



CEMIVET

Wsparcie Komisji Europejskiej przy tworzeniu niniejszej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może być pociągana do odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie zawartych w niej informacji.

CEMIVET WP4 (IO4)

Kursy szkoleniowe



CEMIVOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING WP4 (IO4-IO5)

Kursy szkoleniowe

KURS 1. GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM I ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ W SPAWALNICTWIE - CO TO JEST I DLACZEGO JEST WAŻNE?

Zakres i efekty uczenia się kursu

Celem tego kursu jest wprowadzenie zasad Gospodarki o Obiegu Zamkniętym dla rozwoju procesów pracy w spawalnictwie.

Po ukończeniu tego kursu uczestnicy będą w stanie:

- Zdefiniować pojęcie GOZ i rozpoznać jej główne zasady.
- Wyjaśnić znaczenie zasad GOZ dla rozwoju sektora obróbki metali, a w szczególności spawania metali.
- Wyjaśnić wpływ procesów spawalniczych na środowisko i konsekwencje spawania dla zużycia surowców.
- Ocenić możliwości wdrożenia zasad GOZ w procesach spawalniczych.

Grupa docelowa

Nauczyciele i trenerzy Vocational Education and Training, specjaliści spawalnictwa.

Materiały edukacyjne

Temat 1. Czym jest GOZ?

GOZ można zdefiniować jako system gospodarczy, który dąży do wyeliminowania lub przynajmniej ograniczenia marnotrawstwa procesów gospodarczych i produkcyjnych poprzez ponowne wykorzystanie, recykling różnych produktów, a także wydłużenie ich żywotności. GOZ ma na celu kilka kluczowych celów planetarnych, począwszy od ochrony środowiska i utrzymania dzikiej przyrody (której przetrwanie jest zagrożone przez nadmierną konsumpcję) i kończąc na rzeczywistej racjonalizacji wykorzystania

surowców nieodnawialnych, a tym samym zapobieganiu ich szybkiemu wyczerpywaniu się i eliminowaniu szkód dla środowiska spowodowanych ich wydobyciem.

Aby uzyskać więcej informacji, przeczytaj poniższy arkusz informacyjny opracowany w ramach projektu Erasmus + "CEMIVOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING" tutaj: <http://cemiVocational Education and Training.eu/circular-economy-factsheets/>.

Temat 2. Dlaczego GOZ jest ważna dla obróbki metali i spawania? Jakie wyzwania/problemy tego sektora i obszaru działalności może pomóc rozwiązać?

Spawanie jest jednym z najważniejszych procesów technologicznych nowoczesnego przemysłu metalowego i inżynierskiego pod względem wielkości produkcji, skali zastosowań w przemyśle i wielu innych czynników. Jednocześnie spawanie i związane z nim procesy technologiczne "zużywają" bardzo znaczną część wyczerpujących się materiałów (np. metali) i wytwarzają bardzo znaczące ilości odpadów, odpadów i emisji zanieczyszczeń. Dlatego wdrożenie i przestrzeganie zasad GOZ w procesach spawalniczych może pomóc w rozwiązaniu kilku globalnych problemów: 1) zapobieganie szybkiemu i szybkiemu wyczerpywaniu się dostępnych surowców i innych zasobów (np. rudy żelaza); 2) zmniejszenie dużego negatywnego wpływu na środowisko produkcji metali i innych surowców oraz materiałów eksploatacyjnych do spawania; 3) zmniejszenie negatywnego wpływu przemysłu i procesów spawalniczych na środowisko i ludzi.

Więcej informacji można znaleźć w arkuszu informacyjnym opracowanym w ramach projektu Erasmus+ "CEMIVOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING": <http://cemiVocational Education and Training.eu/circular-economy-factsheets/>.

Temat 3: Jak możemy zmienić / dostosować realizację procesów i operacji spawalniczych w celu przestrzegania zasad GOZ?

Przestrzeganie zasad GOZ wymaga znacznej rewizji istniejących procesów spawalniczych, począwszy od projektowania spawanych produktów, planowania i organizacji procesu produkcyjnego, dostarczania i stosowania technologii i materiałów spawalniczych, wykonywania i zapewniania jakości wszystkich operacji spawalniczych.

Ponadto wymaga intensywnej i opartej na współpracy komunikacji pomiędzy konstruktorami produktu, inżynierami produkcji i operatorami spawalniczymi.

- 1) Można wyróżnić różne problemy lub braki w organizacji pracy, które przyczyniają się do wzrostu zanieczyszczenia, zużycia materiałów

i materiałów eksploatacyjnych, a także wzrostu ilości odpadów w procesie spawania: Problemy komunikacyjne - brak wyraźnie zdefiniowanych celów i planu pracy w procesie spawania - klient, projektant i spawacz muszą wspólnie ponosić odpowiedzialność za zrozumienie i prawidłowe wykonanie zlecenia; brak przejrzystej i stałej współpracy między działem technologicznym (inżynierami spawalnictwa, technologami), doświadczonymi spawaczami a operatorami spawania; brak wymiany informacji między działem marketingu, który zna wymagania klienta i preferencje środowiskowe, a działem spawalniczym, który skupia się przede wszystkim na jakości produktu; kwestia zakresu i sposobu takiej wymiany informacji pozostaje do rozwiązania.

2) Brak koncentracji, brak woli, niewystarczająca motywacja spawaczy przy wykonywaniu pracy - problemy typowe dla procesów produkcji indywidualnej - różnice w czasie potrzebnym do produkcji standardowych produktów i specjalnie zaprojektowanych (klasyczna konstrukcja może wymagać 8 godzin, specjalna konstrukcja - nawet do 3 tygodni); w przypadku produkcji indywidualnej klienci często żądają zmian i dostosowań, a wprowadzenie nowych parametrów w procesie spawania może prowadzić do niepożądanych efektów, a nauka ich obsługi może wymagać czasu i wolumenu produkcji.

3) Problemy wynikające z wad materiałów, co wymaga kontroli przez dział zaopatrzenia i kontrolę jakości.

4) Zapewnienie jakości procesów na początkowym etapie wdrażania robotyzacji; zatrudnianie spawaczy (przy ich braku) do obsługi robotów może prowadzić - w okresie wdrażania - do zwiększenia zużycia materiałów i energii (wyższy wskaźnik marnotrawstwa), niemniej jednak wprowadzenie nadzoru i kontroli procesu, które są prowadzone przez doświadczonych spawaczy, jest powodem zwiększenia efektywności i jakości produkcji.

Temat 4. Jakie umiejętności, zdolności i postawy spawaczy i operatorów spawalniczych są potrzebne do wdrożenia zasad GOZ?

W ramach projektu Erasmus+ CEMIVOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING opracowano profil kompetencji, który ujawnia umiejętności, zdolności i postawy potrzebne specjalistom w dziedzinie spawania we wdrażaniu zasad GOZ: <http://cemiVocational Education and Training.eu/circular-economy-competences/>.

W ramach projektu Erasmus+ CEMIVOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING opracowano arkusz informacyjny zawierający zalecenia dotyczące treści programów szkoleń zawodowych dla spawaczy zawierających kompetencje potrzebne do wdrożenia zasad GOZ w procesach pracy. Można go przeczytać tutaj: <http://cemiVocational Education and Training.eu/circular-economy-factsheets/>.

Istnieją inne projekty Erasmus+, w ramach których opracowano programy nauczania VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING i materiały szkoleniowe w zakresie spawania, w tym kompetencje i efekty uczenia się związane ze zrównoważonym rozwojem procesów pracy.

Projekt Erasmus+ "Opracowanie programu nauczania w zakresie zdrowia, bezpieczeństwa i środowiska dla technologii łączenia" zapewnia kilka powiązanych wyników. Szczególną uwagę należy zwrócić na matrycę kompetencji przedstawioną w dokumencie "O1 Harmonised Curriculum for HSE implementation in Joining" (strona 36), która obejmuje kompetencje związane ze zdrowiem, bezpieczeństwem i ochroną środowiska:

<https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2016-1-BE02-KA202-017322#!>

W ramach projektu Erasmus+ "EU weld" opracowano kompleksowy program nauczania obejmujący ogólne aspekty spawania (materiały stosowane w spawalnictwie, spawalność i obróbka cieplna materiałów, zapewnienie jakości i kwalifikacje w spawalnictwie, szczegółowe normy bezpieczeństwa i higieny pracy w procesach spawania), a także podstawy procesów spawania ((spawanie tlenowo-gazowe, procesy spawania ręcznego elektrodą metalową – spawanie TIG, spawanie elektrodą metalową w osłonie gazów GMAW, spawanie łukiem krytym, spawanie laserowe, spawanie wiązką elektronów, spawanie plazmowe) .

<http://www.camis.pub.ro/euweldlms/>

W ramach projektu MAKE IT na nowo zdefiniowano profil zawodowy "European Welding Practitioner", dostarczając informacji na temat kompetencji związanych z różnymi procesami spawania, w tym kompetencji związanych ze zrównoważoną wydajnością pracy. w ramach projektu opracowano również europejski sektorowy system kwalifikacji w podejściu LOs i ustanowiono europejski zharmonizowany system uznawania wcześniejszego uczenia się (RPL - Recognition of Prior Learning) w sektorze spawalniczym, który może być przydatnym narzędziem do projektowania i wdrażania

modułów szkoleniowych związanych z zastosowaniem zasad GOZ w spawalnictwie. Materiały tego projektu można znaleźć tutaj: MAKE-IT (makeitproject.eu). Erasmus+ project "WeldChance" developed manual for designing of the innovative VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING curricula and organization of training processes in welding: [Training-manual_VWTS_final.pdf \(struka.hr\)](http://struka.hr/Training-manual_VWTS_final.pdf)

Zadania do samodzielnej nauki

Omów procesy spawalnicze, z którymi pracujesz lub które studiujesz, odpowiadając na poniższe pytania:

- 1) Jakie zasady GOZ są szczególnie istotne i ważne dla tych procesów spawania? Dlaczego?
- 2) Co należy zrobić, aby proces spawania był bardziej ekologiczny (bardziej przyjazny dla środowiska) i bardziej efektywny pod względem oszczędności kosztów materiałów, materiałów eksploatacyjnych i energii?
- 3) w jaki sposób osobiście przyczyniasz się do bardziej ekologicznej i zrównoważonej pracy w swoim miejscu pracy? Jakie wyzwania i problemy napotykasz w tym zakresie?
- 4) Poszukaj i znajdź wszelkie dane na temat negatywnego wpływu na środowisko praktykowanego/badanego procesu/procesów spawania. Przeanalizuj dynamikę znalezionych wskaźników w dowolnym okresie czasu i wyciągnij wnioski.

Samoocena efektów uczenia się

Odpowiedz pisemnie na poniższe pytania:

- 1) Co to jest GOZ?
- 2) Jakie zasady GOZ są ważne dla spawania? Dlaczego?
- 3) W jaki sposób przestrzeganie zasad GOZ w spawalnictwie może pomóc obniżyć koszty firm?
- 4) Jakie są największe negatywne skutki spawania dla środowiska?
- 5) Jakie surowce są zużywane i wyczerpywane w procesach spawalniczych?

6) Jakie są kluczowe czynniki wspierające i przeszkody we wdrażaniu zasad GOZ w procesach spawalniczych?

KURS 2. Oszczędne, cyrkularne i przyjazne dla środowiska wykorzystanie materiałów i materiałów eksploatacyjnych w spawalnictwie.

Zakres i efekty uczenia się kursu

Celem tego kursu jest wprowadzenie instrukcji i sugestii dotyczących zrównoważonego wykorzystania materiałów i materiałów eksploatacyjnych w praktyce spawalniczej.

Po ukończeniu tego kursu uczestnicy będą w stanie:

- Stosować zasady zrównoważonego wykorzystania materiałów i materiałów eksploatacyjnych w procesach roboczych spawania.
- Eliminować/optymalizować procedury i procesy prowadzące do zwiększenia ilości resztek i/lub odpadów.

Grupa docelowa

Nauczyciele i trenerzy Vocational Education and training, uczniowie Vocational Education and training, spawacze (poziom 4 EQF).

Materiały edukacyjne

Temat 1. W jaki sposób pozostałości i odpady powstają w procesach spawania? Jakie są najważniejsze źródła pozostałości i odpadów?

Procesy spawalnicze wytwarzają różne pozostałości i odpady, w tym gazy, pozostałości spawanych materiałów metalowych, pozostałości materiałów spawalniczych (drułu i elektrod), pozostałości materiałów opakowaniowych i inne. Poniżej omówimy bardziej szczegółowo skutki i wpływ niektórych z tych pozostałości i odpadów, które mają najbardziej negatywny wpływ na środowisko i ludzi.

Jednym z tych odpadów są gazy i opary spawalnicze. Na przykład Nakhla, Shen, Benthea w swoim artykule (2012) stwierdzają, że bardzo popularne w spawaniu stali,

spawanie metodą MAG wytwarza jeden z najwyższych wskaźników emisji dymów spawalniczych. Spawanie MAG pozwala na dostosowanie różnych rozmiarów łuku do spawanych metali i grubości blach. Stosowanie gazów aktywnych jest jednym z kluczowych czynników określających wpływ spawania MAG na narażenie spawaczy na działanie substancji niebezpiecznych w postaci gazów i dymów. Zmiana składu chemicznego dwutlenku węgla gazu obojętnego w tlenek węgla podczas spawania MAGC zwiększa wpływ tych niebezpiecznych gazów na spawaczy i środowisko. Praca z aktywnymi procesami gazowymi powoduje również powstawanie silnych dymów spawalniczych (głównie tlenków żelaza), zwłaszcza podczas spawania MAGC stali niestopowych i niskostopowych, które powstają w wyniku rozkładu termicznego dwutlenku węgla stosowanego jako gaz obojętny. Spawanie metodą MAGM stali niestopowej lub niskostopowej również powoduje powstawanie CO, gdy gaz mieszany zawiera dwutlenek węgla. Podczas spawania metodą MAGM stali chromowo-niklowej powstają dymy na bazie tlenku niklu. Spawanie MAG elektrodami rdzeniowymi wytwarza większe ilości dymów spawalniczych w porównaniu do spawania elektrodami pełnymi, a także poprzez zwiększenie intensywności łuku oraz zwiększenie prędkości podawania drutu. Opracowanie tlenku węgla stwarza również ryzyko stężenia tlenku węgla w środowisku pracy, powodując zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia osób pracujących w takim środowisku. Inne substancje toksyczne, takie jak tlenek manganu, który powstaje podczas spawania MAGM stali chromowo-niklowej drutem litym, w wysokich stężeniach podrażnia drogi oddechowe i może uszkadzać układ nerwowy, w tym samym procesie spawania powstający tlenek niklu może powodować raka przy stosowaniu związków chromu VI do spawania MAGM stali chromowo-niklowej elektrodą rdzeniową. Konieczne jest stosowanie skutecznie działających instalacji odciągowych i systemów filtrujących, aby zapobiec przedostawaniu się tych niebezpiecznych gazów i oparów do otaczającego powietrza.

Ekstensywne wykorzystanie gazów osłonowych ma również negatywny wpływ na środowisko i generuje dodatkowe koszty dla przedsiębiorstw, w tym konsekwencje dla środowiska i koszty transportu na dużą skalę gazów przemysłowych wykorzystywanych do spawania. Zastosowano kilka praktycznych kroków w celu rozwiązania tych problemów, takich jak użycie regulatorów spawalniczych, które zmniejszają ilość zużywanego gazu przy jednoczesnym utrzymaniu nasycenia obszaru spawania przy niższym przepływie gazu. Poza tym, transport tych gazów ma znaczący wpływ na środowisko. Kriogeniczne procesy skraplania CO₂ i argonu zużywają dużo energii elektrycznej i powodują emisję szkodliwych substancji.

Więcej informacji:

Environmental Impacts of Using Welding Gas By Dr. Hany Nakhla, Dr. Ji Y. Shen, & Pan Malcom Bethea 2012,

<https://cdn.ymaws.com/www.atmae.org/resource/resmgr/Articles/Nakhla-Environmental-Impacts.pdf>

Golbabaei, F., & Khadem, M. (2015). Zanieczyszczenie powietrza w procesach spawalniczych - ocena i metody kontroli. In (Ed.), Current Air Quality Issues. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/59793>

Temat 2. Jakiego rodzaju pozostałości i odpady powstają w procesach spawania? Jakie pozostałości/odpady można ponownie wykorzystać i poddać recyklingowi?

Kluczowe emisje/źródła zanieczyszczeń powstających w procesie spawania do środowiska pracy (zanieczyszczenie powietrza, wody, gleby itp.) są następujące:

1. Gazy przemysłowe, aerozole i pyły powstające podczas procesów spawalniczych: gazy argonowe przy spawaniu metodą TIG, NO_x, CO, CO₂ pyły zawieszone PM_{2,5} i PM₁₀, pył całkowity z wydzielonymi związkami MnO₂, Fe₂O₃, CuO₂, NiO₂, cząstki kromu ze spawania stali austenitycznej, opary kwasu azotowego z trawienia chemicznego spoin, Al₂O₃ w przypadku spawania aluminium. Promieniowanie UV, pyły, hałas, szczególnie na stanowiskach cięcia plazmowego lub gazowego, dymy spawalnicze, gaz metaloaktywny w przypadku spawania MAG odpady po oczyszczaniu chemicznie oczyszczonych ścieków z procesu trawienia (zneutralizowany szlam ze skoagulowanymi cząstkami metali ciężkich i resztkami szlifierskimi) cięcie przecinarkami wodnymi również generuje zanieczyszczenie wody i duże ilości zużytego ścierniwa.
2. W miejscu pracy powstają również odpady, które można podzielić na dwie grupy:
3. Odpady inne niż niebezpieczne: złom metalowy, złom żelazny, papier/karton po opakowaniach, drewno, odpady przemysłowe typu 1, pozostałości metali, pozostałości po szlifowaniu, pyły, pręty elektrodowe i kapturki elektrod spawalniczych, drut spawalniczy, wolframowe igły spawalnicze, odzież ochronna, części zamienne spawarek, tarcze szlifierskie i inne narzędzia szlifierskie,
4. Odpady niebezpieczne: oleje odpadowe, opakowania zawierające substancje niebezpieczne (RP), szmaty lub materiały nasączone substancjami

niebezpiecznymi, ZSEE (Zurzyty Sprzęt Elektryczny I Elektroniczny), zużyte baterie, części zamienne maszyn spawalniczych.

Niektóre emisje powstają podczas etapu przygotowawczego, wykonywania połączeń spawanych, kontroli jakości i wykańczania powierzchni:

- odpady z procesu przygotowawczego lub pozostałości po wycinaniu otworów (najczęściej traktowane jako segregowany złom, w zależności od kształtu i wymiarów, wykorzystywane również do produkcji wtórnej, np. ogrodzeń); hałas, iskry, rozpryski, pył szlifierski, rozpuszczalniki.

- Pył i wióry z procesu szlifowania i czyszczenia są zbierane przez odciągi i filtry, a następnie przekazywane do utylizacji firmom zewnętrznym.

- Emisje w fazie spawania: dym, światło, odpady, żużel, odrzuty; dym jest filtrowany za pomocą filtrów zawierających worki czyszczące, które są oddzielane sprężonym powietrzem, pył jest usuwany; jednostki odciągowe są regularnie sprawdzane przez dealerów i wymieniane w razie potrzeby.

- Emisje po spawaniu: pozostałości po szlifowaniu i polerowaniu, emisje z pieca do obróbki cieplnej, pozostałości po piaskowaniu i śrutowaniu, materiały do trawienia i pasywacji powierzchni, pozostałości po malowaniu.

Bardzo często procesy i operacje spawalnicze pozostawiają również duże ilości odpadów z tworzyw sztucznych, kartonu i drewna w postaci różnego rodzaju opakowań, uszkodzonych palet, olejów i materiałów eksploatacyjnych (odbieranych przez firmy zewnętrzne); karton używany jako materiał wypełniający i ochronny podczas pakowania własnych produktów.

Temat 3: Jak zarządzać pozostałościami i odpadami powstającymi w procesach spawania (oddzielanie, sortowanie, zbieranie, ponowne wykorzystanie)?

Można stosować różne rodzaje procedur zbierania i recyklingu odpadów wytwarzanych w miejscu pracy:

- wdrożony system zarządzania odpadami w przedsiębiorstwie, osoby oddelegowane do odpowiedzialności za zbieranie i sortowanie odpadów w produkcji, posiadanie

rejestrów odpadów (krajowe rejestry środowiskowe dla odpadów opakowaniowych i materiałów chemicznych)

- odpady są utylizowane zgodnie z określonymi procedurami, korzysta się z usług wyspecjalizowanych firm odbierających odpady, pomagających w utylizacji pozostałości niebezpiecznych filtrów
- ogólne procedury zarządzania odpadami, kontrolowane wewnętrzne notatki z informacjami na temat zarządzania odpadami, przewodniki środowiskowe
- stosowane ogólne procedury gospodarki odpadami, kontrolowane notatki wewnętrzne z informacjami na temat gospodarki odpadami, przewodniki środowiskowe.
- procedury dotyczące kolejności operacji roboczych: jeśli wycinane, następnie gratowane, gięte, spawane
- procedury zbierania różnych rodzajów materiałów spoczynkowych: stal CR17, stal magnetyczna, stal nierdzewna; pojemniki zbiorcze na różne rodzaje spoczynków
- procedury programowania maszyny CNC w reżimach ekonomicznych
- pył filtrowany poprzez odsysanie i odpowiednio utylizowany, pył szlifierski zamiatany na terenie zakładu (mieszający się z normalnym brudem) i profesjonalnie utylizowany; wiąże się to z kwestią obliczania ilości emisji pyłów i metali oraz sprawami związanymi z opłatami środowiskowymi, a odbiór i utylizację odpadów, w tym złomu można zlecić wyspecjalizowanym firmom zewnętrznym
- wykorzystanie odpadów drzewnych jako biopaliwa.

Pracownicy i stażyści firmy zdobywają wiedzę na temat tych i innych procedur poprzez szkolenia i rozwój kompetencji w zakresie zbierania i recyklingu odpadów.

Zarządzanie odpadami w procesach spawalniczych składa się z kilku prostych zasad:

- Prowadzenie codziennej ewidencji wszystkich zużytych materiałów spawalniczych, takich jak drut spawalniczy, rozpuszczalniki używane do przygotowania powierzchni.
- Przechowywanie zamkniętych i hermetycznych pojemników ze zużytymi lotnymi związkami organicznymi (rozpuszczalnikami) w celu uniknięcia parowania. Operatorzy używający takich materiałów muszą zawsze mieć je w zasięgu wzroku w miejscu pracy i monitorować ich zużycie.
- Pozostałości po spawaniu należy posortować zgodnie z wymogami utylizacji, używając oddzielnych pojemników na nieużyteczne pręty spawalnicze, złom, materiały opakowaniowe.

Sortowanie obejmuje oddzielenie złomu metalowego, który nadaje się do recyklingu (zgodnie z wymiarami, jakością itp.) od złomu, który nie nadaje się do recyklingu. Podczas sortowania złom metali żelaznych jest oddzielany od metali nieżelaznych za pomocą magnesu.

- Odpady rozpuszczalników i zanieczyszczone resztki, takie jak szmaty i bezużyteczne narzędzia nasączone odpadami rozpuszczalników, należy usuwać do pojemników na odpady niebezpieczne.
- Konieczne jest zapobieganie uwalnianiu resztek spawalniczych, w tym wiórów metalowych i złomu, odpadów rozpuszczalników do środowiska, zwłaszcza do gleby i wody.
- Przestrzeganie i, w razie potrzeby, aktualizowanie systemu gospodarki odpadami w przedsiębiorstwie poprzez wypełnianie obowiązków w zakresie zbierania i sortowania odpadów w produkcji, rejestrowania resztek i odpadów w specjalnych rejestrach (krajowe rejestry środowiskowe dla odpadów opakowaniowych i materiałów chemicznych).
- Utylizacja odpadów odbywa się zgodnie z jasno określonymi procedurami, utylizacja odpadów niebezpiecznych może być zlecona wyspecjalizowanym firmom zajmującym się zbieraniem odpadów.
- Spawacze powinni przestrzegać jasnych i przejrzystych procedur dotyczących kolejności operacji roboczych w celu uniknięcia niezgodności i zwiększonej ilości odpadów.
- Pył jest filtrowany przez odciąg i odpowiednio utylizowany, pył szlifierski jest zamiatany w miejscu pracy (mieszając się z normalnym brudem) i profesjonalnie utylizowany.
- Drewniane resztki używane do pakowania materiałów spawalniczych i metali mogą być wykorzystywane jako biopaliwo.

Temat 4. Jak zmniejszyć ilość pozostałości i odpadów powstających w procesach spawania?

Można zasugerować szeroki zakres metod stosowanych w celu zmniejszenia objętości emisji na każdym etapie procesu pracy.

Na etapie projektowania produktów i konstrukcji spawanych: minimalizacja objętości spoin, biorąc pod uwagę ilość odpadów i możliwości ich zagospodarowania wynikające z projektu; pozycjonowanie przedmiotów obrabianych do wycinania z arkuszy;

rejestrwanie i zapewnianie identyfikowalności pozostałych materiałów arkuszowych po cięciu do wykorzystania w produkcji innych części i produktów; optymalizacja projektu złącza spawanego.

Na etapie wyboru procesu technologicznego spawania: wybór najbardziej ekonomicznych i przyjaznych dla środowiska procesów spawania dla każdego przypadku, biorąc pod uwagę wymagania technologiczne i produktowe (bez uszczerbku dla jakości, ale unikając nadmiernych reżimów spawania, np. bardzo często stosowanie spawania łukiem krytym dla grubych blach pomaga zaoszczędzić na przygotowawczym cięciu krawędzi blach i zmniejszyć emisje z tego procesu); nadmierne wymagania dotyczące spawania na etapie projektowania często stają się głównym źródłem zwiększonego zanieczyszczenia i odpadów; bardzo często te przekroczenia w projektowaniu i technologicznym przygotowaniu procesu spawania występują z powodu szybkiego / pośpiesznego wykonania projektu, braku "cierpliwości" i czasu na wysokiej jakości obliczenia potrzebnej ilości materiałów.

Aby uniknąć resztek w procesie cięcia blachy, elementy obrabiane do wycięcia z arkuszy muszą być ustawione z pośrednimi szczelinami, które obejmują szerokość cięcia i tolerancje pomiarowe. Pozostałe materiały z blachy muszą być oznaczone i zarejestrowane, aby zapewnić ich identyfikowalność i umożliwić wykorzystanie w produkcji innych części i produktów. Większe ilości odpadów i zwiększone zużycie materiału występują w przypadku produkcji małoseryjnej, gdzie wycięte detale nie zajmują całej powierzchni arkusza; wolne przestrzenie można następnie wypełnić częściami do przyszłych zamówień. Rozmieszczenie elementów na arkuszu powinno również uwzględniać umieszczenie mniejszych elementów wewnątrz otworów wykrawanych w większych detalach. To, czego nie można już wykorzystać w procesie produkcyjnym, jest czasem wykorzystywane do produkcji "ubocznej".

Odpowiedni i optymalny wybór reżimów spawania zgodnie z wymaganiami technologicznymi konkretnego przypadku; optymalny wybór procedur i reżimów spawania zgodnie z wymaganymi rodzajami połączeń, kontrola wyboru reżimów spawania i unikanie stosowania nadmiernych reżimów pod względem wpływu termicznego; podczas wykonywania spoin w granicach wpływu termicznego określonego w procedurze spawania.

Przeprowadzanie odpowiedniej kontroli jakości blach, unikanie praktyk oszczędzania na jakości metali poprzez stosowanie tanich i niskiej jakości materiałów (zardzewiałych, zanieczyszczonych, niskiej jakości), co wymaga dodatkowych przygotowań i wiąże się z dodatkowymi emisjami; wybór i stosowanie mniej "zanieczyszczających" materiałów spawalniczych, takich jak na przykład spawanie pełnymi drutami spawalniczymi powoduje znacznie mniej emisji niż w przypadku stosowania drutów spawalniczych na bazie "proszku".

Stosowanie zaawansowanych procedur przygotowania surowców do spawania i optymalnych reżimów spawania pozwala również zaoszczędzić na operacjach obróbki powierzchni po spawaniu (obróbka strumieniowo-ścierna).

Ścisła kontrola jakości arkuszy pomaga zapobiegać niezgodnościom przed spawaniem. Zużycie materiałów ściernych do obróbki powierzchniowej spoin można zmniejszyć poprzez zastosowanie większej liczby frezów i płyt szlifierskich.

Możliwe jest zminimalizowanie ilości prac spawalniczych poprzez utrzymanie wysokiej jakości spawania (unikanie napraw spoin); redukcja emisji ma na celu poprawę jakości spoin, poprzez dobór i dostrojenie składu gazów osłonowych i drutów spawalniczych. Zaleca się optymalizację objętości i intensywności spawania poprzez przygotowanie krawędzi przed procesem spawania, aby zastosować spoiny X, a także zminimalizować strefy spawania.

Można zastosować rozwiązania, które pozwalają na zmniejszenie późniejszych nakładów pracy na czyszczenie połączenia. Przejście na pracę z wykorzystaniem robotów spawalniczych i wycinarek laserowych (zwłaszcza typu fiber) pomaga wyeliminować czynnik ludzki i niezgodności. Może to również

pozwoić na większe wykorzystanie materiału wyjściowego i zmniejszenie ilości odpadów dzięki zoptymalizowanemu zagnieżdżaniu. Roboty wykonują spawy w sposób powtarzalny, co przy odpowiednim doborze środków i parametrów procesu technologicznego prowadzi do redukcji wad.

W przypadku spawania MAG zaleca się stosowanie gazu ochronnego (gaz mieszany: argon [własny silos] 92% + Co₂ i tlen pomaga uniknąć rozprysków i zapewnia lepsze wtopienie; skupiony łuk (1000 stopni) pozwala uniknąć wypromieniowania ciepła na obrabianym przedmiocie; wzrost temperatury o 1-2 stopnie w odległości 30 cm od ciała).

Doświadczeni spawacze mogą preferować "szybsze" spawanie w celu zużycia mniejszej ilości materiałów i oszczędności emisji (wiąże się to jednak z ryzykiem błędów i niezgodności, co może zwiększyć zużycie materiałów, materiałów eksploatacyjnych i odpadów procesu spawania).

Spawanie drutem pozwala operatorowi na użycie tylko takiej ilości materiału, jaka jest niezbędna do obróbki, bez wytwarzania odpadów z powodu użycia metali przekraczających rzeczywiste potrzeby produkcyjne.

Zastosowanie maszyn CNC (wycinarki plazmowe, lasery) znacznie ogranicza szkodliwy wpływ procesów spawalniczych na pracę innych stanowisk (obróbka w zamkniętej przestrzeni maszynowej).

Zazwyczaj zapewnienie jakości spawania obejmuje rygorystyczne procedury zarządzania jakością, zatwierdzenie WPS i przygotowanie instrukcji spawania,

wykonanie prób spawania, certyfikację stosowanych procesów spawania i spawaczy w firmie z zatwierdzonymi międzynarodowymi/krajowymi jednostkami audytowymi i certyfikującymi, norma DIN 15085 -2 (w tym 3834).

Spawanie można również częściowo zastąpić skręcaniem i nitowaniem.

Jeśli chodzi o obróbkę powierzchniową spoin, wpływ tego procesu na środowisko w dużym stopniu zależy od jakości i czystości otrzymanego złącza spawanego. Na przykład, jakość i wpływ na środowisko trawienia spoin w dużym stopniu zależą od jakości czyszczenia powierzchni po spawaniu (pozostałe żużle przed trawieniem wymagają dodatkowych operacji trawienia o negatywnych skutkach dla środowiska). Obróbka powierzchni przez malowanie wymaga optymalnego obliczenia potrzebnej ilości farby i wyboru optymalnego systemu malowania (C2, C3, C4, C5) zgodnie z korozyjnością środowiska użytkowania produktu, unikając nadmiernego malowania.

Używanie obróbki strumieniowo-ściernej do obróbki spoin jest bardziej przyjazne dla środowiska niż piaskowanie ze względu na powtarzalne użycie materiałów ściernych.

Wybór spawacza o odpowiednim profilu i poziomie kwalifikacji dla przewidywanych procesów spawania jest również ważny dla osiągnięcia zrównoważonego i cyrkularnego spawania: w tym przypadku kierownicy produkcji i zasobów ludzkich mogą korzystać z ram kompetencji spawaczy dostosowanych do poziomów złożoności spawanych konstrukcji/obiektów.

Istnieją również różne praktyki / metody stosowane w celu zmniejszenia objętości głównych materiałów (np. metali) i materiałów eksploatacyjnych w procesie spawania.

Na przykład:

- Koncentracja zakupów surowców, integracja materiałów z inżynierii w celu maksymalnego wykorzystania surowców.
- Zastosowanie lekkiej konstrukcji i modułowej budowy produktów również pozwala na oszczędność materiałów.
- Projektowanie metodą elementów skończonych i techniki symulacji wydajności produktu pozwalają nie przewymiarowywać szwów spawalniczych i zakresu samych spoin. w rezultacie generowane są oszczędności w zakresie ilości osadzanego metalu, zużywanej energii itp.

W przypadku cięcia blachy przed ewledingiem większe ilości resztek i zwiększone zużycie materiału występują w przypadku małych serii, gdzie wycięte detale nie zajmują całej powierzchni arkusza. Wolne przestrzenie można wówczas wypełnić elementami pod przyszłe zamówienia. Rozmieszczenie elementów na arkuszu powinno również uwzględniać umieszczenie mniejszych elementów wewnątrz otworów wykrawanych

w większych detalach. Tutaj bardzo ważne jest odpowiednie posortowanie pozostałych resztek blachy i materiałów spawalniczych według rodzaju materiałów.

To, co nie może być już wykorzystane w procesie produkcyjnym, czasami może posłużyć do produkcji "ubocznej".

Istotne są również stałe środki bezpieczeństwa, np. plomby na reduktorach gazu zainstalowane po ustawieniu warunków procesu i różnych poziomów dostępu do ustawień procesu maszyny.

W dziedzinie obróbki spoin można rozważyć opcje wielokrotnego stosowania zużytych materiałów i materiałów eksploatacyjnych. Na przykład, przefiltrowane ścieki z jednostek trawiących i wanien mogą być ponownie wykorzystane do tego samego celu.

Obróbka powierzchni złącza spawanego obejmuje różne operacje, takie jak czyszczenie wszystkich pozostałości i zanieczyszczeń pochodzących z topnika spawalniczego, szlifowanie i polerowanie powierzchni złączy spawanych.

Jeśli chodzi o szlifowanie spoin, ważne jest, aby ocenić powierzchnie samych spoin przed tą operacją, aby sprawdzić, czy jest ona zgodna z ustalonymi standardowymi wymaganiami jakościowymi. Jeśli tak, szlifowanie nie jest konieczne. Chropowate profile, źle uformowane punkty początkowe, ostre podcięcia, przylegające odpryski spawalnicze powinny być usuwane przez staranne szlifowanie lub śrutowanie.

Więcej informacji: https://www.steelconstruction.info/Surface_preparation

Inną strategią redukcji emisji i odpadów z procesu spawania jest stosowanie ekologicznego sprzętu spawalniczego. Jest to główny cel rozporządzenia UE w sprawie przyjaznej dla środowiska wydajności urządzeń spawalniczych, które weszło w życie 1 stycznia 2021 r.

Nowe przepisy UE dotyczą wymogów ekoprojektu dla sprzętu spawalniczego, które obejmują aspekty środowiskowe sprzętu spawalniczego (takie jak zużycie energii podczas użytkowania produktu) oraz zapewnienie poziomu wydajności zasobów. Szacuje się, że do 2030 r. wymogi dotyczące ekoprojektu zawarte w tym rozporządzeniu przyniosą roczne oszczędności energii w wysokości 1,09 TWh, co odpowiada całkowitym rocznym oszczędnościom wynoszącym około 0,27 Mt ekwiwalentu CO₂ - co jest korzystne dla środowiska i opłacalne.

Aby spełnić wymagania dotyczące efektywności energetycznej, sprzęt spawalniczy musi być zgodny z wydajnością źródła zasilania i zużyciem energii w stanie spoczynku:

Sprzęt spawalniczy zasilany przez trójfazowe źródła zasilania z wyjściem prądu stałego (DC). Minimalna sprawność źródła zasilania musi wynosić 85%, a maksymalny pobór mocy w stanie spoczynku musi wynosić 50 W.

Sprzęt spawalniczy zasilany przez jednofazowe źródła zasilania z wyjściem prądu stałego (DC). Minimalna sprawność źródła zasilania musi wynosić 80%, a maksymalny pobór mocy w stanie spoczynku musi wynosić 50 W.

Sprzęt spawalniczy zasilany przez jednofazowe i trójfazowe źródła zasilania z wyjściem prądu przemiennego (AC). Minimalna sprawność źródła zasilania musi wynosić 80%, a maksymalny pobór mocy w stanie spoczynku musi wynosić 50 W.

Oczekuje się, że dostawcy sprzętu spawalniczego będą przestrzegać zaktualizowanych wymogów dotyczących wydajności zasobów, zaktualizowanych wymogów dotyczących wydajności zasobów i informacji, aby zapewnić, że dostarczany sprzęt spawalniczy jest bardziej przyjazny dla środowiska.

Zużycie energii produktu ani żadne inne deklarowane parametry nie mogą ulec pogorszeniu po aktualizacji oprogramowania lub oprogramowania sprzętowego, mierzone przy użyciu tego samego standardu testowego, który został pierwotnie użyty do deklaracji zgodności, chyba że użytkownik końcowy wyraził na to wyraźną zgodę przed aktualizacją. w wyniku odrzucenia aktualizacji nie może nastąpić żadna zmiana wydajności. Aktualizacja oprogramowania nigdy nie może skutkować zmianą wydajności produktu w sposób, który czyni go niezgodnym z wymogami dotyczącymi ekoprojektu mającymi zastosowanie do deklaracji zgodności. Więcej informacji na temat dyrektywy: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1784/oj>

W dziedzinie szkoleń zawodowych jedną z kluczowych innowacji technologicznych pozwalających na zmniejszenie ilości odpoczynków jest wykorzystanie symulatorów spawania.

Istnieje doświadczenie w stosowaniu tych technologii symulacyjnych w wielu krajach. Na przykład w Polsce studenci Politechniki Krakowskiej zdobywają podstawowe umiejętności i wiedzę w zakresie spawania, pracując na symulatorze spawania "VRTEX 360".

Symulator spawania wykorzystuje technologię wirtualnej rzeczywistości, która odwzorowuje rzeczywiste warunki spawania. Wystarczy założyć gogle VR, aby zobaczyć realistyczny widok jeziora spawalniczego i usłyszeć dźwięki prawdziwego spawania. "VRTEX 360" jest również wyposażony w pełnowymiarową przyłbicę i uchwyty spawalnicze. Symulator pomaga w nauce podstaw procesu spawania łukowego

i umożliwia użytkownikom nabycie tzw. pamięci mięśniowej, tj. przećwiczenie prawidłowych ruchów dłoni w celu m.in. utrzymania właściwego kąta i kierunku nachylenia palnika. Urządzenie daje użytkownikom możliwość zapoznania się z rozszerzonymi procesami spawania, kilkoma technikami procesowymi z wykorzystaniem wielu rodzajów spawanych materiałów - pierwotnych i wtórnych. Studenci poznają różne rodzaje połączeń, ustawienia sprzętu spawalniczego itp. a wszystko to niskim kosztem, bo bez rzeczywistego zużycia materiałów i przy zmniejszonym zużyciu energii.

Bardzo przydatną cechą symulatora jest również możliwość skorzystania z kilku trybów szkoleniowych: prezentacji ustawień "prawdziwej" maszyny, instrukcji stanowiskowych, trybu lekcji, tzw. spawania demonstracyjnego (demonstracja perfekcyjnie wykonanej spoiny), trybu podpowiadania podczas wirtualnego spawania, wirtualnego testu zginania (pozwala na natychmiastową ocenę poprawności wykonania spoiny) czy trybu powtórki. Ta ostatnia funkcjonalność pozwala uczniowi i jego opiekunowi śledzić proces wirtualnego spawania od początku, sprawdzić, gdzie popełnili błędy i łatwo je poprawić.

<https://www.youtube.com/watch?v=iBwKd6fIRH0&t=4s>

Wykorzystanie aplikacji rzeczywistości rozszerzonej do szkolenia spawaczy pomaga również oszczędzać środowisko i koszty:

<https://www.youtube.com/watch?v=npdmFfG6ydA>

<https://www.youtube.com/watch?v=6e2pEXL4IXY>

Przypadek wykorzystania aplikacji AR do szkolenia spawaczy w firmie Volkswagen:

<https://www.youtube.com/watch?v=Ypb77z2nk9g>

Projekt Erasmus+ DIGIWELD zapewnia narzędzia cyfrowe dla studentów VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING, praktykantów w spawalnictwie oraz spawaczy, którzy chcą być na bieżąco z nowymi umiejętnościami i kompetencjami wymaganymi dla nowych technologii spawalniczych. Projekt oferuje otwarty i innowacyjny cyfrowy system nauczania (SIMTRANET) oraz materiały edukacyjne w zakresie technologii spawania, zapewniając elastyczne narzędzie do nauki dla tych, którzy chcą poprawić swoje dotychczasowe umiejętności. Obejmuje on programy nauczania do szkolenia spawaczy przy użyciu symulatorów i aktualizację wytycznych UE dla

europejskiego/międzynarodowego spawacza IAB - 089r5 - 14 oraz cyfrowe narzędzie do umieszczenia w symulatorach jako moduły przeznaczone do szkolenia praktykantów (16-20 lat).

Materiały edukacyjne i programy szkoleń z wykorzystaniem cyfrowych symulatorów spawania są dostępne tutaj: <http://www.digiweld.eu/>

Projekt "Cyfrowe szkolenie dla europejskich inspektorów spawalniczych" (D-EWI) oferuje innowacyjny cyfrowy kurs szkoleniowy dla inspektorów spawalniczych z otwartymi cyfrowymi materiałami edukacyjnymi wspierającymi wdrażanie innowacyjnych technologii cyfrowych do nauczania i uczenia się w początkowym i ustawicznym kształceniu i szkoleniu zawodowym w dziedzinie kontroli spoin:

<https://d-ewiproject.eu/docs/D-EWI%20PR.pdf>.

Zadania do samodzielnej nauki

Przetestuj/zastosuj niektóre z opisanych powyżej sposobów metod oszczędnego i zrównoważonego korzystania z materiałów spawalniczych i eksploatacyjnych w swojej praktyce zawodowej. Odpowiedz na następujące pytania:

1. Na jakim poziomie metoda zastosowana w konkretnym procesie spawalniczym jest skuteczna? Jakie są oszczędności wynikające z materiałów i materiałów eksploatacyjnych?
2. Jakie są braki/wyzwania w stosowaniu tego sposobu/metody oszczędnego i zrównoważonego spawania? Jakies sugestie, jak poradzić sobie z tymi wyzwaniami?

Samoocena efektów uczenia się

Przeanalizuj wykonane operacje spawania i odpowiedz na poniższe pytania:

1. Czy stosuję jakieś metody oszczędnego i zrównoważonego zużycia materiałów spawalniczych? Jeśli tak, to w jakich procesach spawalniczych metody te są stosowane?
2. Jakie ilości materiałów spawalniczych i eksploatacyjnych zwykle oszczędzam w swojej pracy? Czy jest to limit, czy możliwe jest dalsze zmniejszenie zużycia?
3. Jakie nowe metody i sposoby mogę zastosować, aby jeszcze bardziej zmniejszyć zużycie materiałów spawalniczych i eksploatacyjnych w mojej pracy?

KURS 3 Umiejętne i cyrkularne przygotowanie materiałów i przedmiotów obrabianych do spawania.

Zakres i efekty uczenia się kursu

Celem tego kursu jest zdobycie wiedzy i umiejętności w zakresie oszczędnego i przyjaznego dla środowiska przygotowania metalowych elementów do spawania.

Po ukończeniu tego kursu uczestnicy będą w stanie:

- Wybierać przyjazne dla środowiska sposoby i materiały cięcia krawędzi i przygotowania powierzchni blach.
- Wybrać operacje przygotowawcze powierzchni i krawędzi przedmiotów obrabianych i blach w celu zmniejszenia objętości i intensywności procesu spawania.
- Zastosować know-how w zakresie przygotowania powierzchni i krawędzi arkuszy w celu zminimalizowania stref spawania.

Grupa docelowa

Nauczyciele i trenerzy VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING, uczniowie VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING, spawacze (poziom 4 EQF).

Materiały edukacyjne

Temat 1. Przyjazne dla środowiska sposoby i materiały cięcia krawędzi i przygotowania powierzchni blach. Operacje przygotowawcze powierzchni i krawędzi detali i blach w celu zmniejszenia objętości i intensywności procesu spawania.

1. Kontrola materiału jest konieczna przed rozpoczęciem produkcji, gdy arkusze stosowane w produkcji są sprawdzane pod kątem powierzchni przy dostawie; przygotowanie produkcji obejmuje porównanie poszczególnych zamówień ze sobą w celu zapewnienia wykorzystania materiału; dokładność wymiarowa musi być sprawdzona za pomocą maszyny VQC i sprawdzona na pierwszej sztuce.
2. Przygotowanie krawędzi jest definiowane przez następujące parametry: 1) rodzaj procesu spawania, 2) pozycja spawania, 3) dostęp dla łuku i elektrody,

4) objętość osadzonego metalu spoiny, która powinna być ograniczona do minimum, 5) koszt przygotowania krawędzi, 6) skurcz i odkształcenia. Więcej informacji:

<http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~pmoze/esdep/master/wg03/l0300.htm>.

3. W niektórych technologiach spawania, takich jak spawanie wąskoszczelinowe, przygotowanie krawędzi można również wykonać poprzez cięcie płomieniem, co zwiększa produktywność i częściowo zmniejsza ilość powstających odpadów:

https://www.cloos.de/public/processes/brochures/EN_Engspaltschweissen.pdf

Temat 2. Przygotowanie powierzchni i krawędzi arkuszy w celu zminimalizowania stref spawania.

1. Nieodpowiednie i niewystarczające przygotowanie powierzchni metalowych przed spawaniem bardzo często prowadzi do niezgodności i nieekonomicznego wykorzystania materiałów, tworząc dodatkowe odpady.
2. Czyszczenie powierzchni materiału przed spawaniem jest bardzo ważne w celu usunięcia brudu i zanieczyszczeń, zapobiegając zanieczyszczeniu czystości spoiny. Działanie to może pomóc uniknąć porowatości spoin, ponieważ smar, olej lub wilgoć na powierzchni powodują uwięzienie gazu spawalniczego podczas procesu spawania.
3. Pewne zanieczyszczenie powierzchni spawanej występuje podczas spawania powierzchni - utlenianie występuje, gdy tlen dociera bez przeszkód do szwu spawalniczego. Utlenianie powierzchni sprawia, że metal nie jest odporny na korozję i wymaga dodatkowej obróbki. Aby temu zapobiec, stosuje się monitory tlenu podczas przedmuchiwania spoin.

For more information: <https://www.aquasolwelding.com/welding-preparation>

4. Zadziory spowodowane przez lasery i stemple można usunąć za pomocą różnych szlifierek do powierzchni, płyt szlifierskich i rolek z przenośnikiem taśmowym; gięcie części. Aby zmniejszyć ilość takiego szlifowania, zaleca się stosowanie metody formowania na zimno i / lub określonych technologii spawania, które pozwalają uniknąć zadziorów, takich jak szybsze spawanie.

Temat 3. Wykorzystanie bardziej przyjaznej dla środowiska stali w procesach roboczych związanych z łączeniem i spawaniem.

Kwestia bardziej ekologicznych technologii produkcji stali i stali bardziej przyjaznej dla środowiska jest dość szeroko dyskutowana wśród naukowców, ekspertów i przemysłowców. Oto link do interesującego artykułu na ten temat: https://weldingvalue.com/2021/06/how-ready-are-we-for-green-steel/?ref=rns_cp

Zadania do samodzielnej nauki

Wybierz 1-2 procedury przygotowania materiałów, których nigdy wcześniej nie stosowałeś w swojej pracy i wypróbuj je w obecności przełożonego, technika lub inżyniera. Przedstaw wyniki testów, wskazując, czy zakończyły się one sukcesem, jaki jest ich wpływ na zużycie materiałów i materiałów eksploatacyjnych, jakie problemy lub wyzwania napotkano podczas stosowania wybranego zalecenia i jak można je rozwiązać (do zrobienia później).

Samoocena efektów uczenia się

Zbadaj i przedyskutuj zastosowane procesy i procedury przygotowania powierzchni i krawędzi pod kątem ich zgodności z zasadami zrównoważonego rozwoju i "cyrkularnej" wydajności, odpowiadając na następujące pytania:

- 1) w jakim stopniu zastosowane operacje przygotowania powierzchni i cięcia krawędzi pomagają zmniejszyć objętość spawania i związane z tym zapotrzebowanie na energię?
- 2) Jakiego rodzaju odpady są generowane przez operacje przygotowania powierzchni i cięcia krawędzi? Jakie są średnie ilości tych odpadów?
- 3) Czy możliwe jest pominięcie/obejście operacji przygotowania powierzchni i cięcia krawędzi poprzez zmianę parametrów spawania? Jakie są zalety/wady takiego rozwiązania?

KURS 4. Spawanie i łączenie w sposób oszczędny i cyrkularny.

Zakres i efekty uczenia się kursu

Celem tego kursu jest zdobycie wiedzy i umiejętności w zakresie stosowania przemysłanych i cyrkularnych rozwiązań technologicznych systemów spawania.

Po ukończeniu tego kursu uczestnicy będą w stanie:

- Rozpoznawać cechy oszczędnych i cyrkularnych rozwiązań technologicznych oraz systemów spawania.
- Wiedzieć, jak utrzymać się w granicach wpływu ciepła określonych w procedurze spawania.
- Stosować know-how w zakresie zaawansowanych reżimów spawania (reżim pulsacyjny, reżim synergiczny, spawanie łukiem krytym i jego kombinacje, stosowanie spawania kontaktowego zamiast spawania pełnego złącza).
- Wiedza na temat stosowania procesów CNC (przecinarki plazmowe, lasery) w celu ograniczenia szkodliwego wpływu procesów spawania na operacje na innych etapach (np. obróbka skrawaniem w zamkniętej przestrzeni maszyny).

Grupa docelowa

Nauczyciele i trenerzy VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING, uczniowie VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING, spawacze (poziom 4 EQF).

Materiały edukacyjne

Temat 1. Cechy oszczędnych i cyrkularnych rozwiązań technologicznych oraz systemów spawania.

Zrównoważony rozwój spawania zależy od prędkości spawania, kosztów systemu spawania, jakości surowców, zastosowanego czasu przetwarzania, użytych metali wypełniających i jakości szwu. Produkcja komponentów i materiałów eksploatacyjnych systemu spawalniczego również odgrywa ważną rolę, ponieważ wymaga wydobycia surowców.

Jeśli chodzi o rolę stosowanych technologii i urządzeń spawalniczych, niezawodność i wszechstronność systemów spawalniczych przyczynia się do wydajności procesów spawalniczych, umożliwiając operatorom stosowanie odpowiedniej technologii w celu zwiększenia prędkości spawania, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości i utrzymaniu idealnych warunków, umożliwiając w ten sposób rezygnację z całych komórek produkcyjnych i pomagając zmniejszyć zużycie energii i zasobów produkcyjnych.

Rozwiązania technologiczne w różnych procesach spawania mogą pomóc w zapobieganiu kumulacji spoin oraz w zwiększeniu intensywności i wydajności pracy.

Na przykład, zastosowanie procesów wykorzystujących elektrodę niekończącą (MAG) pomaga uniknąć odpoczynku spawanych elektrod i przerw na wymianę elektrod. Te i inne cechy sprawiają, że proces MAG jest wysoce zrównoważony i czysty, podobnie jak spawanie laserowe. Te procesy spawania są bardzo szybkie i wymagają mniej materiału wypełniającego.

Parametry procesu spawania, które pomagają zmniejszyć szkodliwe emisje:

1. Natężenie prądu: rozpoczynanie spawania od najniższego możliwego natężenia prądu, które pozwala na wystarczające wtopienie spoiny.
2. Zużycie gazu: nie należy używać 100% gazu CO₂ zamiast mieszanki argonu, ponieważ zwiększa to ciepło w łuku i powoduje większe parowanie metalu oraz powstawanie dymów.
3. Czystość powierzchni metalu przed spawaniem: należy odpowiednio oczyścić powierzchnię metalu przed spawaniem, aby uniknąć oparów, w szczególności usunąć pozostałości rozpuszczalników, farby, oleju, inhibitorów rdzy, cynku na stali ocynkowanej. Przed rozpoczęciem spawania należy użyć produktu do usuwania zanieczyszczeń i wszelkich pozostałości.
4. Sprzęt spawalniczy: wybierając sprzęt spawalniczy, firma powinna zwrócić uwagę na wpływ powiązanego procesu spawania na środowisko i sposób, w jaki sprzęt pomaga go zmniejszyć.

Oto kilka wskazówek dotyczących ekonomicznych procesów spawania:

1. Wyeliminowanie nadmiernego spawania poprzez kontrolowanie właściwego rozmiaru spoin i stosowanie wydruków.
2. Zmniejszenie ilości zbrojenia w spoinach wielościęgowych na spoinie pachwinowej poprzez celowanie tuż powyżej płaszczyzny, aby zapobiec niedopełnieniu.
3. Używaj właściwej polaryzacji - w zastosowaniach, w których penetracja nie jest ważna lub pożądana, takich jak napawanie, używaj prądu stałego, aby uzyskać większą szybkość osadzania.
4. Zmniejszenie szczelin, które zwiększają objętość spoiny potrzebną do osiągnięcia tej samej nośności.
5. Kontroluj zużycie gazu osłonowego, nie używając większego przepływu niż to konieczne, a także sprawdzając pod kątem skoków i wycieków.
6. Zwiększyć średnicę elektrody do spawania elektrodą otuloną lub spawania mig, aby uzyskać wyższą wydajność stapiania.

7. Po konsultacji z personelem inżynieryjnym należy rozważyć zastosowanie spoin przerywanych zamiast ciągłych w przypadku spoin, które nie przenoszą pełnego obciążenia konstrukcji.

8. Wybór odpowiedniego procesu w zależności od zastosowania.

9. Prawidłowe pozycjonowanie pracy w celu uzyskania optymalnej wydajności poprzez maksymalizację spawania w pozycji płaskiej lub poziomej.

10. Korzystanie z osprzętu.

11. Stosuj procedury i procesy eliminujące rozpryski - rozważ użycie gazu 90/10 zamiast C25 lub 100% CO₂, a także spawanie impulsowe zamiast spawania CV.

12. Utrzymywać sprzęt spawalniczy w dobrym stanie technicznym.

Więcej informacji: 12 pomysłów na obniżenie kosztów spawania | ODPOWIEDZI SPAWALNICZE

Stosuj systemy spawania, które nie wymagają mechanicznego przygotowania powierzchni przed spawaniem, na przykład specjalny łuk EWM do spawania stali nie wymaga przygotowania materiałów do spawania.

Więcej informacji: Korzystanie z ekologicznych procesów spawania w celu zminimalizowania zanieczyszczeń (blueandgreentomorrow.com)

13. Jakość i wpływ na środowisko trawienia spoin w dużym stopniu zależą od jakości czyszczenia powierzchni po spawaniu (pozostałe żużle przed trawieniem wymagają dodatkowych operacji trawienia o negatywnych skutkach dla środowiska). Dlatego konieczne jest oczyszczenie powierzchni spawanych elementów przed trawieniem.

14. Obróbka powierzchni przez malowanie wymaga optymalnego obliczenia potrzebnej ilości farby i wyboru optymalnego systemu malowania (C2, C3, C4, C5) zgodnie z korozyjnością środowiska użytkowania produktu, unikając nadmiernego malowania.

15. Zastosowanie obróbki strumieniowo-ścierniej metalu do obróbki powierzchni jest bardziej przyjazne dla środowiska w porównaniu z piaskowaniem ze względu na powtarzalne użycie materiałów ściernych.

16. Zastosowanie spoin X pomaga zminimalizować strefy spawania i zmniejszyć objętość późniejszej obróbki powierzchni spoin.

17. Zastosowanie frezów i płyt szlifierskich do obróbki powierzchni i wykańczania spoin pomaga zmniejszyć zużycie materiałów ściernych.

18. Konsumpcja gazów spawalniczych może być znacznie zmniejszona poprzez użycie specjalnych zaworów ochronnych na pojemniku z gazem:

<https://www.youtube.com/watch?v=TikJL1VSp3Q>

Otwieranie tych zaworów pomaga dostosować ilość gazu. Praktyczną zasadą jest: Ilość gazu (litry/minuta) = średnica drutu (milimetry) x 10. Na przykład, jeśli używany jest

elektrodowy drut o średnicy jednego milimetra, w zamkniętej warsztacie wystarczy dziesięć litrów na minutę. Jeśli występuje przeciąg, potrzeba trochę więcej gazu.
<https://blog.perfectwelding.fronius.com/en/welder-settings/>

19. Użycie narzędzi pomagających w określeniu optymalnych parametrów spawania:
<https://weldingvalue.com/2020/03/find-right-tig-welding-parameters/#27e461fb>

Temat 2. Typowe wyrafinowane reżimy spawania (reżim impulsowy, reżimy synergiczne, spawanie łukiem krytym i jego kombinacje, użycie spawania punktowego zamiast pełnego spawania złącz).

Spawanie łukiem krytym (SAW)

Badacze z Niemiec sugerują, że przy spawaniu płyty o grubości 20 mm ze stali konstrukcyjnych, metoda LAHW jest najlepszą opcją pod względem wpływu na środowisko, ze względu na wysoką gęstość mocy, która umożliwia przeprowadzanie spawania z najmniejszą liczbą przejść i ogólnym wolumenem spawania, a także zapewnia wysoką prędkość spawania, wysoką wydajność oraz mniejsze zużycie energii elektrycznej i gazu. Według tych autorów, mniejszy wpływ na środowisko w metodzie LAHW zapewnia lepsze proporcje między pobieraną mocą a czasem spawania, gdy niska wydajność jest zrekompensowana oszczędnościami czasu spawania. Materiał dodatkowy i energia elektryczna mogą być zoptymalizowane poprzez zwiększenie szerokości powierzchni korzeniowej i mniejszy kąt otwarcia. Zużycie energii elektrycznej można znacznie zmniejszyć przez zwiększenie wydajności źródła wiązki.

Autorzy zauważyli również, że proces MMAW ze względu na niską wydajność, konieczność przygotowania krawędzi i powlekanie elektrodą prowadzi do największych skutków dla środowiska. Ten efekt można zminimalizować poprzez zastosowanie mniejszych szczelin korzeniowych i kątów otwarcia.

Zmniejszenie kątów otwarcia prowadzi do około 40% redukcji poziomu wpływu na środowisko.

Sproesser i inni sugerują również, że ruchy robota spawalniczego we wszystkich technologiach wymagają mniejszego zużycia energii elektrycznej. Preferencja technologii LCA ze względu na pozytywne efekty środowiskowe powinna być oceniana w kontekście różnych wymagań procesu spawania, takich jak przygotowanie krawędzi, różne pozycje spawania i mobilność urządzeń.

Spawacze pracujący przy ręcznych procesach spawania są narażeni na większe ryzyko zdrowotne niż w przypadku procesów automatycznych, co sugeruje minimalizację stosowania procesów spawania ręcznego i trzymanie spawaczy z dala od strefy procesu w procesach spawania automatycznego. Ocena ryzyka spawania dla zdrowia nie powinna ograniczać się tylko do wpływu dymów spawalniczych, ale powinna również obejmować inne czynniki, takie jak zagrożenia elektryczne, termiczne i promieniowanie występujące na stanowisku pracy.

Użycie spawania łukiem krytym do spawania grubych blach pomaga zaoszczędzić na przygotowaniu krawędzi blach i zmniejszyć emisje z tego procesu.

Więcej informacji: Sproesser, G., Chang, YJ., Pittner, A., Finkbeiner, M., Rethmeier, M. (2017). Sustainable Technologies for Thick Metal Plate Welding. W: Stark, R., Seliger, G., Bonvoisin, J. (red.) Sustainable Manufacturing. Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0_5

Nimker i Wattal (2020) zbadali wykorzystanie żużla z spawania łukiem krytym (SAW) jako świeżego materiału spawalniczego dla zrównoważonego rozwoju. Podczas testów dodali pewne pierwiastki stopowe do rozdrobnionego żużlu spawalniczego, aby dostosować skład wynikowego metalu spawanego zgodnie z normą American Welding Society (AWS) A5.17 i charakterystykami operacyjnymi, takimi jak stabilność łuku. Poprzez kontrolowanie zmiennych procesowych, takich jak prędkość spawania, napięcie łuku, prędkość podawania drutu spawalniczego i odległość dyszy od płyty, porównali spoiny wykonane ze świeżym żużlem, czystym żużlem i żużlem z recyklingu. Analiza wytrzymałości mechanicznej, mikrostruktury i defektów spoiny wykazała znaczącą poprawę w próbkach spoin wykonanych z żużla z recyklingu, podczas gdy testy wytrzymałościowe i udarowe ujawniły, że spoiny wykonane z żużla z recyklingu spełniały wymagania AWS.

Więcej informacji: Deepanjali Nimker i Reeta Wattal (2020) Recycling of submerged arc welding slag for sustainability, *Production & Manufacturing Research*, 8:1, 182-195, DOI: 10.1080/21693277.2020.1774813

W przypadku spawania MAG, użycie ochronnego gazu (gaz mieszany: argon [własny zbiornik] 92% + CO₂ i tlen) pomaga uniknąć rozbryzgów i zapewnia lepsze wtopienie; skupiony łuk (1000 stopni) unika nagrzewania się na obrabianym elemencie; podniesienie temperatury o 1-2 stopnie na odległość 30 cm od ciała.

Szybsze spawanie również pomaga zaoszczędzić materiały spawalnicze i zmniejsza emisję, jednak wiąże się z ryzykiem popełniania błędów i niezgodności, co może zwiększyć zużycie materiałów, materiałów eksploatacyjnych i odpadów procesu spawania.

Reżim impulsowy w spawaniu pomaga kontrolować wpływ cieplny i regulować objętość energii, a użycie reżimów synergicznych spawania pomaga kontrolować i optymalizować zużycie energii.

Użycie spawania łukiem krytym lub kombinacji reżimów spawania z spawaniem łukiem krytym do spawania grubych blach (np. w spawaniu blach o grubości 100 mm korzeń spawu jest spawany metodą półautomatyczną, a pozostałe spoiny - traktorem spawania łukiem krytym za pomocą drutu o średnicy 4 mm), co pozwala na zmniejszenie liczby przejęć spawania.

Szersze stosowanie spawania kontaktowego (punktowego) zamiast pełnego spawania złącz również pomaga zaoszczędzić materiały spawalnicze i czas.

Inne zrównoważone procesy spawania to spawanie tarciove, lutowanie próżniowe i spawanie dyfuzyjne. Spawanie tarciove, wykorzystujące energię termiczną tarcia, eliminuje potrzebę użycia topnika i dodatkowych materiałów. Lutowanie próżniowe wykorzystuje wodór do spawania, a spawanie dyfuzyjne łączy zarówno ciśnienie, jak i ciepło, aby tworzyć wysokiej jakości połączenia, równocześnie eliminując potrzebę użycia topnika.

Organizacja pracy spawalniczej może również istotnie poprawić zrównoważoność procesów spawania. Można tu zastosować różne podejścia do organizacji pracy lean. Manzanares-Cañizares i inni (2015) analizują zastosowanie metodyki lean 5S w organizacji pracy przy spawaniu. Metodyka 5S ma na celu poprawę i utrzymanie organizacji, porządku i czystości na miejscu pracy. Celem jest poprawa warunków pracy poprzez zwiększenie bezpieczeństwa poprzez eliminację lub zmniejszenie ryzyka. w naszym przypadku metodyka ma podwójne znaczenie: poprawa warunków pracy przez zmniejszenie ryzyka dla osób zaangażowanych w produkcję produktów, jednocześnie zmniejszając ryzyko wadliwych spoin. Metodyka opiera się na holistycznym analizowaniu i kontrolowaniu procesów spawania w produkcji, stosując 5 faz organizacji pracy lean: SEIRI - SORT: identyfikacja i oddzielenie niezbędnych i zbędnych materiałów, odrzucenie tych ostatnich;

SEIT ON – USTAW W KOLEJNOŚCI: ustal, w jaki sposób niezbędne materiały powinny być rozmieszczone i oznaczone, aby można je było łatwo i szybko znaleźć, używać i uzupełniać;

SEISO - BŁYSK: zidentyfikuj i usuń źródła brudu, zapewniając czystość sprzętu i miejsca pracy;

SEIKETSU - STANDARYZUJ: rozróżnianie normalnych od nietypowych sytuacji produkcyjnych za pomocą prostych zasad;

SHITSUKES - UTRZYMAJ: praca z zasadami i zasadami ustalonymi we wcześniejszych fazach.

Studia Manzanares-Cañizares i innych (2022) wskazują, że zastosowanie tej metodyki w organizacji procesów spawania może znacząco poprawić zrównoważoność procesów spawania poprzez redukcję niepotrzebnych operacji transportowych wewnątrz firmy, poprawę przechowywania materiałów, zapobieganie zanieczyszczeniom blach metalowych i materiałów spawalniczych, zapobieganie wzajemnym zanieczyszczeniom przy użyciu różnych materiałów, redukcję niezgodności w spawaniu i poprawę ergonomicznych warunków pracy.

Więcej informacji:

Manzanares-Cañizares, C.; Sánchez-Lite, A.; Rosales-Prieto, V.F.; Fuentes-Bargues, J.L.; González-Gaya, C. a 5S Lean Strategy for a Sustainable Welding Process. Sustainability 2022, 14, 6499. <https://doi.org/10.3390/su14116499>.

Zadania do samodzielnej nauki

Wybierz 1-2 opisane, nowe procedury związane ze spawaniem, których jeszcze nie stosowałeś w pracy, i wypróbuj je w obecności nadzorca, technika lub inżyniera. Przedstaw raport z wyników testów, wskazując, czy były one udane, jaki jest ich wpływ na zużycie materiałów i materiałów eksploatacyjnych, jakie problemy lub wyzwania napotkano podczas stosowania wybranej zalecenia oraz jak te problemy można rozwiązać (do wykonania później).

Samodzielna ocena osiągniętych wyników nauki

Jakie ekonomicznie korzystne procedury spawalnicze i wskazówki są najbardziej istotne i odpowiednie dla Twoich praktykowanych procesów spawalniczych? Dlaczego?

Jakie oszczędności można osiągnąć, stosując preferowane praktyki oszczędne w spawaniu? Jak te zyski można utrzymać i zwiększyć?

KURS 5. Kontrola użytkowania materiałów i materiałów eksploatacyjnych w spawaniu oszczędnym i cyrkularnym

Zakres i cele kształcenia kursu

Celem tego kursu jest zdobycie wiedzy i umiejętności dotyczących kontroli i dystrybucji materiałów i materiałów eksploatacyjnych do spawania zgodnie z zasadami GOZ.

Po ukończeniu tego kursu uczestnicy będą w stanie:

- terminowo rozpoznawać i sygnalizować przypadki nadmiernego zużycia materiałów i materiałów eksploatacyjnych do spawania,
- organizować odpowiednią kontrolę jakości blach metalowych, unikając praktyk oszczędzania na jakości metali poprzez stosowanie tanich i niskiej jakości materiałów (np. zardzewiałych, zanieczyszczonych),
- przy zatwierdzeniu/nadzorze inżynierów spawalnictwa wybierać i stosować mniej "zanieczyszczające" materiały eksploatacyjne do spawania, na przykład stałe druty spawalnicze, które generują znacznie mniejszą emisję niż druty spawalnicze w postaci "proszku".

Grupa docelowa

Nauczyciele i trenerzy kształcenia zawodowego, nadzorcy spawania i technicy spawalniczy (poziom EQF 5).

Materiały edukacyjne

Temat 1. Terminowe rozpoznawanie i sygnalizowanie przypadków nadmiernego zużycia materiałów i materiałów pomocniczych w procesach spawania.

W artykule „Jak zmniejszyć zużycie energii podczas spawania” (26 kwietnia 2022 r.) autorzy analizują możliwości oszczędzania kosztów energii w spawaniu w obliczu znaczącego wpływu spawania na nadmierne zużycie energii, które ma szkodliwy wpływ na globalne ocieplenie.

Sugerują cztery wskazówki dotyczące redukcji zużycia energii podczas spawania:

1. Badanie wydajności energetycznej urządzeń spawalniczych, obliczanie całkowitych kosztów eksploatacyjnych zużycia energii urządzenia podczas spawania i w stanie bezczynności, aby zdecydować o zastąpieniu obecnego sprzętu spawalniczego najnowszymi urządzeniami spawalniczymi o zwiększonej wydajności energetycznej, zrównoważonymi gazami osłonowymi i innymi ulepszeniami.

2. Rozwiązanie problemu bezczynności poprzez korzystanie z wbudowanych systemów chłodzenia, które wyłączają pobór energii w stanie bezczynności, co pozwala osiągnąć efektywność powyżej 80% w stanie bezczynności, zastosowanie trybu czuwania w starszych urządzeniach spawalniczych lub wyłączenie zasilania w przypadku bezczynności sprzętu spawalniczego.

3. Wykorzystanie technologii falownikowej, która pozwala na produkcję większej mocy wyjściowej przy znacznie mniejszym poborze mocy wejściowej, gdy moc wejściowa jest przekształcana na prąd stały, znacznie redukując zużycie mocy wejściowej i zwiększając ogólną wydajność energetyczną.

4. Wykorzystanie narzędzi do monitorowania mocy, które pomagają śledzić zużycie energii podczas procesu spawania, zwłaszcza poprzez zastosowanie oprogramowania i aplikacji internetowych w tym obszarze, które dostarczają kluczowe dane, takie jak napięcie, łuk spawalniczy, informacje o temperaturze itp., co pomaga podejmować odpowiednie decyzje dotyczące oszczędzania energii. Większość tych narzędzi ma również przyjazny interfejs użytkownika z prostymi cyfrowymi kontrolami, które umożliwiają łatwy dostęp do dostępnych statystyk.

Więcej informacji: <https://usgreentechnology.com/how-to-reduce-energy-consumption-when-welding-2/>

Materiały spawalnicze można kontrolować w zrównoważony sposób, stosując poniższe zalecenia:

1. Dokument planowania wykorzystania materiałów spawalniczych powinien być przygotowany przez inżynierów spawalnictwa lub innych odpowiedzialnych pracowników, a ten dokument powinien służyć jako podstawa do wydawania materiałów spawalniczych na określony okres czasu (tydzień, 2 tygodnie itp.).
2. Zawartość wilgoci elektrod spawalniczych powinna być sprawdzana przed wydaniem, a w razie potrzeby elektrody powinny być ponownie wysuszone.
3. Kierownicy przygotowują specjalny formularz lub dokument w celu udostępnienia materiałów spawalniczych dla każdego spawacza, który powinien przewidywać rozdzielenie różnych rodzajów elektrod (np. elektrod niskostopowych/niskowodorowych).
4. Elektrody różnych typów i cech powinny być przechowywane na miejscach pracy w różnych pojemnikach, aby uniknąć niewłaściwego użycia.
5. Nieużywane i uszkodzone elektrody powinny być zbierane w specjalnych pojemnikach lub kontenerach w celu ponownego użycia lub recyklingu.
6. Materiały spawalnicze powinny być prawidłowo przechowywane w wilgotności względnej do 70%, z ochroną przed warunkami atmosferycznymi lub innymi niekorzystnymi warunkami. Obiekty magazynowe powinny być wyposażone w systemy utrzymujące stałą temperaturę przy zmiennych temperaturach zewnętrznych (ogrzewanie, klimatyzacja).
7. Więcej informacji:
<https://www.canadianmetalworking.com/canadianfabricatingandwelding/product/welding/managing-welding-consumables>

Temat 2. Wybór i stosowanie mniej "zanieczyszczających" materiałów spawalniczych, na przykład stałych drutów spawalniczych, które generują znacznie mniejsze emisje niż druty spawalnicze w postaci "proszku".

Obecnie istnieje wiele opcji i rozwiązań technologicznych mających na celu zmniejszenie negatywnego wpływu materiałów spawalniczych na środowisko, zwłaszcza w zakresie radzenia sobie z zanieczyszczeniem miejsc pracy i środowiska dymem powstającym podczas używania elektrod spawalniczych.

Na przykład, dym spawalniczy można zredukować poprzez zastosowanie nano-pokrycia konwencjonalnych elektrod spawalniczych aluminium (Sivapirakasam, 2015). Przed nałożeniem powłoki fluksowej, rdzeń drutu spawalniczego jest zanurzany w roztworze zawierającym izopropoksyd aluminium, aby uzyskać cienką warstwę nano-pokrycia z tlenku glinu. Takie nano-pokryte elektrody zmniejszają stężenie dymu nawet o 62% w strefie oddychania spawacza w porównaniu ze spawaniem niepokrytymi

elektrodami. Zaobserwowano również znaczne zmniejszenie stężenia składników metalicznych w dymie pochodzącym z pokrytych elektrod.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615008653>

Podobnie można stosować elektrody pokryte miedzią, które również zmniejszają produkcję dymu na miejscu pracy:

<https://www.welding-alloys.com/news/sustainability-starts-at-the-cored-wire/>

Zadania do samodzielnej nauki

Opisz i omów obecnie stosowane procedury i praktyki kontroli wykorzystania materiałów i materiałów pomocniczych w procesach spawania. w jakim stopniu i w jaki sposób te procedury i praktyki pomagają oszczędzać materiały i materiały pomocnicze do spawania?

Samodzielna ocena osiągniętych wyników nauki

Jak kontrolujesz zużycie materiałów i materiałów pomocniczych w spawaniu? Jak informujesz spawaczy o ryzyku nadmiernego zużycia i instruujesz ich, jak radzić sobie z tymi ryzykami?

Czy tendencja w Twojej firmie polega na wyborze i stosowaniu mniej „zanieczyszczających” materiałów spawalniczych, takich jak np. stalowe druty spawalnicze, które wytwarzają znacznie mniej emisji niż druty spawalnicze w formie „proszku”? Jakie czynniki wspierają taką decyzję? Jakie czynniki nie pozwalają na stosowanie mniej „zanieczyszczających” materiałów spawalniczych?

