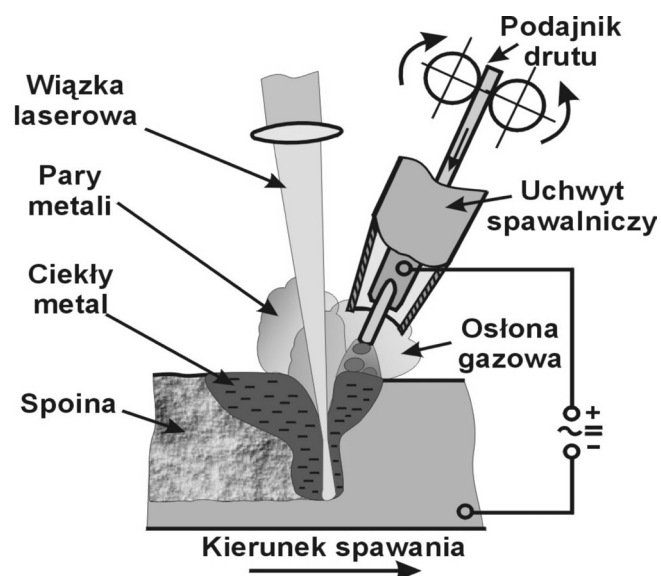


Robotyzacja procesu spawania hybrydowego – przykład aplikacji

Spawanie hybrydowe HLAW (*hybrid laser arc welding*) jest to kombinacja procesu spawania łukowego MAG i spawania wiązką laserową (rys. 1) lub kombinacja innych metod spawania łukowego (TIG, plazma) z laserem. Połączenie tych metod w jeden proces spawania HLAW niweluje ograniczenia występujące przy spawaniu tylko wiązką laserową, dotyczące m.in. dużej wrażliwości procesu na dopasowanie łączonych elementów. Spawanie wiązką laserową wymaga bardzo dokładnego przygotowania brzegów łączonych elementów oraz ich wzajemnego dopasowania. Szczelina między łączonymi elementami nie powinna przekraczać 0,2 mm.

Ze względu na duże prędkości spawania dochodzące w zależności od grubości i gatunku spawanego materiału do kilku, a nawet do 8-10 m/min dla cienkich blach istnieje problem z podhartowaniem i kruchością złączy spawanych oraz występowaniem niezgodności takich jak: wkłnięcie lica, przepalenia, przyklejenia, pęknięcia, pory i pęcherze. Ponadto podczas procesu spawania dochodzi do zubożenia spoiny w składniki stopowe, które ulegają wypaleniowi i wyparowaniu. Na rysunku 2 przedstawiono geometryczny kształt spoiny wykonanej metodą MAG, wiązką laserową oraz hybrydą laser+MAG.

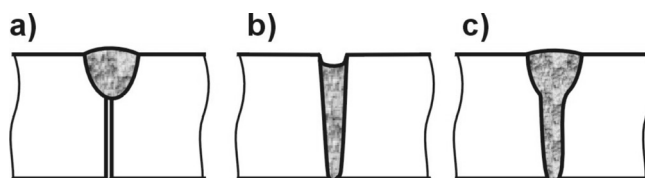
Skojarzenie spawania wiązką laserową z konwencjonalnym MAG umożliwia ograniczenie wpływu najsłabszych punktów spawania wiązką laserową na przebieg procesu tj. mniejszą wrażliwość na przygotowanie brzegów łączonych elementów i ich dopasowanie,



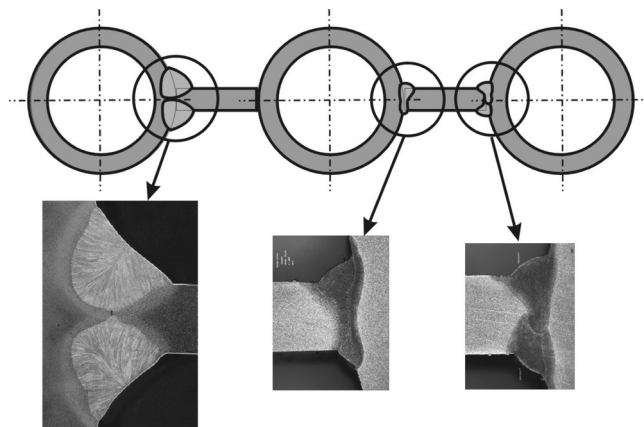
Rys. 1. Proces spawania hybrydowego laser + MAG

wkłnięcie licaniepełny przekrój spoiny, wysoką twardość i kruchość dzięki dodatkowej zwiększonej energii liniowej łuku. Ta ostatnia cecha jest szczególnie przydatna podczas łączenia nie tylko stali niestopowych jak P235, P355, a przede wszystkim stali dla przemysłu energetycznego 16Mo3, 13CrMo4-5, 10CrMo9-10. Zastąpienie tradycyjnej metody spawania łukiem krytym technologią spawania hybrydowego laser+MAG przy spawaniu ścian szczelnych kotłów energetycznych (rys. 3), umożliwiło zwiększenie wydajności spawania o 400 % (z 1 m/min spawania łukiem krytym do 4 m/min hybrydą), 8-krotne zmniejszenie zużycia energii elektrycznej, 5-krotne zmniejszenie zużycia drutu elektrodowego, zmniejszenie ilości wprowadzonego ciepła, a co z tym związane mniejsze odkształcenia i prostszy proces technologiczny gięcia paneli.

W metodzie HLAW możliwe jest nawet 3-krotne zwiększenie obszaru parametrów użytkowych w porównaniu z procesem spawania samym laserem i znacznie mniejsze odkształcenia spawalnicze w porównaniu do spawania łukowego. Dodatkowo metoda MAG umożliwia wpływanie za pomocą spoiwa na właściwości metalurgiczne złączy, układanie spoin pachwinowych i napoin.



Rys. 2. Geometria złączy spawanych wykonanych: a) metodą MAG, b) wiązką laserową, c) hybrydą laser+MAG



Rys. 3. Porównanie spawania łukiem krytym i hybrydą HLAW paneli ścian szczelnych z materiału 16Mo3 i ścianką 5 mm

Robotyzacja procesu

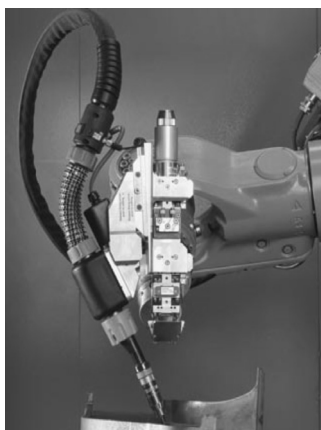
Robotyzacja procesów technologicznych wykorzystujących metodę HLAW jest zadaniem trudnym ze względu na dużą liczbę specyficznych wymagań, które musi spełnić zrobotyzowane stanowisko do spawania hybrydowego. Specjalne wymagania dotyczą stosowanych głowic spawalniczych, źródeł wiązki laserowej, robotów i systemów bezpieczeństwa.

Na rynku dostępne są dwa typy głowic spawalniczych do spawania metodą HLAW: głowice standardowe (rys. 4) i głowice z wbudowaną osią obrotową pozwalającą na zmianę położenia uchwytu spawalniczego MAG względem wiązki laserowej (rys. 5). Wszystkie głowice hybrydowe Cloos wyposażone są w dodatkowe, lokalne podajniki drutu Duo Drive, pozwalające na zapewnienie maksymalnej stabilności procesu podawania drutu.

Głowice do spawania hybrydowego charakteryzują się dużą masą (do 20 kg), co stawia duże wymagania dla robota spawalniczego, mającego taką głowicą manipulować. Najczęściej wybieranymi do procesu HLAW są roboty o udźwigu w zakresie 30-60 kg oraz o zwiększonej precyzji (powtarzalność ok. 0,04 mm). Przykładem robota, który doskonale spełnia zadania związane z wymaganiami technologii hybrydowej jest robot QIROX 400H.

Dostarczenie wiązki laserowej do głowicy spawalniczej odbywa się za pomocą światłowodu, w związku z czym nie jest możliwe zastosowanie najbardziej rozpowszechnionych na rynku laserów molekularnych CO₂. Najczęściej stosuje się w tych aplikacjach lasery dyskowe lub włóknowe.

Wymogi bezpieczeństwa związane ze stosowaniem głowicy laserowej na robocie m.in. duża minimalna odległość głowicy laserowej od ścianki kabiny powodują, że stanowiska przeznaczone do zrobotyzowanego spawania hybrydowego mają rozmiary znacznie większe od stanowisk do spawania metodami klasycznymi.



Rys. 4. Standardowa głowica do spawania hybrydowego



Rys. 5. Głowica do spawania hybrydowego wyposażona w dodatkową oś

Zrobotyzowane stanowisko do spawania hybrydowego

Najprawdopodobniej pierwszym i jak na razie jedynym przemysłowym wdrożeniem zrobotyzowanej technologii spawania hybrydowego w Polsce, jest zrobotyzowane stanowisko do technologii laserowych uruchomione w 2010 r. przez firmę Cloos Polska w Centrum Technologii Laserowych (CTL) firmy Energoinstal w Porębie.

Stanowisko wyposażono w:

- robota spawalniczego QIROX 400H, podwieszonego na jezdni o długości 7 m;
- głowicę do spawania hybrydowego bez dodatkowej osi, uzbrojoną w kamerę laserową do śledzenia rowka spawalniczego;
- głowicę do cięcia laserowego, wyposażoną w pojemnościowy system ustawiania odległości końcówki dyszy tnącej od detalu ONLINE;
- odciągowy, sekcijny stół do cięcia, umieszczony na szynach umożliwiających wysunięcie stołu poza stanowisko w celu załadunku lub umożliwienia zamocowania na stanowisku komponentów o dużych gabarytach;
- obrotnik spawalniczy o udźwigu 500 kg;
- kabinę, umożliwiającą bezpieczną eksploatację stanowiska.

Zastosowano dyskowe źródło laserowe TRUDISK firmy TRUMPF, połączone ze stanowiskiem zrobotyzowanym za pomocą światłowodu o długości 100 m. Instalacja umożliwia wykonywanie zrobotyzowanych operacji cięcia 3D wiązką laserową, spawania metodą MAG i spawania hybrydowego.

Stanowisko przeznaczone jest do wykonywania trudno spawalnych połączeń przy produkcji elementów kotłów energetycznych oraz do prowadzenia prac badawczo-rozwojowych z wykorzystaniem technologii laserowych.

Dr inż. Wojciech Gawrysiuk – Energoinstal
Mgr Marcin Siennicki – CLOOS Polska



Rys 5. Pierwsze w Polsce przemysłowe zrobotyzowane stanowisko do spawania hybrydowego