, 96/58/WE.
- [7] EN 16212 "Energy Efficiency and Saving Calculation, Top-down and Bottom-up Methods, grudzień 2011.
- [8] Instrukcja eksploatacji Kotła OP-650k.
- [9] Mirosławski J., Węgrzyn T.: *Praca Zdrowie Środowisko*, Wydawnictwo WSZOP, Katowice 2008.
- [10] Mizierski J.: *Spawanie, podręcznik dla spawaczy i personelu nadzoru spawalniczego*, Wydawnictwo REA s.j., Warszawa 2005.
- [11] Norma EN16001/Energy management systems-Requirements with guidance for use, lipiec 2009.
- [12] Płonka K.: *Praca Inżynierska*, WSZOP, 12 IV 2010, Katowice.
- [13] PN-N-18001:2004 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy.
- [14] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych.
- [15] Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 19 maja 2011 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla niektórych specjalistycznych urządzeń ciśnieniowych.
- [16] Rączkowski B.: *BHP w praktyce*, Wydawnictwo ODDK Gdańsk.
- [17] Węgrzyn T., Ślifirska J.: *Ochrona wzroku spawacza*, „Promotor” 3, 2010, str. 10-12.
- [18] Węgrzyn T., Ślifirska J.: *ŚOI dla Spawaczy*, „Promotor” 12, 2009, str. 26-30.
- [19] Węgrzyn T.: *Tlen i azot w stalowym stopiwie wykonanym łukowymi metodami*, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Warszawa 1999.