

Mgr inż. RYSZARD JASTRZĘBSKI, Prezes Zarządu Technokonstrzębski Co Sp. z o.o. w Krakowie
 Mgr inż. MARIAN GODNIAK, Huta im. T. Sendzimira, egzaminator spawaczy w Technokonstrzębski Co Sp. z o.o.
 Mgr TOMASZ SKAKUJ, Zakład Psychologii Ogólnej, Uniwersytet Jagielloński
 Mgr ANNA STENCEL, psycholog, Instytut Łączenia Metali w Krakowie
 Dr inż. ANDRZEJ TROJNACKI, Zakład PKM, Politechnika Krakowska.

Zastosowanie psychologii poznawczej i mechaniki ruchu mięśni w szkoleniu spawaczy (artykuł dyskusyjny)

1. Wprowadzenie

Duża konkurencja w szkoleniu spawaczy w Krakowie w latach 90-tych zmusiła autorów niniejszego opracowania do podniesienia jakości organizowanych przez siebie kursów. Rynek prywatnych firm wymagał, aby spawacze po odbyciu kursu dysponowali odpowiednimi umiejętnościami i mogli być zatrudniani przy pracach, wykonywanych na zlecenie zachodnich przedsiębiorstw. W szczególności wymagania rynku niemieckiego spowodowały, że zajęto się poszukiwaniami rozwiązań w dziedzinach, które dotychczas nie były uwzględniane w spawalnictwie.

2. Program badań

Nie ma obecnie wdrożonej takiej technologii spawania, aby spawalniczy robot przemysłowy wyposażony w sensory optyczne, mógł na podstawie analizy obrazu wykonać złącze rurowe w przypadku niezbyt dokładnego ustawienia złącza i nieprecyzyjnego przygotowania rowka spawalniczego (przestawienie krawędzi, zmieniająca się wysokość progu i zmieniająca się szczelina). Czynność tę musi wykonać dobrze wyszkolony spawacz.

W celu zintensyfikowania i usprawnienia szkolenia spawaczy starano się określić czynniki, wpływające na jakość spawania. Wybrano następujące: wyszkolenie fizyczne, obserwacja wzrokowa i koordynacja ruchów z obserwacją.

2.1. Wyszkolenie fizyczne

Wydawałoby się, że relacje między uczestnikiem kursu spawania i nadzorem spawalniczym są takie, jak między sportowcem i trenerem. W takim przypadku wystarczyłoby sprawną fizycznie osobę nauczyć spawania i przekazać jej nadzór spawalniczy. W rozmowach ze specjalistami z dziedziny mechaniki ruchu próbowano wyselekcjonować wpływ rozwoju mięśni na sprawność spawania i opracować alternatywne metody treningu mięśni, potrzebnych do wykonywania zawodu spawacza.

W efekcie sformułowano następujące zadania dla szkolenia fizycznego spawaczy:

- rozrost i wytrenowanie mięśni, w tym mięśni nadgarstka oraz nauka techniki trzymania i przemieszczania uchwytu,
- utrwalenie odruchów w celu utrzymania stabilności spawania i poprawnego formowania ściegu spawalniczego.

2.2. Procesy poznawcze

Okazało się, że zmienne związane z samym treningiem fizycznym nie są wystarczającym predyktorem zmian – na istotnościowym poziomie – jakości spawania jaka zachodzi w trakcie systematycznego szkolenia. Na podstawie interdyscyplinarnych konsultacji (inżynierowie oraz psychologowie) rezultatem których jest wskazany powyżej podział czynników wpływających na jakość spawania zdecydowano, iż należy sięgnąć do – specjalnie do tego predestynowanej – psychologii poznawczej. Obserwacja wzrokowa oraz koordynacja ruchów z obserwacją to zagadnienia,

jakie znalazły właśnie konkretne rozwiązania na terenie tej najnowocześniejszej psychologii, która interpretuje wiedzę o psychice człowieka w kategoriach mechanizmów przetwarzania informacji. Znajomość tych procesów na etapie szkolenia mogła zoptymalizować proces samego szkolenia oraz podnieść kompetencje głównego spawalnika o możliwość korygowania ruchów spawacza.

2.2.1. Oczekiwania technologa spawalnika

Mając na uwadze nowe możliwości sformułowano następujące zadania dla psychologa:

- * zgromadzić wiedzę dotyczącą sposobu postrzegania i filtrowania przez aparat percepcyjny obrazu, szczególnie w przypadku gdy istotna treść obrazu zawarta jest nie, jak to zwykle bywa, w *figurze* (jasne elementy obrazu) ale w *tle* (elementy nie narzucające się, słabo widoczne). (Figura i tło to techniczne pojęcia percepcyjne psychologii postaci),
- * rozważyć możliwość zdobywania wiedzy o zjawiskach zachodzących podczas spawania na *nieświadomym* poziomie przetwarzania informacji,
- * zgromadzić wiedzę o badaniach nad uczeniem się umiejętności (praksji) opartych na sprzężeniu zwrotnym pomiędzy wzrokiem i ruchami mięśni,
- * opracować metody eksperymentu „na sucho”.

2.2.2. Kognitywistyczne teorie rozpoznawania obrazów¹⁾

Kognitywistyczne teorie rozpoznawania obrazów mogą stanowić przyczynek do sprawy specyfiki operacji poznawczych aktywnie funkcjonujących w procesie spawania. Dynamicznie rozwijająca się psychologia poznawcza (kognitywna) stwarza możliwość ujęcia owej specyfiki co zakłada możliwość jej zastosowania w spawalnictwie. Przeanalizowano trzy modele systemów rozpoznawania obrazów:

- ◆ system porównania ze wzorcem (najprostszy model, pojęcie kluczowe to wzorzec – reprezentacja, jaka podlega rozpoznaniu. Rozpoznanie dokonuje się w drodze dopasowania sygnału płynącego z zewnątrz do wzorca wewnętrznego. Odnalezienie wzorca, który lepiej od innych odpowiada sygnałowi prowadzi do zidentyfikowania tego ostatniego),
- ◆ tzw. *pandemonium* (system ten składa się z kolejnych *demonów*, które pracują nad odebrany obrazem, przy czym każdy z nich wykonuje inną czynność. Pierwszy zespół demonów – *demony obrazu* wykonuje pracę najprostszą: po prostu rejestrują one pierwotny obraz sygnału zewnętrznego. Następnie obraz ten jest analizowany przez *demony cech*; każdy z nich szuka w przedstawionym obrazie określonych cech charakterystycznych: linię lub kąt pewnego rodzaju, określoną krzywą lub kontur itp. *Demony poznawcze* śledzą reakcje demonów cech. Każdy demon poznawczy jest odpowiedzialny za rozpoznawanie określonego układu cech. Ostatnim ogniwem są *demony decyzji*, które zajmują się oceną intensywności reakcji poszczególnych demonów poznawczych.

¹⁾ „kognitywizm” to pojęcie określające w sposób techniczny paradygmat psychologii poznawczej. Pochodzi ono z łac. *cognitivus* – poznawczy.

System Pandemonium opisuje kolejność operacji występujących w toku analizy cech obrazów),

- ◆ model analizy przez syntezę (interpretacja danych sensorycznych opiera się na wiedzy o tym, czym sygnał ma być. Tę wiedzę dostarcza kontekst zdarzenia sensorycznego, który określany jest jako ogromna ilość informacji jaka jest nagromadzona i zazwyczaj automatycznie wykorzystywana do zrozumienia zdarzeń. Te kontekstowe informacje konstytuują *oczekiwania* które aktywnie ukierunkowują uwagę na jakieś bodźce oraz są odpowiedzialne za selektywność w ich odbiorze. Model ten posiada zdolność samouczenia się).

Wszystkie te trzy modele posiadają swoją własną specyfikę wyznaczoną pojawiającymi się trudnościami w trakcie stawianych im problemowych zadań związanych z przetwarzaniem informacji sensorycznej, jakiej finalizacją jest fenomen rozpoznania obrazu. Zastosowanie tych teorii w kontekście, opisanego zarówno pod kątem treściowym jak i formalnym, procesu przetwarzania informacji zachodzących w trakcie intencjonalnej czynności spawania znalazło swoje miejsce w, poniżej przedstawionych, doświadczeniach jakie zebrane zostały przez nas w trakcie nauki spawania.

2.2.3. Program badań dla technologów spawania

W celu uruchomienia programu badań powierzono inżynierom spawalnikiem, zatrudnionym w szkoleniu spawaczy, zebranie doświadczeń i przeprowadzenie eksperymentów w szkoleniu. Wiedzę zebrano od ok. 100 głównych spawalników, prowadzących wykłady na „Kursie nadzoru i kontroli prac spawalniczych”, organizowanych przez firmę Technolkonstrzebski Co Sp. z o.o. w Krakowie. Eksperymenty i obserwacje wykonano w ośrodkach szkolenia spawaczy renomowanych firm i laboratoriach spawalniczych krajowych uczelni technicznych, w których prowadzono dla nadzoru zajęcia praktyczne w korygowaniu ruchów spawacza na wspomnianym kursie.

Głównym celem badań było:

- poznanie elementów jeziora spawalniczego i zjawisk w nim zachodzących, które spawacz obserwuje podczas pracy, zapisanych w podświadomości,
- wytrenowanie spostrzegania przez kursanta elementów jeziora słabo widocznych, a istotnych w procesie spawania i układania ściegu spawalniczego (umiejętność filtrowania z obrazu jeziora spawalniczego).

3. Tradycyjny system szkolenia spawaczy

Dotychczasowe programy szkolenia zakładają wykonywanie przez kursanta coraz trudniejszych ćwiczeń w spawaniu. Ponieważ procesy w jeziorce spawalniczym i algorytmy automatyki ruchów spawacza nie są dostatecznie poznane, instruktor szybciej pokaże praktycznie niż wytłumaczy konkretny ruch. Poza tym sam często nie wie, dlaczego wykonał taki a nie inny ruch.

Według normy krajowej PN-87/M-69900 istnieją kursy podstawowe i ponadpodstawowe, natomiast norma europejska PN-EN 287-1 wprowadza kursy ponadpodstawowe spawacza pachwin, spawacza blach i spawacza rur. W obu przypadkach całkowity czas szkolenia spawacza rur obejmuje ok. 300 godzin praktyki.

Wielu dobrych spawaczy nie potrafi wytłumaczyć, dlaczego kładzione przez nich spoiny są poprawne, a wykonywane przez innych spawaczy mają liczne wady. Dlatego spawacze z uprawnieniami UDT nie podejmują się szkolić swoich synów, tylko zlecają to instruktorom w ośrodku szkolenia.

4. Mechanizm procesu poznawania i opanowywania techniki spawania

Proces nauki spawania przebiega zazwyczaj w ten sposób, że kursant przypadkowo wykonuje prawidłowy fragment spoiny i rejestruje w podświadomości obraz jeziora spawalniczego. Po dużej ilości prób uczy się stabilizować proces i dochodzić do poznanego już obrazu jeziora. Dlatego podczas spawania metodą MAG po nagraniu się materiału spawanego i rozszerzeniu się ściegu spawacz skraca łuk, korygując napięcie na spawarce, a nie prąd na podajniku.

Aby nauczyć spawacza układania gładkiego lica lepiej jest polecić mu, aby „prowadził granicę jeziora spawalniczego po brzuszku poprzedniego

ściegu” niż aby „następny ścieg przesuwiał o połowę szerokości poprzedniego”, gdyż dzielenie odległości na połowę nie jest zbyt precyzyjne. Podobnie uczy się układać ściegi wypełniające bez przyklejeń i lico bez podtopień. Dalszy trening utrwala powstałe połączenia w mózgu.

O szybkości i jakości opanowania spawania decyduje: wzrok, słuch, wiedza i sposób postrzegania, rozwój fizyczny, intensywność szkolenia i czas szkolenia, doświadczenie i trening w spawaniu.

5. Wpływ mechanizmów postrzegania na jakość spawania

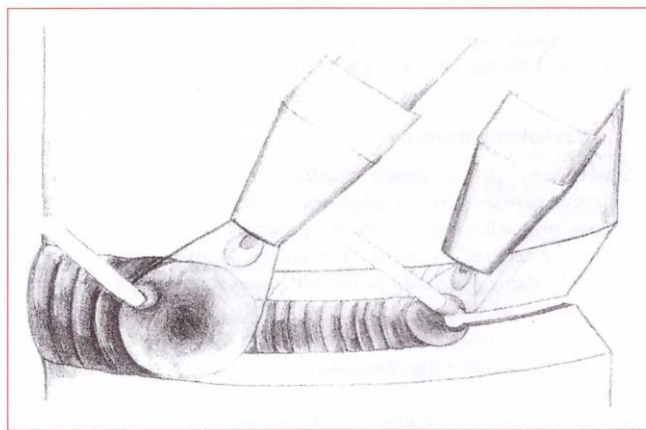
Każdy kandydat na spawacza odbywa badanie wzroku. Obserwowano trudności w spawaniu u osób, które miały kłopoty z odróżnianiem odcieni czerwieni, analogicznych z barwą ciekłego żużla i ciekłego metalu.

Zdarzały się również przypadki, kiedy po długim treningu spawacze opanowywali łatwe pozycje, lecz mieli trudności w spawaniu w miejscach trudno dostępnych. Wśród starych dobrych spawaczy były osoby, które posługiwały się słuchem zamiast wzrokiem. Fakt ten ujawniał się wówczas, gdy taki spawacz w trudno dostępnym i słabo oświetlonym miejscu ułożył spoinę obok rowka spawalniczego.

Generalnie przy pracach montażowych, w trudno dostępnych miejscach, gdzie dobrze wytrenowane ruchy są zniekształcone, wzrok decyduje o jakości złącza (korekta ruchów). Na etapie nauki umiejętność obserwacji jest niezbędna. W trakcie spawania łuk elektryczny jest tak intensywny, że w pierwszym momencie kursant nie widzi elementów istotnych w procesie spawania: poprzedniego ściegu, jeziora ciekłego metalu i ciekłego żużla. Dopiero po długim treningu nie zwraca uwagi na łuk, lecz obserwuje elementy bardziej istotne.

Podczas badań prowadzonych przez Instytut Łączenia Metali w ośrodku szkolenia spawaczy firmy Technolkonstrzebski zauważono, że długotrwałe omawianie rysunków miejsca spawania skraca się czas do osiągnięcia przez spawacza biegłości w obserwacji jeziora spawalniczego. Podobnie w tłumie łatwiej jest wyłowić osoby znane niż rozpoznać osobę mniej znaną.

Często po długim treningu kursant nie reaguje na polecenie instruktora. Jednakże po pokazaniu mu przez instruktora jeziora ciekłego metalu i ciekłego żużla nauka spawania przebiega w zawrotnym tempie. Wynikałoby to z tego, że kursantowi trudno jest wyłowić na tle jasnego łuku elektrycznego słabo widoczne jezioro ciekłego metalu, poprzedni ścieg i rowek spawalniczy.



Gdy przez dłuższy czas uczestnikom „Kursu nadzoru i kontroli prac spawalniczych” wielokrotnie powtarzano i rysowano opracowane przez Instytut Łączenia Metali mechanizmy formowania spoiny i sposób prowadzenia źródła ciepła, oraz technikę podawania stopiwa i utrwalano zależności dynamiki procesu od obserwowanego obrazu osoby, które nigdy nie trzymały uchwytu spawalniczego w ręce przy pierwszym podejściu wykonywały metodami TIG i MAG dobry przetop i lico spoiny.

Wzrok i umiejętność odróżniania ciekłego żużla od ciekłego metalu na tle bardzo jasnego łuku elektrycznego i ciemnego obrazu poprzedniego ściegu i rowka spawalniczego odgrywa więc ważną rolę w kierowaniu procesem spawania. Sądzić należy, że wzrok jest ważny lecz znacznie ważniejszy jest sposób i technika obserwacji i postrzegania procesu spawania.

6. Rola zmysłu słuchu w szkoleniu spawaczy

Wprawny spawacz wykorzystując słuch może utrzymać stabilność procesu jarzenia się łuku spawalniczego i prawidłowość tworzenia ściegu. Odciąża to zmysł wzroku i zmniejsza zmęczenie związane ze spawaniem. Charakterystyczny odgłos w rurze świadczy o poprawności wykonanej warstwy graniowej zwanej przetopem. Przy użyciu słuchu można kontrolować prawidłowość jarzenia się łuku spawalniczego. Pozostaje wtedy skupić się na obserwacji jeziora spawalniczego.

Zrobiono eksperyment, który polegał na słuchaniu (bez możliwości obserwowania) przez część kursantów odgłosów, towarzyszących spawaniu przez instruktora próbek pokazowych. Wśród tych kursantów stwierdzono lepsze wyniki w szkoleniu w porównaniu z pozostałymi.

7. Rozwój fizyczny

Wieloletnie doświadczenie w szkoleniu dowodzi, że osoby bardzo wysokie, dobrze zbudowane i wysportowane trudniej nabywały praktyczne umiejętności w spawaniu, niż osoby wątle i słabo wysportowane. W pierwszej grupie osób zaobserwowano trudności przede wszystkim ze stabilnym i precyzyjnym prowadzeniem uchwytu.

Wydawałoby się, że brak jest korelacji w tym spostrzeżeniu. Po zmuszonych badaniach wyciągnięto wniosek, że o łatwości w prowadzeniu uchwytu decydują mięśnie nadgarstka, a nie bicepsy.

Bardzo ważne okazały się też przyzwyczajenia i nawyki. Spawacze, którzy przekwalifikowali się ze spawania elektrodą otuloną na metodę MAG, warstwę graniową próbowali wykonywać z przyzwyczajenia metodą zakosową, przy wąskiej szczelinie 1,5 [mm] i mieli trudności w wykonaniu przetopu. Spawacze metodą TIG, którzy wcześniej spawali gazowo, mają trudności z wydajnością i jakością warstwy graniowej. Nawyki ze spawania gazowego uniemożliwiają też wykonanie lica bez podtopień.

Osoby, które wykonywały ruchy całą kończyną miały trudności w spawaniu. Osoby, które w czasie spawania poruszały tylko nadgarstkiem i palcami, wykonywały spawanie znacznie sprawniej. W opinii wielu instruktorów trening należy prowadzić do momentu, gdy kursant przestaje myśleć o spawaniu i prowadzi uchwyt automatycznie, bez kontroli świadomości. Kontrola przez świadomość ruchów spawacza działa tak jak nakładka programu komputerowego, która opóźnia działanie programu.

Osoby z zaburzeniami równowagi nie są w stanie opanować spawania.

8. Intensywność i czas szkolenia

Zbyt duża ilość godzin szkolenia dziennie powoduje, że kursant męczy się i utrwała złe nawyki. Również zbyt długie przerwy w szkoleniu źle wpływają na efektywność szkolenia.

Wykonano eksperyment:

- ♦ bardziej zaawansowany kursant trenował 12 godzin dziennie,
- ♦ kursant, który nigdy nie miał uchwytu w ręce trenował 4 godziny dziennie.

Osoba, która trenowała mniej, ale systematycznie, szybciej i lepiej opanowała rzemiosło spawacza.

Czas szkolenia to między innymi również rozrost mięśni. Z doświadczenia wynika, że czasu szkolenia nie można skrócić poniżej 20 dni roboczych. Wszelkie dłuższe przerwy źle wpływają na efekty szkolenia. Biorąc pod uwagę różnicę w wydajności spawacz metodą TIG i metodą gazową wykona taką samą ilość 200 spoin rur $\Phi 75 \times 3,2$ [mm], co odpowiada 1200 [mb] rurociągu. Podobnie, aby nauczyć spawania metodą MAG i elektrodą otuloną trzeba wykonać tyle samo spoin o tej samej grubości. Tak niska wydajność wynika z tego, że po wykonaniu 50 [mm] ściegu kursant przerywa spawanie i ocenia wykonany odcinek złącza.

Z tych rozważań wynika, że normy europejskie mówiące o ilości godzin nauki, a nie o ilości dni, nie uwzględniają powyżej omówionych oczywistych aspektów praktycznej nauki spawania i w tym względzie nie są optymalne.

9. Opanowanie biegłości w spawaniu

9.1. Trening w spawaniu

Gdy technika jest już opanowana, o niezawodności decyduje trening. Spawacze kotłowi, którzy wracają z długiego urlopu, pierwsze ściegi wykonują wadliwe. Zbyt intensywne spawanie i „przetrenowanie” pociąga za sobą te same skutki.

Ważna jest też wytrzymałość fizyczna w przypadku długiego spawania. Spawacze, którzy mają dobrą technikę trzymania i prowadzenia uchwytu nie męczą się tak szybko. Intensywne spawanie wymaga 2 ÷ 3-dniowego odpoczynku. Dłuższa przerwa źle wpływa na jakość spawania. Po przerwie w pracy w pierwszym dniu nie należy wykonywać odpowiedzialnych złączy spawanych.

9.2. Doświadczenie

Często zdarza się, że starsi spawacze w okularach, którym trzęsie się ręka, pewniej wykonują odpowiedzialne styki, niż młodzi, sprawni z kilkuletnią praktyką. Decyduje tu wiedza weteranów którzy dosłownie „wgrzyźli się w ten metal”, dopilnowanie przygotowania i szepiania krawędzi rowka, doprowadzenie spawarki do sprawności eksploatacyjnej oraz duża odporność psychiczna.

Mówi się, że spawacz bezpośrednio po kursie tym się różni od starego spawacza, że podobnie jak młody sportowiec na odpowiedzialnych zawodach nie wytrzymuje psychicznie.

U doświadczonego spawacza praktyka zgromadzone jest nie tylko w podświadomości, lecz dociera również do świadomości, co pozwala na obróbkę umysłową i lepsze prowadzenie uchwytu spawalniczego i podawanie stopiwa np. w nietypowych warunkach.

9.3. Rola szkolenia kursowego w osiągnięciu mistrzostwa w spawaniu

Zdarza się, że na kurs zgłaszają się „spawacze samouki”, z wieloletnim doświadczeniem, uważani przez swoich kierowników z uprawnieniami budowlanymi do konstrukcji spawanych za dobrych fachowców, którzy nawet bez szkolenia powinni zdać egzamin ponadpodstawowy. Dopiero pokazanie tym spawaczom wymagań i umiejętności innych szkolonych fachowców powoduje spadek ambicji i wydłużenie deklarowanego czasu dochodzenia do opanowania wymogów egzaminacyjnych. W trakcie szkolenia okazuje się, że czas ten wydłuża się i w efekcie taki samouk szkoli się o 50% dłużej niż osoba, która pierwszy raz zetknęła się ze spawaniem na kursie. Dzieje się tak dlatego, że instruktorzy nie chcą przekazywać swej wiedzy praktycznej osobom zbyt zarozumiałym, dlatego że osoby te zbyt późno zauważają potrzebę eliminacji złych nawyków. Poza tym usunięcie tych przyzwyczajzeń nie jest łatwe. W przypadku spawania doskonale widać, że fachowość to wiedza i doświadczenie kilku pokoleń i bez zdobycia tej wiedzy na kursie amatorzy są bezradni. Poziom spawacza zależy od poziomu umiejętności instruktora, kolegów z pracy, od których przejmuje się doświadczenie, odpowiedzialności wykonywanych prac i poziomu głównego spawalnika, pod którego kierownictwem te prace wykonywano.

10. System szkolenia spawaczy w Polsce

W tabeli przedstawiono podział fachowości spawaczy na 5 grup na podstawie wpisów w książce spawacza w różnych okresach czasu. Najwyżej potraktowano spawaczy stali energetycznych, spawających mocno obciążone dynamicznie rury parowe, obciążone ciśnieniem powyżej 10 [MPa], które są narażone ponadto na rozsadzanie przez drobne nieszczelności spowodowane niewykrywalnymi radiologicznie przyklejeniami, drobnymi pęcherzykami kanalikowymi i wadami na rozpoczęciach i zakończeniach ściegów. W praktyce wady te mogą spowodować awarię elektrowni po kilku dniach.

W Instytucie Spawalnictwa zorganizowano wzorcowy ośrodek szkoleń dla potrzeb zdawania egzaminów wg europejskich wymagań budowlanych. W Polsce istnieją również inne ośrodki szkolenia spawaczy montażowych dla przedsiębiorstw pracujących głównie na eksport i dla wysokiej jakości producentów krajowych. W ramach prac eksportowych i standardowych prac dla gospodarki krajowej, opracowały one sposoby szkolenia najwyższej jakości spawaczy, na miarę wymagań poszczególnych działów

Tablica

Kwalifikacje spawaczy					
	I kategoria	II kategoria	III kategoria	IV kategoria	V kategoria
UDT 1975	Rs2.2 Bs2.1 elektrodą otuloną do g=6 mm	Rs1.1 Bs2.1	Bs1.1	Kurs podstawowy firm uprawnionych przez UDT	Kurs podstawowy wydziału oświaty: ZSZ ZDZ
PN-80/M-69900 Instytut Spawalnictwa UDT	R2.2G, R2.2E, R2.2T	R2.1G, R2.1T, B2.1C	R1E, B1E, B1C, R1G, R1T	P1E, P1G, P1C, P1T Ośr. uprawniony przez Instytut Spawalnictwa	Kurs podstawowy ZSZ, ZDZ
PN EN 287-1 z 1999 r. Instytut Spawalnictwa. UDT, PRS	Instruktor spawalniczy	Spawacz rur	Spawacz blach	Spawacz pachwin IS W01 E	

wg kryteriów europejskich i amerykańskich. Ośrodki te w większości posiadają uznanie UDT.

Polityka dużych przedsiębiorstw uniemożliwia szkolenie w ich ośrodkach spawaczy z konkurencyjnych zakładów.

11. Wnioski

W podsumowaniu należy wyciągnąć następujące wnioski:

- * szkolenie kursowe jako przekazujące umiejętności wypracowane przez pokolenia jest niezbędne dla zapewnienia wysokich umiejętności spawaczy,
- * istotna jest praktyka odbywana pod nadzorem technologa spawalnika na odpowiedzialnych obiektach,
- * przez zastosowanie metod wspomagających szkolenie spawalnicze można zmniejszyć ilość szkolenia dziennie do 4 godzin, nie można natomiast ograniczyć ilość dni szkolenia poniżej 20 dni w przypadku metod TIG i MAG i 40 dni w przypadku spawania gazowego i elektrodą otuloną,
- * normy europejskie, mówiące o ilości godzin szkolenia, a nie mówiące o ilości dni i ilości złączy wykonanych w czasie szkolenia, nie są zbyt precyzyjne,
- * nauka spawania gazowego przed szkoleniem metodą TIG i spawania elektrodą otuloną przed spawaniem metodą MAG w pierwszym etapie wprawdzie pomaga, lecz w końcowym efekcie utrudnia osiągnięcie najlepszych efektów,
- * lepsze efekty osiąga się szkoląc metodą TIG przed nauką spawania gazowego i metodą MAG przed nauką spawania elektrodą otuloną,
- * doświadczony spawacz od początkującego różni się większą odpornością psychiczną, a za tym niezawodnością przy wykonywaniu bardziej odpowiedzialnych złączy spawanych.

NDT SYSTEM, 01-643 WARSZAWA
ul. Twardowskiego 21, tel. 022/833 96 04
fax. 022/833 96 77



Kompletne wyposażenie laboratoriów badań nieniszczących.