

Zastosowanie oprzyrządowania wspomagającego prace spawalnicze

PAWEŁ LONKWIC, IRENEUSZ USYDUS*

Przedstawiono korzyści (wymierne i niewymierne) z wykorzystania oprzyrządowania technologicznego w procesach spawalniczych. Przedstawiono przykłady oprzyrządowania standardowego i specjalnego. Na praktycznym przykładzie przedstawiono wymierne korzyści uzyskane dzięki zastosowaniu takiego oprzyrządowania.

Wstęp

Zmniejszająca się liczba wykwalifikowanych spawaczy w przemyśle powoduje, że aby sprostać wymaganiom procesy wytwórcze coraz częściej muszą być wspomagane dodatkowym oprzyrządowaniem, przeznaczonym do spawania poszczególnych elementów. Z jednej strony zastosowanie takich rozwiązań powoduje możliwość zatrudnienia gorzej wykwalifikowanego spawacza, jednak z drugiej – generuje większe koszty produkcji spowodowane koniecznością wykonania oprzyrządowania. Znalezienie kompromisu między brakiem kadry spawalniczej, a kosztami jakie należy ponieść na dodatkowe oprzyrządowanie w celu utrzymania standardów produkcji nie jest zadaniem łatwym. W niniejszym artykule opisano wykorzystanie oprzyrządowania spawalniczego na przykładzie ustawiaków spawalniczych oraz specjalnej obrotnicy, jako alternatywy dla uzupełnienia brakującej, dobrze wykwalifikowanej kadry spawalniczej.

Syntetyczny przegląd wiadomości literaturowych z zakresu oprzyrządowania spawalniczego

Spawanie na skalę przemysłową wymaga dużego doświadczenia warsztatowego oraz doświadczenia, m.in. w za-

kresie czytania dokumentacji technicznej. O ile w dużych zakładach produkcyjnych, dokumentacja techniczna funkcjonuje dosyć dobrze, to w zakładach średnich i małych bywa różnie. Można w nich spotkać zarówno dokumentację techniczną w formie prawidłowo wykonanych rysunków jak i dokumentację odręczną, czasami wykonaną na kawałku tektury. W jednych i drugich zakładach kluczową rolę odgrywają jednak spawacze z doświadczeniem, których – z racji braku kształcenia takich fachowców – jest na rynku coraz mniej.

Przegląd literatury dotyczącej przedstawionych zagadnień spawalniczych wykazał, że zbiór ten nie jest zbyt liczny. Poniżej przedstawiono zawartość przykładowych elementów tego zbioru.

W artykule [11] Autorzy opisali opracowanie i wdrożenie technologii zmechanizowanego, a w części nawet zautomatyzowanego spawania złączy teowych ze spoinami czołowymi konstrukcji zbiorników ładunkowych ze stali duplex wstępujących w statkach chemikaliowcach budowanych w Stoczni Szczecińskiej Nowa sp. z o.o., na etapie budowy kadłuba na pochylni. Przedstawiona technologia spawania złączy teowych miała wpływ na poprawę jakości wykonania złączy i zmniejszenie kosztów

produkcji statku. W artykule przedstawiono najważniejsze aspekty wdrożenia.

W pracy [10] przedstawiono charakterystykę wydajnego procesu spawania MAG ze zwróceniem szczególnej uwagi na występowanie w tym procesie różnego rodzaju łuków: konwencjonalnego, oraz łuków o dużej wydajności: zwarciowego, natryskowego i rotacyjnego. Podano zalety i wady technologiczne opisanych sposobów, takie jak: wtopienie, rozprysk, wadliwość spoin. Dokonano także analizy koncepcji LINFAST opierającej się głównie na doborze składu mieszanki osłonowej zapewniającej uzyskanie danego typu łuku, a także zawężenie zakresów szybkości podawania drutu o niestabilnym jarzeniu łuku.

W kolejnej pracy [1], porównano cztery technologie spawania ramy motocyklowej Kawasaki wykonanej ze stopu aluminium PA11 (AW 5754). Spawanie przeprowadzono procesami TIG oraz MIG z wykorzystaniem materiałów dodatkowych AlSi5, AlMg5Mn i AlMg5Cr. Złącza zostały poddane wstępnym badaniom: wizualnym oraz badaniami niszczącym – statycznej próbie rozciągania, a także pomiarom twardości metodą Vickersa. Stwierdzono, że obydwie metody spawania są możliwym do zastosowania sposobem naprawy ramy, a materiały dodatkowe zawierające magnez pozwalają uzyskać złącze spawane o wytrzymałości na rozciąganie

* Dr inż. Paweł Lonkwic, plonkwic@gmail.com, mgr inż. Ireneusz Usydus, PWSZ Chełm, Instytut Nauk Technicznych i Lotnictwa, ul. Poczтовая 54, 22-100 Chełm.

około 10 MPa większej, niż spoiwo AlSi5. Uzyskano również większą twardość spoiny wykonanej z użyciem materiału dodatkowego AlSi5 w zakresie od 14 do 22 HV₁₀ niż twardość spoin wykonanych ze spoiwami AlMg5Mn i AlMg5Cr.

W opracowaniu [2] opisano strukturę i własności złączy doczołowych spawanych metodą TIG wykonanych na próbkach ze stali DOCOL 1200M o grubości 1,8 mm. Stal tą o strukturze martenzytycznej, która przeznaczona jest głównie do wytwarzania zderzaków samochodowych, belek bocznych oraz innych elementów zapewniających bezpieczeństwo użytkowników pojazdów mechanicznych.

W artykule [12] Autorzy przedstawili narzędzia programowe, a szczególnie różne typy sensorów wspomagających zrobotyzowane spawanie elementów wielkogabarytowych.

W kolejnym artykule [7] zaprezentowano wyniki badań wpływu podstawowych parametrów spawania laserowego, tj.: mocy wiązki laserowej i prędkości spawania oraz energii liniowej spawania blach karoseryjnych ocynkowanych ze stali DC04 o grubości 0,8 mm, na jakość i właściwości złączy doczołowych. Próby spawania wykonano za pomocą lasera dyskowego YAG TruDisk 3302 firmy TRUMPF, o mocy maksymalnej 3,3 kW, z głowicą ogniskującą wiązkę do średnicy 200 μm, techniką bez materiału dodatkowego. Autorzy stwierdzili, że mikrostruktura, mikrotwardość i własności mechaniczne złączy zależą wyraźnie od warunków spawania.

W opracowaniu [14] autorzy opisali możliwości zwiększenia wykorzystania wiązki laserowej do spawania i cięcia metali w sektorze małych i średnich przedsiębiorstw, zajmujących się wytwarzaniem elementów metalowych dla szeroko pojętej energetyki, przemysłu samochodowego, spożywczego i maszynowego. Jest to efekt z jednej strony malejących cen źródeł laserowych, a z drugiej – postępu technologicznego, w którym wymagana jest dobra jakość wyrobu przy stosunkowo niewielkich kosztach wytwarzania.

W artykule [9] opisano technologie klejenia jako alternatywę łączenia metali spawaniem, skręcaniem oraz nitowaniem. Wskazano mocne i słabe strony

klejenia w odniesieniu do pozostałych technik łączenia.

W artykule [13] opisano zrobotyzowane stanowisko hybrydowe Plazma+MAG oraz zaprezentowano wstępne wyniki badań złączy spawanych stali S700 MC o grubości 10 mm obrabianej termomechanicznie o dużej wartości granicy plastyczności z materiałem dodatkowym. Przeprowadzono badania nieniszczące złączy świadczące o poziomie jakości złącza B wg ISO 12932. Wykonano badania metalograficzne, opisano mikrostrukturę złączy oraz scharakteryzowano twardość w charakterystycznych obszarach złączy. Zmierzono twardość w strefie wpływu ciepła złączy wykonanych z różną energią liniową spawania.

Z tego krótkiego przeglądu wynika, że Autorzy skupiają swoją uwagę w dużym mierze na technologii spawania różnych materiałów oraz automatyzacji produkcji z wykorzystaniem tej techniki spajania.

Wspomaganie prac spawalniczych – oprzyrządowanie handlowe

Wspomaganie prac spawalniczych za pomocą oprzyrządowania w zakładowych warsztatach, podyktowane jest następującymi czynnikami:

- wyeliminowaniem pomyłek w procesie montażowym,
- wyeliminowaniem konieczności czytania rysunków technicznych na stanowiskach,
- możliwością zatrudnienia gorzej wykwalifikowanej kadry,
- redukowaniem czasu potrzebnego do wykonania poszczególnych operacji spawalniczych.

Pomyłki w procesie spawalniczym wynikają natomiast z:

- szybkości produkcji,
- niedokładności pomiarowej.

Wspomaganie tych prac odbywa się za pomocą oprzyrządowania standardowego, handlowego lub specjalnego, przeznaczonego do określonych operacji. O ile oprzyrządowanie handlowe zazwyczaj jest uniwersalne (rys. 1) i przeznaczone do spawania różnych detali, to oprzyrządowanie specjalne przeznaczo-

ne jest do spawania tylko wybranych elementów, a stosowanie jego jest opłacalne przy dużych seriach produkcyjnych.

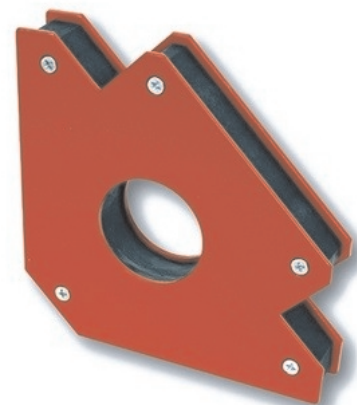
W procesach spawalniczych stosuje się również systemowe oprzyrządowanie ustawcze, dzięki któremu operator ma możliwość szybkiego i pewnego ustawienia detali względem siebie przed spawaniem. Do takiego oprzyrządowania należą m.in. modułowe stoły (rys. 2) wraz z wyposażeniem (rys. 3).

Modułowość stołów umożliwi spawaczowi ich rozkładanie (rys. 4) co znacząco wpływa na zwiększenie możliwości spawalniczych w obrębie jednego gniazda spawalniczego.

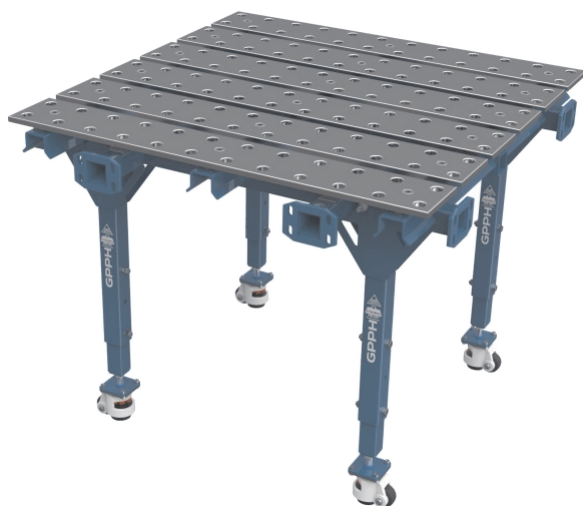
Oprócz pokazanych powyżej zacisków, spawacz ma możliwość wspomaganie swoich czynności poprzez zastosowanie pomocy pokazanych na rys. 5:

- trzpieni mocujących szybkiego montażu (a),
- stoperów (b),
- kątowników (c),
- narożników (d),
- kątomierzy.

Zastosowanie obrotnicy spawalniczej – rys. 6, znacząco ułatwia wykonywanie spawów w elementach osiowosymetrycznych, które podczas spawania powinny obracać się ze stałą prędkością obrotową. Różnorodność obrotnic spawalniczych pozwala na stosowanie ich w zależności od gabarytów spawanego detalu, a uniwersalność talerza pozwala na wykorzystywanie ich nie tylko do elementów osiowosymetrycznych ale również o innych kształtach.



Rys. 1. Magnetyczny kątownik spawalniczy [4]

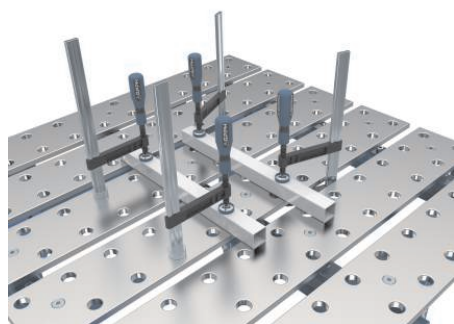


Rys. 2. Modułowy stół spawalniczy pojedynczy 1200×1200 mm [5]

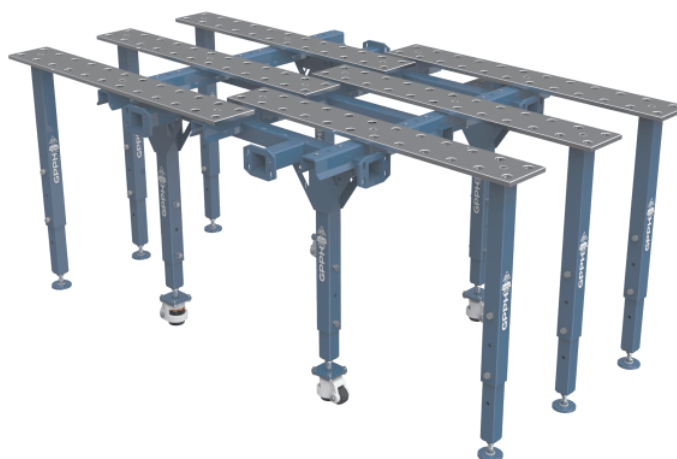
operacji spawalniczych uzasadnia w bilansie ekonomicznym jego zastosowanie. Należy tutaj zaznaczyć, że w bilansie tym należy uwzględnić koszt wykonania projektu wraz z materialnym wykonaniem takiego przyrządu.

Ustawiaki, bo tak nazywają się branzowo przyrządy z tej grupy, służą do ustawiania jednych elementów względem drugich, zachowując wymagane zależności wymiarowe, bez konieczności analizowania dokumentacji technicznej za każdym razem.

Na rysunku 7 pokazano przykład ustawiaka, którego użycie na stanowisku spawalniczym ułatwia montaż tzw. drobnych elementów w formie gwintowa-



Rys. 3. Zaciski jako przykładowe wyposażenie modułowego stołu spawalniczego [5]

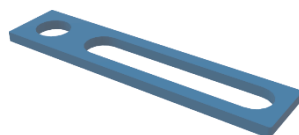


Rys. 4. Modułowy stół spawalniczy w wersji rozłożonej [6]

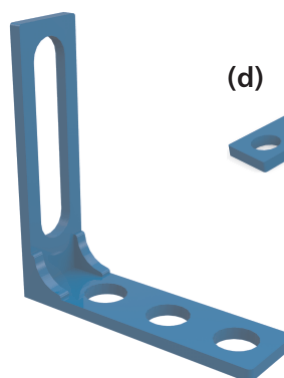
(a)



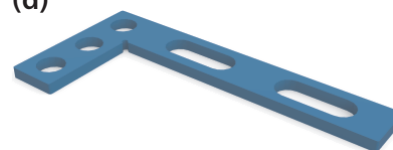
(b)



(c)



(d)



Rys. 5. Przykładowe wyposażenie stanowisk spawalniczych – opis w treści [3]

Wspomaganie prac spawalniczych – oprzyrządowanie specjalne

Wspomaganie prac spawalniczych oprzyrządowaniem specjalnym stosowane jest w operacjach powtarzanych wielokrotnie w ciągu zmiany. Umożliwia

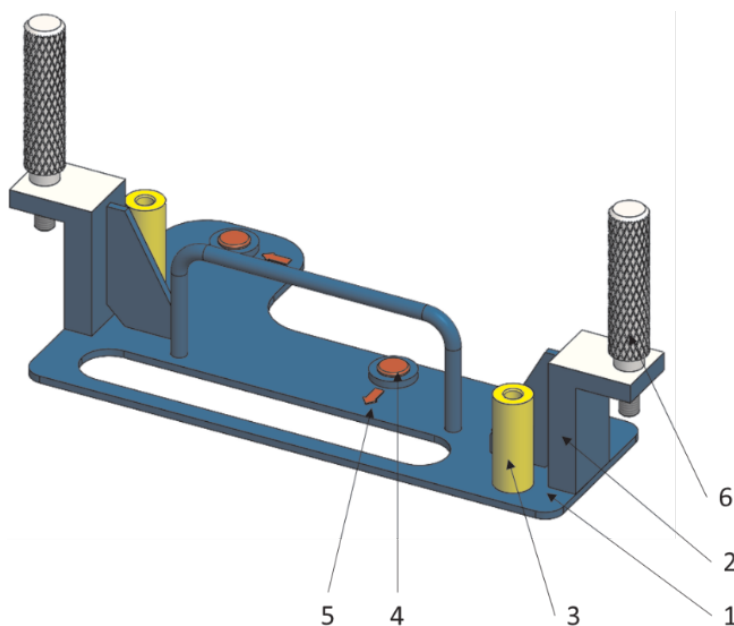
to wyeliminowanie pomyłek oraz konieczności czytania dokumentacji technicznej, a także pozwala na zatrudnienie słabo wykwalifikowanego pracownika. Stosowanie takiego oprzyrządowania jest jednak opłacalne tylko wtedy, gdy liczba takich samych

nych tulejek. Przedstawione rozwiązanie posiada kilka charakterystycznych cech, które znacząco ułatwiają jego zastosowanie w toku produkcyjnym:

– posiada naspawane przykładowe elementy (poz. 3), dzięki czemu pracownik



Rys. 6. Uniwersalna obrotnica spawalnicza



Rys. 7. Przykład ustawiaaka spawalniczego umożliwiającego określenie położenia gwintowanych tulejek: 1 – korpus, 2 – wspornik trzpienia, 3 – przykład spawanego detalu, 4 – baza, 5 – znacznik kierunku bazy, 6 – gwintowany trzpień

nawet słabo wykwalifikowany nie jest w stanie pomylić spawanych detali przy jego użyciu,

– posiada bazy w kolorze czerwonym (poz. 4) oraz znaczniki baz (poz. 5) pokazujące w jakim kierunku należy do-

sunąć ustawiaak do elementu, na którym mają być spawane tulejki,

– posiada trzpień gwintowane (poz. 6), w których wysokość części gwintowanej jest dobrana tak do wysokości tulejki (poz. 3), że wstawienie pod nie zbyt

wysokiej tulejki jest niemożliwe, a wstawienie zbyt niskiej uniemożliwi jej nałożenie na trzpień.

Na rysunku 8 pokazano ustawiaak (poz. 3) na tle elementu głównego (poz. 1), do którego mają być spawane dwie gwintowane tulejki (poz. 2).

Na rysunku 9 pokazana została relacja wymiarowa pomiędzy gwintowanym trzpieniem a tulejką, której zachowanie na etapie projektowania ustawiaaka było głównym parametrem będącym gwarancją spawania tulejek o prawidłowej wysokości.

Na rysunku 10 pokazane zostały przykładowe rozwiązania ustawiaaków stosowane w zakładach przemysłowych, w których główna działalność oparta jest o procesy spawalnicze.

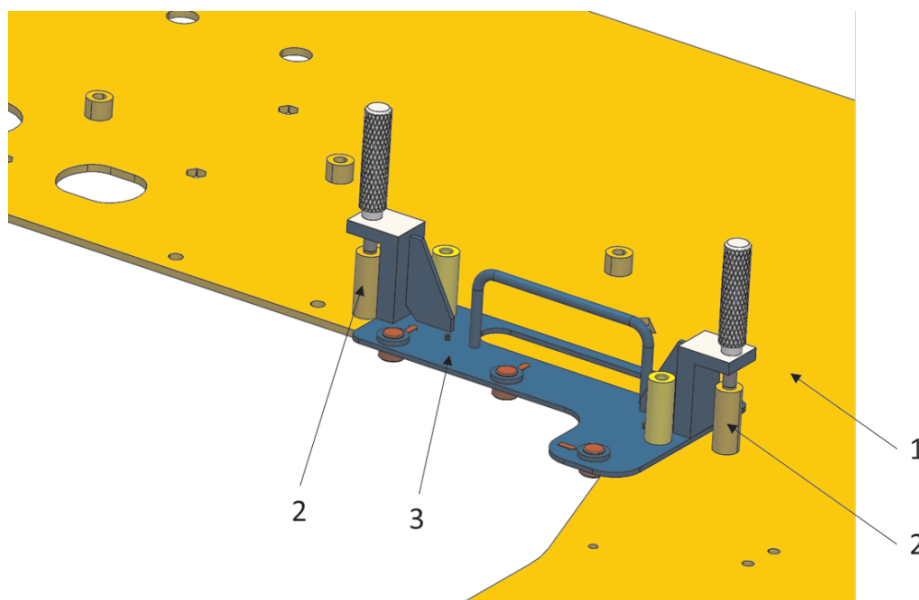
Zastosowanie ustawiaaków w procesie produkcyjnym znacząco przyspiesza proces spawania. W Tabeli 1 zestawiono czasy operacyjne zmierzone w trakcie procesu produkcyjnego, niezbędne do określenia położenia tulejek na detalu głównym oraz czasu potrzebnego do wstawiania tulejek z zastosowaniem ustawiaaka.

Pomiary czasów operacyjnych dokonywane były na stanowisku, na którym operacje spawania tulejek wykonywane były przez czterech pracowników o różnym stopniu umiejętności czytania dokumentacji technicznej, posługiwania się narzędziami pomiarowymi oraz traserskimi, a czasy zawarte w tabeli są wartościami uśrednionymi.

Zmierzona różnica w czasach operacyjnych wynosi powyżej 2 minut. Jeżeli uwzględnimy liczbę elementów jakie należy wykonać, np. w czasie jednej zmiany, oszczędności są znaczące.

Przykładem praktycznym zastosowania uniwersalnych obrotnic spawalniczych, których przykład przedstawiono na rys. 6, jest rozwiązanie przeznaczone do indywidualnych potrzeb wynikających z procesu produkcyjnego – obrotnica pokazana na rys. 11. Jest ona przeznaczona do automatycznego spawania tulei stosowanych w maszynach rolniczych. Idea jej użycia polega na tym, że spawacz montuje na trzpieniu kołnierz wraz z tuleją i dociska je za pomocą podkładki 3. Po przechyleniu uchwytu

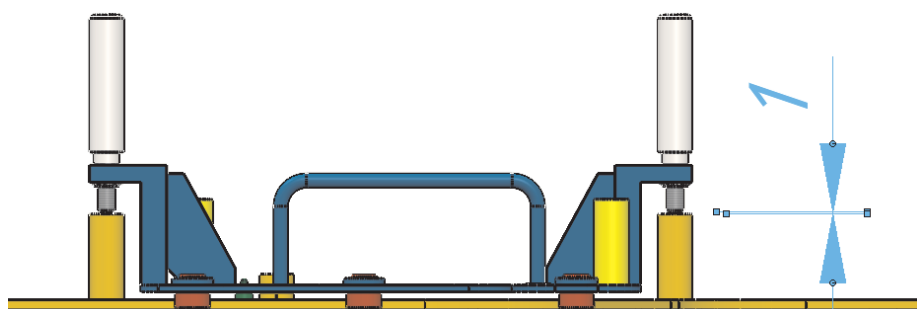




spawalniczego 2 do pozycji pracy, następuje samoczynne zajarzenie łuku oraz wprawienie w ruch obrotowy spawanych elementów dzięki zastosowanemu reduktorowi 1. Projekt specjalnej obrotownicy znacząco ułatwia położenie spoiny na całym obwodzie oraz skraca czas operacji poprzez jej zautomatyzowanie.

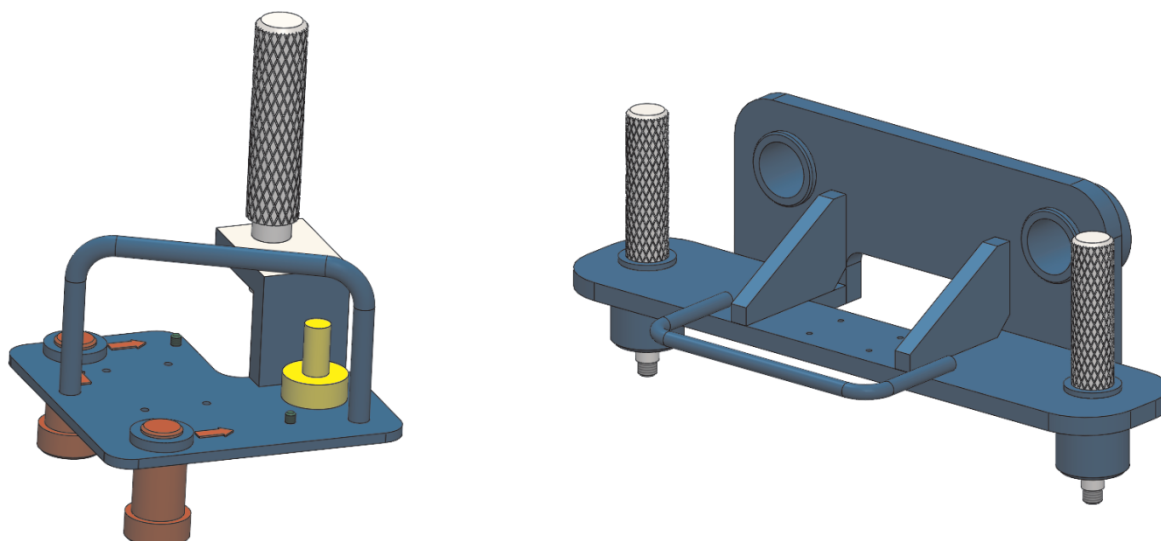
Zastosowanie oprzyrządowania w formie ustawiaków z jednej strony wymaga poniesienia kosztów na ich wyprodukowanie, z drugiej strony znacząco ogranicza czas potrzebny do wykonania poszczególnych operacji spawalniczych. Koszt wyprodukowania ustawiaka wraz z wymaganą kolorystyką, pokazanego na rysunku 7 zawiera się w kwocie 550 zł. Wypracowany zysk w formie czasu operacyjnego na spawanie tulejek wynoszący 140 sekund na jeden element powoduje, że po przeliczeniu zysku uwzględniając liczbę wyprodukowanych elementów jest on na tyle duży, że koszt ustawiaka zwraca się w ciągu bardzo krótkiego czasu.

Rys. 8. Ustawiak usytuowany na tle głównego elementu, do którego spawane będą gwintowane tulejki: 1 – główny element, 2 – ustawiak, 3 – gwintowana tulejka



Rys. 9. Relacja wymiarowa między trzpieniem a gwintowaną tulejką

Podstawową wadą stosowania ustawiaków jest to, że po zaprzestaniu produkcji danego typu produktu, są one praktycznie bezużyteczne. Ich kształt oraz funkcjonalność uniemożliwia zastosowanie ich do spawania innego typu detali. Ponadto, uszkodzenie ustawiaka podczas jego eksploatacji, również powoduje, że ich naprawa jest mało opłacalna. Z tego powodu ich zastosowanie w procesie produkcyjnym należy roz-



Rys. 10. Przykładowe rozwiązania dwóch ustawiaków spawalniczych

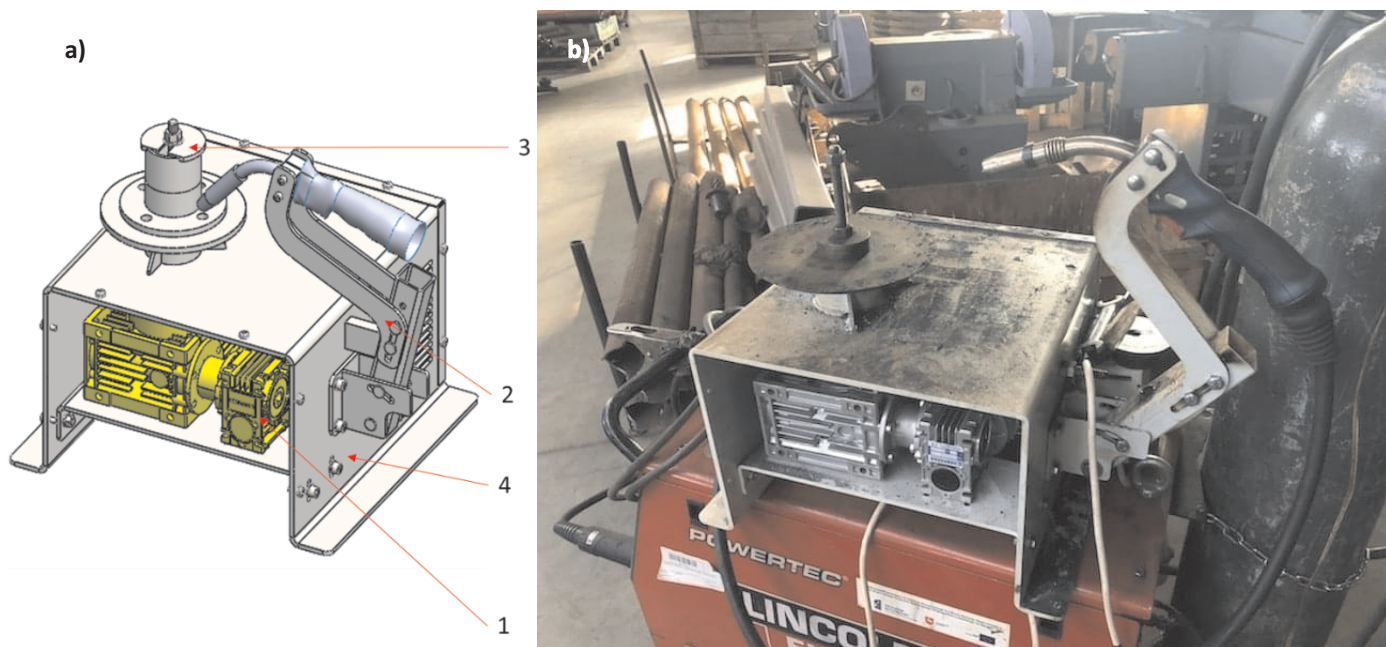
patrywać tylko i wyłącznie indywidualnie, w odniesieniu do planowej liczności produkcji, uwzględniając koszt jaki należy ponieść na ich wyprodukowanie oraz czas ich amortyzacji.

Literatura

1. Fydrych D., Janeczek A., Bania S.: Spawanie ramy motocyklowej ze stopu aluminium metodami TIG i MIG. *Przegląd Spawalnictwa*, vol. 93(4), 2021.
2. Górka J.: Zrobotyzowane spawanie metodą TIG stali DOCOL 1200M. *Stal, Metale & Nowe Technologie*, nr 5-6/2021.

Tabela 1. Zestawienie czasów operacyjnych podczas spawania tulejek bez i z wykorzystaniem ustawiaika pokazanego na rysunku 7

OPERACJA	CZAS [sek]
Analiza dokumentacji technicznej	60
Wyznaczanie punktów położenia tulejek	60
Ustawienie tulejek z ich spawaniem	90
RAZEM	210
Wstawienie tulejek na trzpienie	20
Ustawienie ustawiaika względem detalu głównego	10
Spawanie tulejek	40
RAZEM	70



Rys. 11. Specjalna obrotnica spawalnicza przeznaczona do spawania tulei do brzoń talerzowych metodą MIG/MAG: a) projekt, b) realizacja projektu [8]

3. https://www.kammar24.pl/akcesoria-do-stolow-spawalniczych-c-38_3268.html.
4. <https://www.kammar24.pl/katownik-magnetyczny-spawalniczy-200n-190x122x25mm-p-71469.html>.
5. <https://www.kammar24.pl/modulowy-stol-spawalniczy-pojedynczy-1200x1200mm-p-176885.html>.
6. <https://www.kammar24.pl/modulowy-stol-spawalniczy-pojedynczy-rozkladany-2670x1600mm-p-176893.html>.
7. Lisiecki A., Kurc-Lisiecka A., Kukofka A.: Zautomatyzowane spawanie laserowe blach karoseryjnych. *Stal, Metale & Nowe Technologie*, nr 1-2/2018.

8. Lonkiw P., Usydus I.: Optymalizacja procesu produkcyjnego przy wykorzystaniu specjalnych urządzeń spawalniczych. *Obróbka Metalu*, nr 4/2020.
9. Łuszo-Bieńkowska A.: Konwencjonalne metody montażowe, takie jak: spawanie, nitowanie i skręcanie zastąpić można sklejeniem elementów. *Polimery*, vol. 62(2), 2017.
10. Miklos E.: Zmechanizowane, wysokowydajne spawanie metodą MAG. *Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach*, vol. 43(5), 1999.
11. Nowacki J., Urbański M., Zając P.: Spawanie zmechanizowane i zautomatyzowane złączy teowych ze spoinami czóło-

- wymi zbiorników ładunkowych ze stali duplex w statkach-chemikaliowcach budowanych w Stoczni Szczecińskiej Nowa. *Welding Technology Review*, vol. 79(1), 2007.
12. Nowak M., Buchowski J., Wiśniewski D.: Sensory wspomagające zrobotyzowane spawanie elementów wielkogabarytowych i spoin wielościęgowych. *Welding Technology Review*, vol.90(4), 2018.
13. Szulc J., Chmielewski T., Pilat Z.: Zrobotyzowane spawanie hybrydowe Plazma+MAG stali S700 MC. *Welding Technology Review*, vol. 88(1), 2016.
14. Tuz L., Sulikowski K.: Zrobotyzowane spawanie wiązką laserową – wybrane zagadnienia. *Spajanie Materiałów Konstrukcyjnych*, nr 1(39), 2018. ■