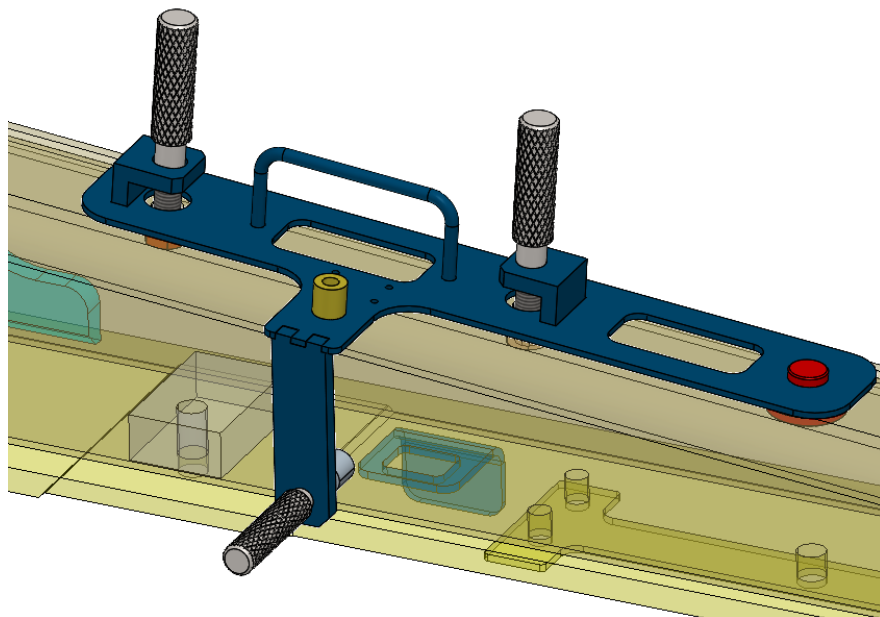




PRZYZRZĄDY SPAWALNICZE - WYBRANE PRZYKŁADY I ZASTOSOWANIA

PAWEŁ LONKWIC
PIOTR PENKAŁA
PIOTR RÓŻAŃSKI

Paweł Lonkwić
Piotr Penkała
Piotr Różański

Przyrządy spawalnicze - wybrane przykłady i zastosowania

Recenzent naukowy:

Prof. dr hab. inż. Anna Rudawska

Projekt okładki

PAWEŁ LONKWIC

ISBN

978-83-974566-4-8

INSTYTUT NAUK TECHNICZNYCH I LOTNICTWA

PAŃSTWOWEJ AKADEMII NAUK STOSOWANYCH W CHEŁMIE

UL. POCZTOWA 54, 22-100 CHEŁM, POLSKA

Spis treści

Spis treści.....	5
Od autorów	6
1. METODY SPAWANIA	7
Rys. 1.1 Podział procesów spawalniczych [8]	8
Mimo to, trudno sobie wyobrazić nowoczesne przedsiębiorstwo produkcyjne, w którym nie wykorzystuje się procesów spawania.	8
1.1. Metoda MMA	9
1.2. Metoda MIG/MAG	10
1.3. Metoda TIG.....	12
1.4. Spawanie laserowe	14
2. POKA YOKE w przyrządach spawalniczych.....	16
3. Przyrządy spawalnicze	19
3.1. Obrotniki spawalnicze.....	19
3.2. Półautomatyczny obrotnik do spawania elementu typu tuleja.....	19
3.3. Uniwersalny przyrząd do obrotnika spawalniczego	24
4. Ustawiaiki	29
4.3. Palety transportowe	40
4.4. Masa obrotowa	47
5. Podsumowanie	52
Literatura	53

Od autorów

Zachodzące zmiany w przemyśle pod względem sposobów wytwarzania konstrukcji powodują, że istnieje potrzeba wprowadzenia zmian również w procesie kształcenia. W związku z tym, do rąk czytelników oddajemy niniejszą pozycję, w której przedstawiono kilka praktycznych rozwiązań związanych z branżą spawalniczą. Zawarty materiał został zebrany na podstawie doświadczeń Autorów. Adresatem książki mogą być inżynierowie, konstruktorzy, a także studenci kierunku Mechanika i Budowa Maszyn oraz słuchacze studiów i uczestnicy kursów podyplomowych kształcący się na szeroko pojętych kierunkach inżynierskich. Do przyswojenia wiedzy zawartej w niniejszej książce wystarczą elementarne wiadomości z zakresu technologii wytwarzania oraz umiejętności posługiwania się programem CAD. Przydatna jest również ogólna wiedza dotycząca konstrukcji i sposobu działania maszyn, urządzeń, a przede wszystkim pewien zasób dobrej woli, bez którego nie sposób nauczyć się czegokolwiek. Bez znajomości opisanych zagadnień nie jest już możliwe nowoczesne konstruowanie, wytwarzanie oraz eksploataowanie maszyn i urządzeń [6]. Oddając tę pozycję czytelnikowi z jednej strony liczymy na cenne uwagi podnoszące jakość kolejnego wydania, z drugiej strony mamy świadomość, że zawarty materiał nie został wyczerpany do końca i stanowi tylko pewną część całości przedstawionego zagadnienia.

Autorzy

1. METODY SPAWANIA

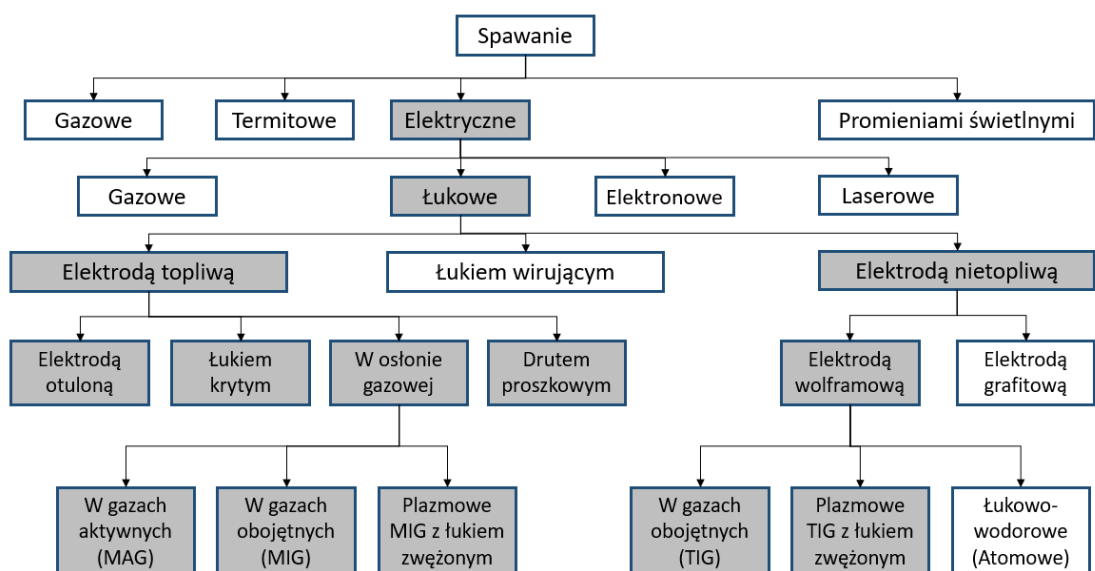
Na rysunku 1.1 przedstawiono podział procesów spawalniczych. Kolorem szarym zaznaczono procesy **spawania elektrycznego łukowego**, które stanowią jedne z najważniejszych i najpowszechniej stosowanych grup procesów spawalniczych w przemyśle. Metody spawania łukowego charakteryzują się następującymi zaletami:

- Szeroki wybór metod i materiałów, dzięki czemu istnieje możliwość dostosowania techniki spawania oraz materiałów spawalniczych do konkretnego zadania;
- Wszechstronność zastosowania co umożliwia łączenie szerokiej gamy materiałów;
- Przystępny koszt sprzętu spawalniczego;
- Mobilność oraz dostępność, co powoduje że istnieje możliwość wykorzystania tej technologii w terenie;
- Wysoka wytrzymałość spoin

Mimo wielu zalet, w literaturze oraz praktyce spawalniczej można spotkać następujące wady:

- Brak przetopu lub nadmierny przetop;
- Podtopienia brzegów;
- Pęknięcia spoin;
- Niejednorodność i pęcherze gazowe;
- Odształcenia spawalnicze;

- Wysokie wymagania odnośnie kwalifikacji;
- Niska wydajność, przy niektórych metodach spawalniczych;
- Ograniczenia materiałowe lub osłonowe;
- Rozpryski metalu;
- Promieniowanie łuku elektrycznego;
- Toksyczne dymy i gazy



Rys. 1.1 Podział procesów spawalniczych [7]

Mimo to, trudno sobie wyobrazić nowoczesne przedsiębiorstwo produkcyjne, w którym nie wykorzystuje się procesów spawania.

1.1. Metoda MMA

Metoda MMA (z ang. *Manual metal arc welding*), oznaczana wg normy EN ISO 4063 jako 111, zaliczana jest do metody spawania łukowego elektrodą otuloną. Spawanie to polega na łączeniu elementów przy użyciu otulonej elektrody z rdzeniem metalowym, która stapiając się w łuku elektrycznym, tworzy razem z nadtopionym metalem spawanym spoinę. Energię niezbędną do jarzenia łuku uzyskuje się ze spawalniczego źródła energii elektrycznej prądu jednokierunkowego stałego lub przemiennego. Elektrodą jest metalowy pręt o określonej średnicy i długości, pokryty sprasowaną masą o specjalnych właściwościach, zwaną otuliną. Spoinę tworzą: rdzeń metaliczny elektrody, składniki metaliczne otuliny oraz nadtopione brzegi materiału rodzimego (spawanego). Na rysunku 1.2 pokazano przykład uchwytu spawalniczego stosowanego w metodzie MMA [1].



Rys. 1.2. Przykład uchwytu spawalniczego: 1 – uchwyt spawalniczy, 2 – elektroda, 3 – przewód zasilający [6]

1.2. Metoda MIG/MAG

Metoda MIG/MAG (z ang. *Metal inert gas/Metal active gas*), oznaczana wg normy jako EN ISO 4063 jako 131/135, w której w procesie spawania, łuk jarzący się w osłonie gazowej między metalem spawanym i elektrodą topliwą dostarcza ciepła niezbędnego do topienia krawędzi metalu łączonego i elektrody podawanej w postaci cienkiego drutu. Energia niezbędna do jarzenia łuku w obu metodach jest dostarczana z tych samych źródeł spawalniczych. W metodzie MIG osłoną miejsca spawalniczego jest gaz chemicznie obojętny np.: argon, hel, lub mieszanka tych gazów. W metodzie MAG osłoną miejsca spawalniczego jest gaz aktywny np.: dwutlenek węgla, tlen, wodór lub czasami mieszanki argonu i helu. Metoda MIG/MAG z uwagi na swój charakter (elektroda jest w postaci drutu nawiniętego na szpulę) wykazuje największy potencjał do mechanizacji, automatyzacji czy też robotyzacji [1]. Na rysunku 1.3 pokazano przykład uchwytu spawalniczego stosowanego w obu metodach [9].



Rys. 1.3. Przykład uchwyty spawalniczego stosowanego w metodzie MIG/MAG: 1 – uchwyt spawalniczy, 2 – przewód zasilający [2]

1.3. Metoda TIG

Metoda TIG (z ang. *Tungsten inert gas*), oznaczana wg normy EN ISO 4063 jako 141, zaliczana jest do metod spawania elektrodą nietopliwą, przeważnie wolframową.

W metodzie tej, łuk jarzy się między elektrodą a spawanym metalem w osłonie gazu chemicznie obojętnego. Energia dostarczana jest ze spawalniczego źródła prądu stałego(DC, w tym pulsacyjnego) lub przemiennego (AC). Spoinę otrzymuje się ze stopienia krawędzi metalu łączonego i osobno podawanego lub nie (jeżeli spawane są materiały o zbyt małej grubości) spoiwa. Jeziorko płynnego metalu i końcówka nietopliwej elektrody chronione są przed dostępem atmosfery gazem wypływającym z dyszy uchwytu spawalniczego. W tej metodzie spoiny są zwykle bardzo czyste, o dobrych właściwościach mechanicznych, a samą metodę stosuje się przeważnie do stali wysokostopowych oraz trudnotopliwych (W, Nb, Mo, Ta) oraz aktywnych chemicznie (Ti, Hf, Zr, Al, Mg) [1]. Na rysunku 1.4 pokazano przykład uchwytu spawalniczego stosowanego w metodzie TIG [2].



Rys. 1.4. Przykład uchwyty spawalniczego wykorzystanego w metodzie TIG : 1 – uchwyt spawalniczy,
2 – przewód zasilający [3]

1.4. Spawanie laserowe

Zaawansowane spawanie laserowe jest jedną z najnowocześniejszych metod w dziedzinie spawania. Od wcześniej opisanych metod ta różni się zasadniczo. Podczas spawania laserowego nie ma konieczności stosowania elektrody. Warto jednak pamiętać, że jest to metoda uniwersalna – umożliwia zarówno łączenie bezspoiwowe (autogeniczne), jak i z użyciem materiału dodatkowego (drułu), w zależności od specyfiki złącza. Omawiany proces spawania przebiega z wykorzystaniem skoncentrowanej wiązki światła laserowego o wysokiej gęstości mocy, która topi materiał w miejscu łączenia. Metoda charakteryzuje się wysoką precyzją, dużą prędkością procesu, wąską strefą wpływu ciepła, a także możliwością spawania cienkich i trudno spawalnych materiałów. W zależności od potrzeb proces może być prowadzony w osłonie gazu obojętnego lub – przy dużych prędkościach i odpowiednich parametrach – bez osłony gazowej. Spawanie laserowe znajduje wszechstronne zastosowanie w produkcji wielkoseryjnej, szczególnie w przemyśle motoryzacyjnym, przy produkcji urządzeń medycznych, elektroniki, czy precyzyjnych elementów biżuterii. Na rysunku 1.5 pokazano przykład uchwytu stosowanego do spawania laserowego [8].



Rys. 1.5. Przykład uchwytu do spawania laserowego [4]

Niezależnie od dostępnej metody spawania, projektując oprzyrządowanie spawalnicze należy przewidywać dostęp elektrody lub uchwytu do miejsca spawanego. Należy pamiętać, że w gotowym, wirtualnym projekcie wyrobu spawanego warto jest zasymulować podejście uchwytu spawalniczego do miejsca spawania. Czynność ta ułatwi ocenę czy zaprojektowany przyrząd umożliwi łatwy dostęp do miejsca spawanego oraz pozwoli na uniknięcie kosztów związanych z ewentualną jego przeróbką, jeżeli po wyprodukowaniu okaże się, że miejsca pomiędzy spawanymi detalami jest zbyt mało.

2. POKA-YOKE w przyrządach spawalniczych

Poka-Yoke to metoda używana w *lean management*, która pozwala unikać pomyłek w procesach produkcyjnych lub logistycznych. Nazwa tej metody pochodzi od dwóch japońskich słów: „*poke*”, czyli nieumyślne błędy oraz „*yokeru*”, czyli unikać. Zatem zgodnie z definicją, *Poka-Yoke* (rys. 2.1) jest zapobieganiem wystąpienia defektów poprzez ich zauważenie, poprawienie oraz eliminowanie u źródła [3]. Założeniem metody *Poka-Yoke* jest zaimplementowanie takich procesów i urządzeń, które pomogą w wykrywaniu nieprawidłowości i uniemożliwią ich wystąpienie.



Rys. 2.1. Założenia metody *Poka-Yoke* [3]

Wśród założeń metody *Poka-Yoke* można wymienić:

- **eliminację błędów** – odbywa się poprzez przeprojektowanie procesów produkcyjnych tak, aby w danym działaniu nie istniała możliwość popełnienia błędu;
- **zapobieganie błędom** – odbywa się poprzez zaprojektowanie konstrukcji produktu tak, aby zminimalizować możliwość popełnienia błędów produkcyjnych;
- **zastąpienie nieefektywnych procesów produkcyjnych** – poprzez wdrożenie bardziej niezawodnych, które pomagają w wykrywaniu określonych nieprawidłowości;
- **usprawnienie produkcji** – poprzez ułatwienie poszczególnych jej etapów;
- **wykrywanie błędów** – odbywa się poprzez m.in. instalowanie urządzeń, w których są wykorzystane różnego rodzaju czujniki uniemożliwiające niepoprawne założenie elementu;
- **łagodzenie skutków błędów** – odbywa się poprzez dążenie do zminimalizowania skutków popełnionych defektów.

Na skutek braków kadrowych, zachodzące zmiany w przemyśle wymuszają stosowanie *Poka-Yoke* w wielu gałęziach przemysłu. Jedną z kluczowych gałęzi jest spawalnictwo, gdzie oprócz braków kadrowych ważną rolę odgrywa dokładność spawanych detali. Dzięki wykorzystaniu *Poka-Yoke* eliminowane są takie czynności, jak:

- analiza dokumentacji technicznej,
- marnotrawstwo czasu związane z rozmieszczaniem elementów względem siebie,

- zbędne straty czasu związane z eliminowaniem pomyłek przy spawaniu podobnych detali np. tulejek o takiej samej średnicy, lecz nieznacznie różnej wysokości.

Zastosowanie koncepcji *Poka-Yoke* przy projektowaniu przyrządów spawalniczych pozwala uniknąć niepotrzebnych kosztów związanych z powyższymi czynnikami.

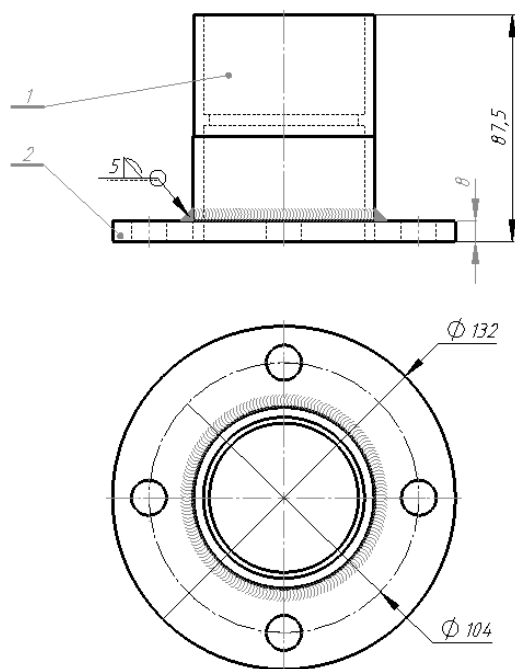
3. Przyrządy spawalnicze

3.1. Obrotniki spawalnicze

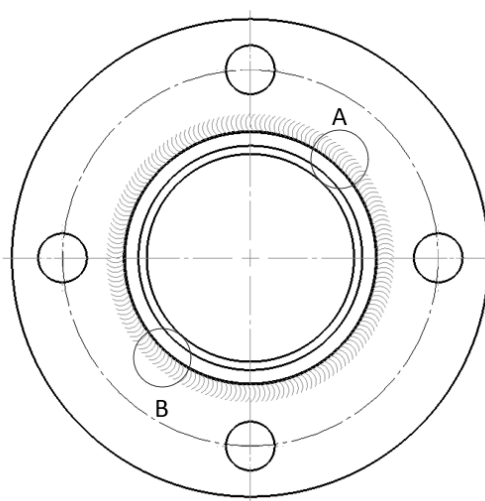
Obrotniki spawalnicze wykorzystywane są jako urządzenia ułatwiające spawanie bardzo dużych elementów, których obracanie wymaga stosowania np. suwnicy lub specjalnego wózka albo elementów, w których położenie spoiny wymaga przemieszczania się spawacza wokół spawanego detalu. Zarówno w pierwszym, jak i w drugim przypadku wystąpią miejsca, w których proces spawania musi być przerwany z uwagi na geometrię spawanych elementów.

3.2. Półautomatyczny obrotnik do spawania elementu typu tuleja

Na rysunku 3.1 pokazano tuleję składającą się z dwóch części: piasty (1) oraz kołnierza (2). Wyrób ma być spawany w miejscu połączenia tych części spoiną ciągłą, obwodową. Ręczne spawanie takiego wyrobu wymaga wykonania co najmniej dwóch spawów półwkowych, rozpoczynających i kończących się w tych samych miejscach, co pokazane zostało na rysunku 3.2 w punktach A oraz B. Położenie wskazanych miejsc podczas spawania może się różnić w rzeczywistości w zależności od warunków warsztatowych.



Rys. 3.1. Rysunek detalu typu tuleja: 1 – piasta, 2 – kołnierz [oprac. własne]

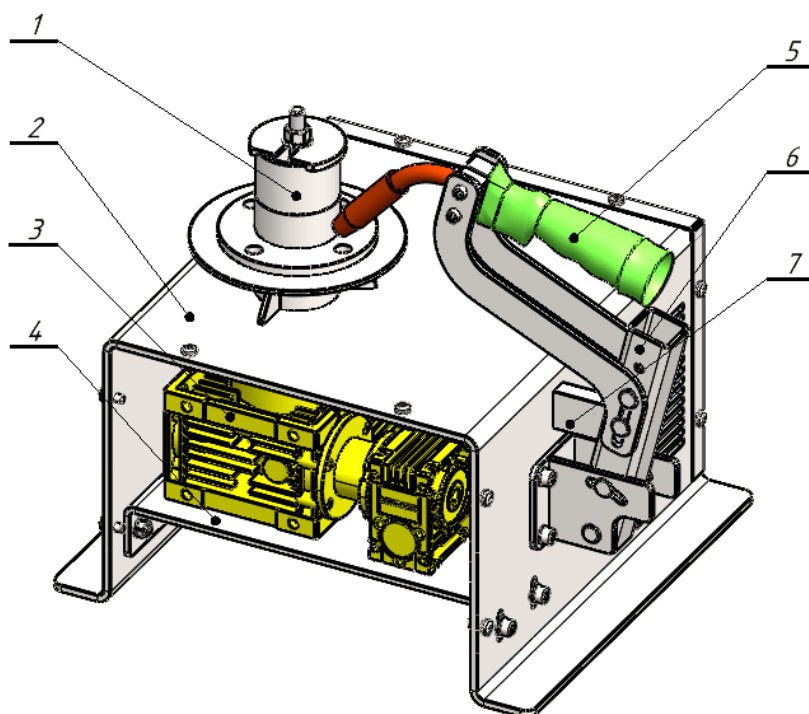


Rys. 3.2. Miejsca rozpoczęcia oraz zakończenia spawania detalu przy spawaniu ręcznym [oprac. własne]

W celu wykonania spoiny ciągłej z jednym miejscem rozpoczęcia oraz zakończenia zasadne jest wykorzystanie obrotnika, którego przykład konstrukcyjny pokazany został na rysunkach 3.3-3.5.

Obrotnik, pokazany na rysunkach 3.3 oraz 3.4 składa się z korpusu (2), w środku którego umieszczony został reduktor (3) na płycie mocującej (4). Na zewnątrz korpusu zamontowany został uchwyt spawalniczy (5), podłączony bezpośrednio do źródła spawalniczego (niepokazanego na rysunku), który umieszczony jest w uchylnym wsporniku (6), którego zakres przechyłu można dopasować do różnej średnicy spawanych tulei. Pomiedzy uchylnym wspornikiem (6), a korpusem (2) umieszczony jest wyłącznik krańcowy (7), którego zadaniem jest uruchomienie źródła spawalniczego (zajarzenie łuku) między uchwytem, a spawaną tuleją.

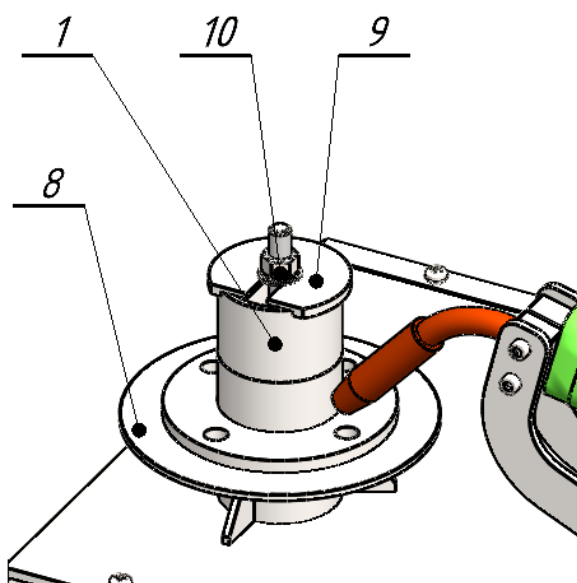
Zasada działania obrotnika jest taka, że po założeniu tulei (1) na uchwyt (8-rys. 3.4) i dociśnięciu jej przez podkładkę (9) nakrętką (10), spawacz poprzez przemieszczenie uchwyty spawalniczego (5) do pozycji pokazanej na rysunku 3.3 rozpoczyna proces zajarzenia łuku oraz ruch obrotowy tulei, którego prędkość jest parametrem wyjściowym reduktora.



Rys. 3.3. Widok modelu obrotnika spawalniczego do spawania tulei pokazanej na rysunku 3.1:

1 – tuleja spawana, 2 – obudowa, 3 – reduktor, 4 – podstawa reduktora, 5 – uchwyt spawalniczy,
6 – ruchomy uchwyt, 7 – włącznik zajarzenia łuku elektrycznego [oprac. własne]

Układ sterowania przedstawionego obrotnika zapewnia korelację między czasem spawania, a prędkością obrotową spawanych detali, co umożliwia optymalne dobranie czasu spawania. Zastosowanie takiego rozwiązania zapewnia uzyskanie jednego miejsca rozpoczęcia oraz zakończenia spawania oraz wykonanie jednolitej spoiny na całym obwodzie tulei. Na rysunku 3.5 pokazano obrotnik spawalniczy wykonany w jednej z firm, w której został wdrożony do procesu produkcyjnego.



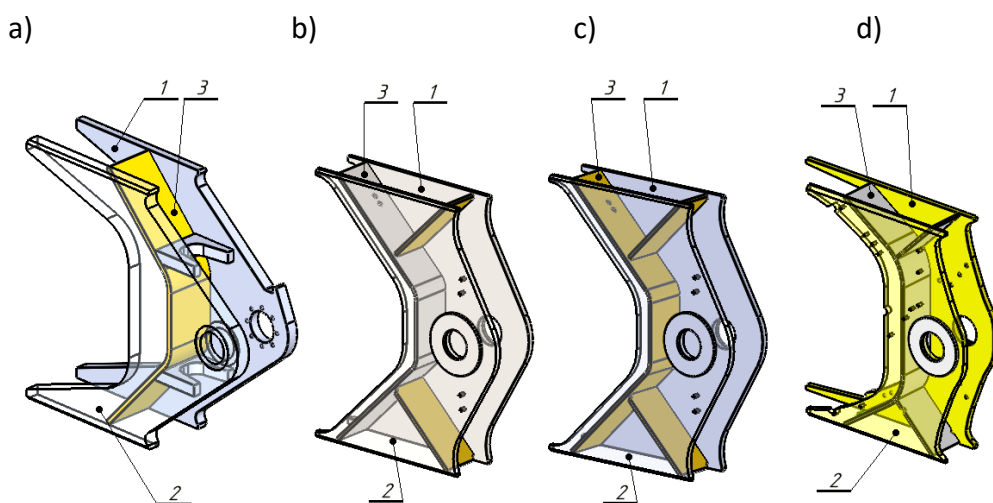
Rys. 3.4. Sposób zamocowania tulei na obrotniku: 1 – tuleja, 8 – uchwyt obrotnika, 9 – podkładka, 10 – nakrętka [oprac. własne]



Rys. 3.5. Obrotnik spawalniczy w warunkach warsztatowych [oprac. własne]

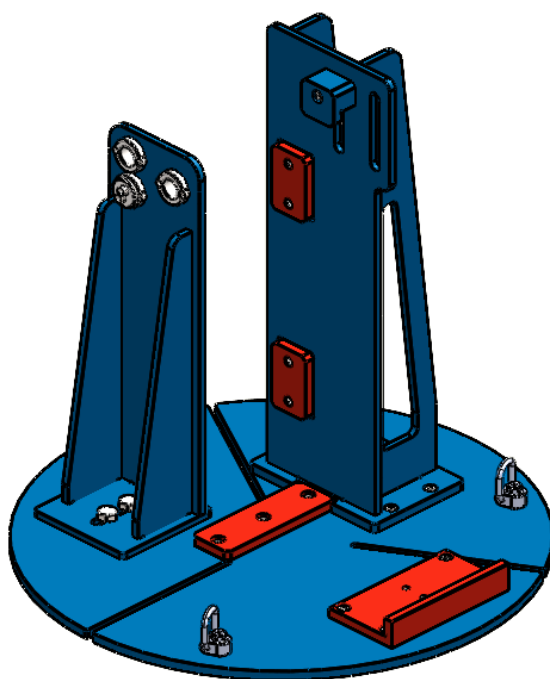
3.3. Uniwersalny przyrząd do obrotnika spawalniczego

Na rysunku 3.6 przedstawione zostały elementy, które z uwagi na swoją geometrię wymuszały zastosowanie jednego przyrządu spawalniczego, który w procesie spawania będzie montowany na pionowym obrotniku.



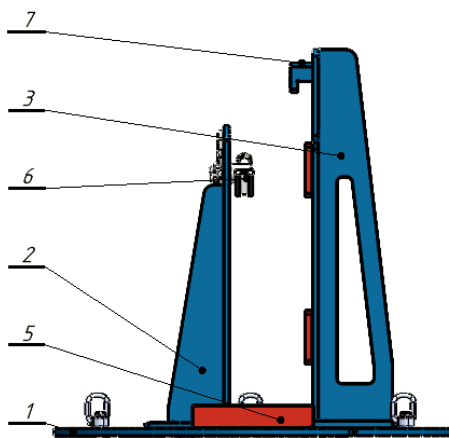
Rys. 3.6. Widok złożenia czterech typów detali: 1 – płyta tylna, 2 – płyta czołowa, 3 – wypełnienie (wstawiane w całości jako spawane) [oprac. własne]

Przedstawione na rysunku 3.6 elementy różnią się geometrią. Mimo to, z uwagi na podobieństwo geometryczne zastosowano jeden, uniwersalny przyrząd pokazany na rysunku 3.7, którego konstrukcja umożliwia zamocowanie wyżej wymienionych elementów. Zasada użytkowania przyrządu jest taka, że na płytkach oporowych (4 i 5) stawiany jest detal opierając go jednocześnie o płytki umocowane na ramieniu stałym (3). Za pomocą docisku ruchomego (7) dociskana jest płyta tylna (poz. 1 na rys. 3.8), a za pomocą docisku obrotowego (6) dociskany jest element do płytki oporowej (5) poprzez płytę czołową (poz. 2 na rys. 3.8). Tak umocowany element jest następnie poddany spawaniu na obrotniku spawalniczym w miejscach wskazanych przez konstruktora.

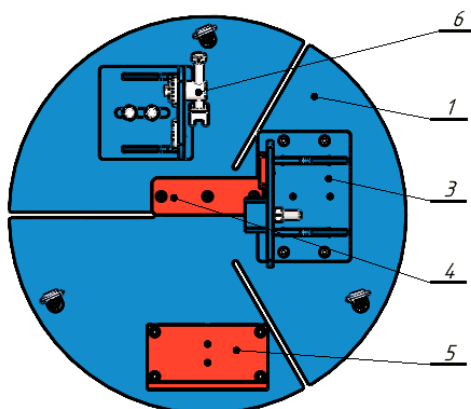


Rys. 3.7. Widok izometryczny przyrządu ustalająco-mocującego elementy do spawania na obrotniku spawalniczym [oprac. własne]

a)

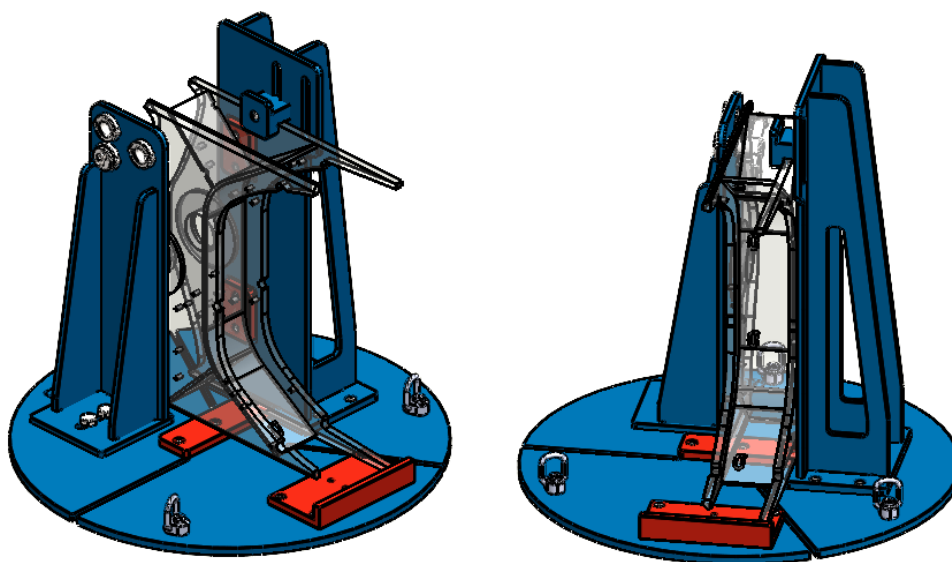


b)

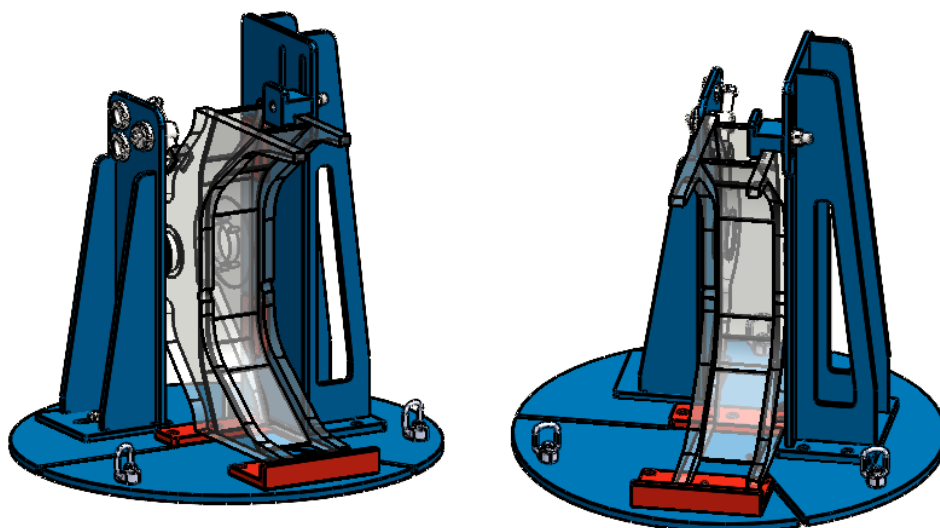


Rys. 3.8. Widoki przyrządu mocującego: a) widok z boku, b) widok od góry. 1 – płyta mocująca, 2 – ramię ruchome, 3 – ramię stałe, 4 – płytkę oporową prostą, 5 – płytkę oporową kątową, 6 – docisk obrotowy, 7 – docisk ruchomy [oprac. własne]

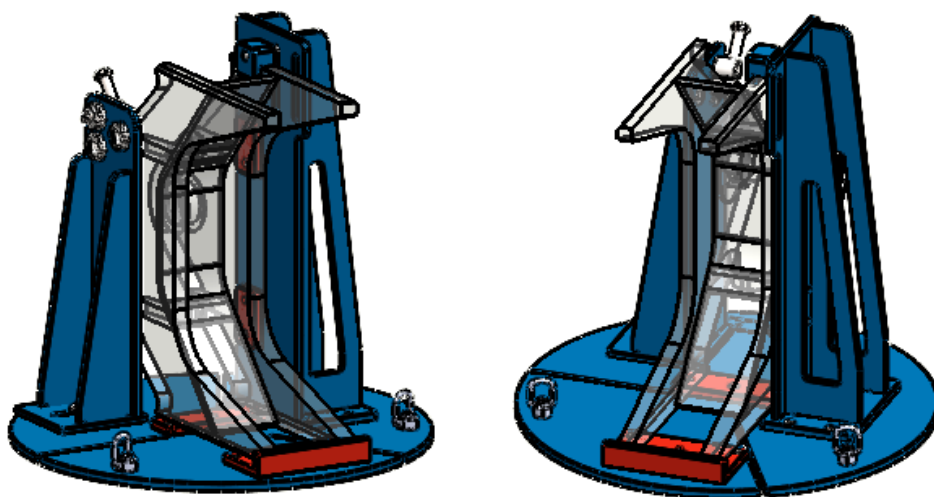
Na rysunkach 3.9-3.12 pokazano sposób ustawienia poszczególnych elementów względem części oporowych (czerwone elementy) na przyrządzie.



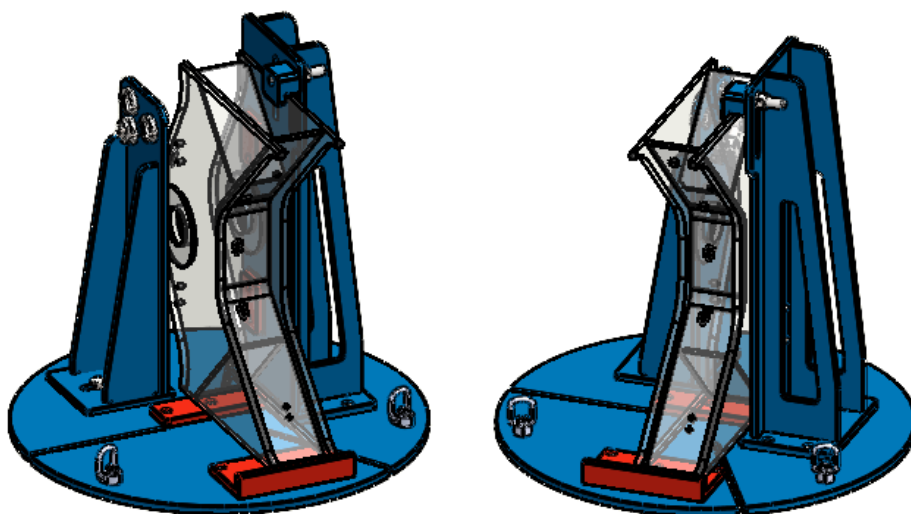
Rys. 3.9. Widok umieszczenia elementu „a – rys. 3.6” elementu w przyrządzie [oprac. własne]



Rys. 3.10. Widok umieszczenia drugiego „b – rys. 3.6” elementu w przyrządzie [oprac. własne]



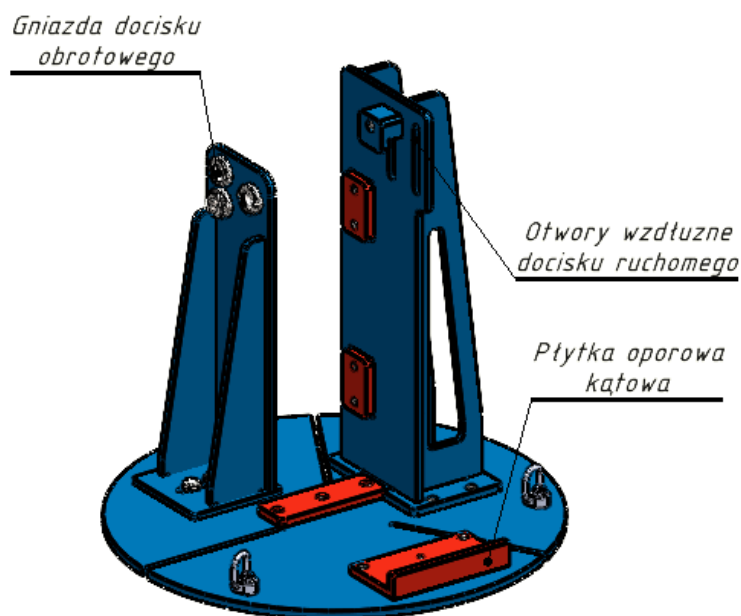
Rys. 3.11. Widok umieszczenia trzeciego „c – rys. 3.6” elementu w przyrządzie [oprac. własne]



Rys. 3.12 Widok umieszczenia „d – rys. 3.6” elementu w przyrządzie [oprac. własne]

Na rysunku 3.13 pokazano szczegóły konstrukcyjne pozwalające na bezproblemowe umieszczenie czterech typów elementów (rys. 3.6) w przedstawionym przyrządzie.

Podczas konstruowania przyrządu, zastosowano kątową płytkę oporową o szerokości umożliwiającej ustalenie wszystkich czterech detali.



Rys. 3.13. Szczegóły przyrządu pozwalające na uzyskanie jego uniwersalności w celu zamocowania czterech typów detali [oprac. własne]

Na ramieniu stałym umieszczone zostały dwa otwory wzdłużne, w których docelowo zamontowany został docisk ruchomy. Jak pokazano na rysunkach 3.9 oraz 3.11, docisk ruchomy osadzony jest w tylnym otworze, natomiast na rysunkach 3.10 i 3.12 w otworze przednim. Rozmieszczenie otworów pozwala na wykorzystanie tego samego docisku w zależności od geometrii spawanego elementu. Podobną zasadę wykorzystano przy projektowaniu ramienia ruchomego. W jego górnej części usytuowano trzy otwory z tulejami prowadzącymi w pozycji pozwalającej na uzyskanie docisku wszystkich czterech wariantów elementów. Dodatkowo w podstawie ramienia ruchomego zaplanowano otwór wzdłużny pozwalający na przemieszczanie ramienia ruchomego w kierunku ramienia stałego do pozycji pozwalających na uzyskanie właściwego docisku poszczególnych elementów.

4. Ustawiaki

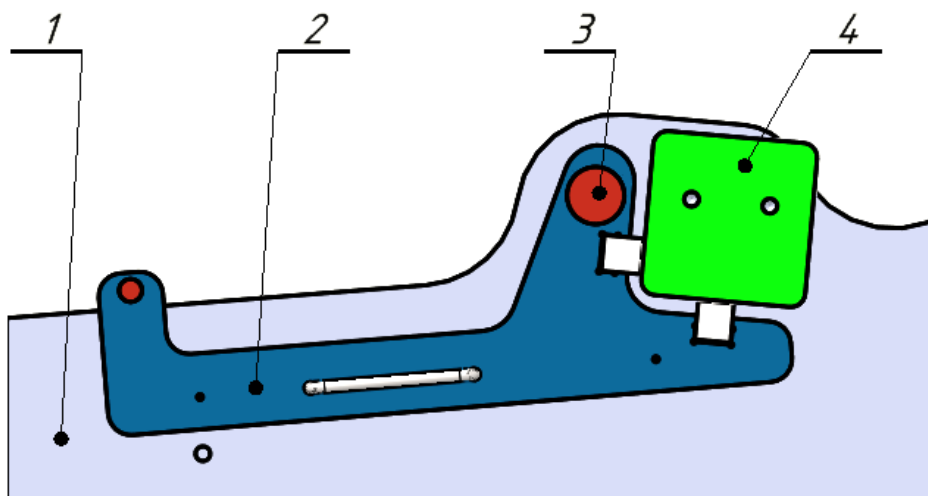
Jednymi z wielu przyrządów stosowanych przy spawaniu detali są tzw. ustawiaiki, czyli przyrządy służące do ustalenia jednych elementów względem drugich w taki sposób, aby wyeliminować konieczność stosowania przyrządów pomiarowych. Często przy projektowaniu ustawiaków wykorzystuje się zasady *Poka-Yoke*, aby spawacz mógł zastosować ustawiak tylko i wyłącznie w pozycji wymuszonej, nie mając możliwości jego ustawienia w innej pozycji. Z uwagi na to, że ustawiaiki są z reguły ręcznymi przyrządami, zwraca się uwagę na ich masę, aby nie naruszać zasad BHP dotyczących dopuszczalnej masy podnoszonych przedmiotów.

4.1. Ustawiaiki do spawania drobnych elementów

W rozwiązaniach konstrukcyjnych spawanych elementów stosowane są często tzw. drobne detale, których masa i rozmiary są bardzo małe w stosunku do konstrukcji, na której mają być umieszczone. Zaliczają się do nich: kołki, nakrętki, śruby, tuleje, itp.

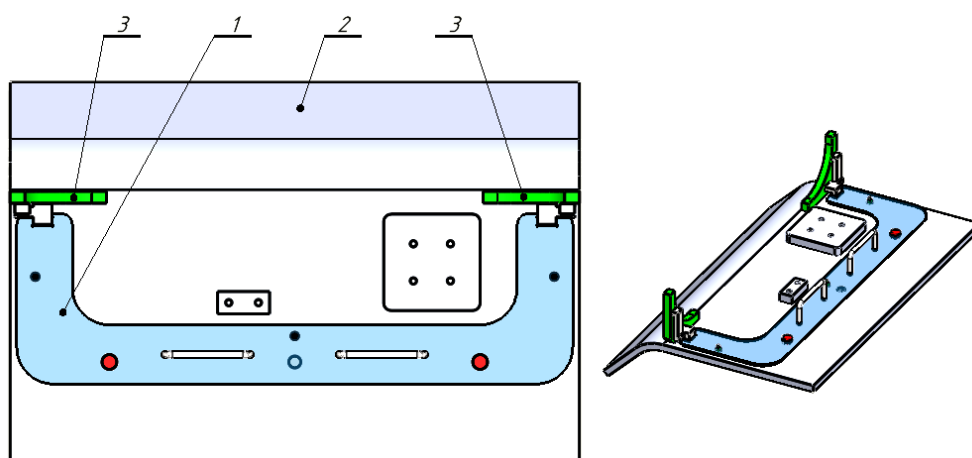
Aby wyeliminować konieczność, często utrudnionych, pomiarów rozmieszczenia tych elementów w konstrukcji stosuje się ustawiaiki przeznaczone do ich umieszczenia we właściwych pozycjach. Na rysunkach 4.1-4.6 pokazano kilka praktycznych rozwiązań ustawiaków, służących do pozycjonowania elementów spawanych oraz przypawanych.

Na rysunku 4.1 pokazano ustawiak (2) służący do pozycjonowania zielonej kostki (4) względem korpusu urządzenia (1). Do ustalenia ustawiaika wykorzystano otwór ulokowany w korpusie, w którym ustawiono bazę (3) w postaci walca. Jako drugą bazę wykorzystano powierzchnię boczną korpusu (1), na którym osadzono kostkę (4).



Rys. 4.1. Widok ustawiaka do ustalenia kostki: 1 – urządzenie, 2 – ustawiak, 3 – baza w powierzchni walcowej, 4 – kostka ustawiana za pomocą ustawiaka [oprac. własne]

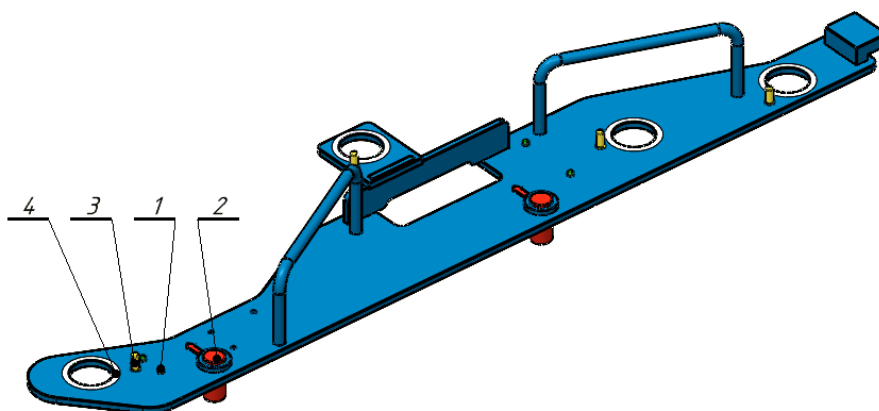
Sama kostka została ustawiona na specjalnie wyprofilowanych powierzchniach, których kształt umożliwia jej jednoznaczne oparcie i pozycjonowanie.



Rys. 4.2. Widok ustawiaka do pozycjonowania żebra spawalniczych: 1 – ustawiak, 2 – urządzenie, 3 – żebra [oprac. własne]

Na rysunku 4.2 zaprezentowano ustawiak do pozycjonowania jednocześnie dwóch żebra spawalniczych (3). W tym przypadku jako powierzchnie bazowe

Na rysunku 4.3 pokazano ustawiak służący do ustawienia tulei (3) względem

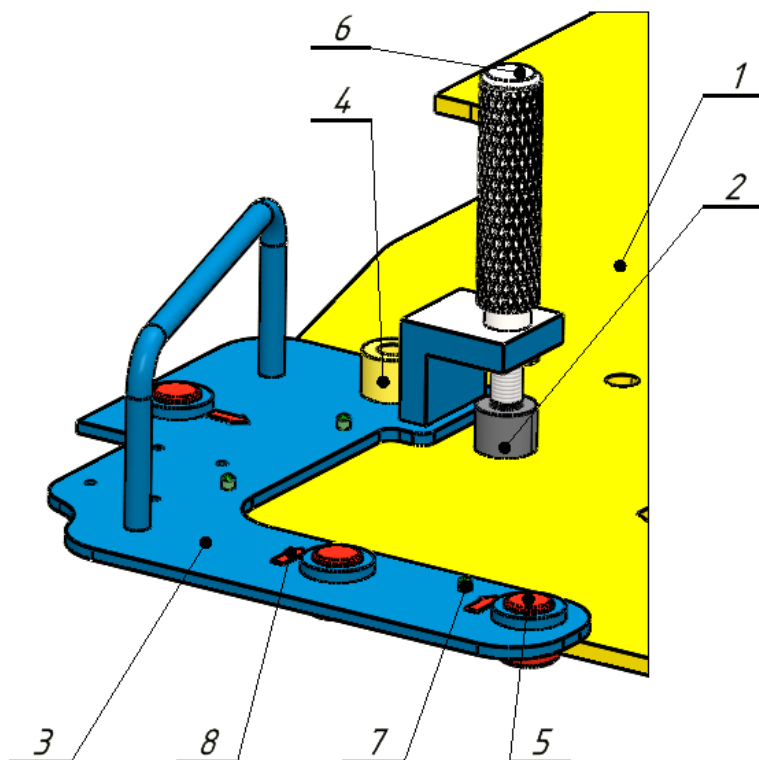


Rys. 4.4. Widok ustawiaka do przypawania kołków: 1 – ustawiak, 2 – baza, 3 – kołek, który ma być przypawany w otworze, 4 – kolorystyczne oznaczenie otworu do przypawania [oprac. własne]

Rysunek 4.4 przedstawia ustawiak do przypawania kołków gwintowanych. Przypawanie zaliczane do technologii spawalniczych umożliwia połączenie takich elementów jak: kołki gwintowane, nakrętki, tuleje i gwoździe z innymi elementami płaskimi wykorzystując energię skumulowaną zazwyczaj w baterii kondensatorów. W celu ustalenia ustawiaka (1) zastosowano dwie walcowe powierzchnie (2) oraz kostkę ustalającą znajdującą się w górnej części ustawiaka oraz pokazano kierunek dosunięcia ustawiaka do korpusu (niepokazanego na tym rysunku). Miejsca przypawania kołków, dla lepszej orientacji zaznaczono białym kolorem (4), a obok tych miejsc umieszczono przykład kołka, który ma być przypawany w każdym gnieździe.

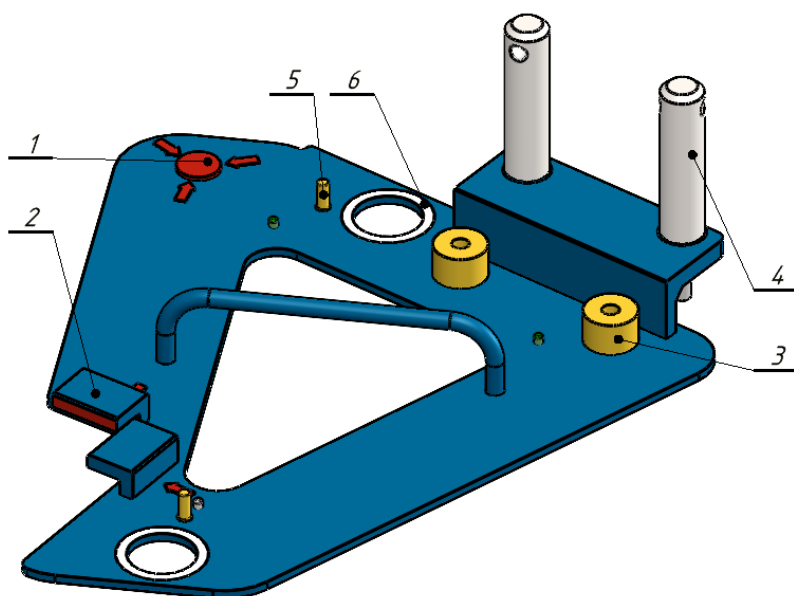
Uwaga: Oznaczenia kolorystyczne miejsc, w których należy umieścić drobne detale w tym przypadku są przypadkowe i są zależne od wewnętrznej polityki zakładu, w którym ustawiaki są stosowane.

Na rysunku 4.5 pokazany został przykład ustawiaka służącego do spawania tulei z gwintowanym otworem.



Rys. 4.5. Widok ustawiaka do spawania tulei z otworem gwintowanym: 1 – urządzenie, 2 – tuleja z otworem gwintowanym, 3 – ustawiak, 4 – przykład spawanej tulei, 5 – walcowa powierzchnia bazowa, 6 – pokrętło, 7 – magnes, 8 – oznaczenie kierunku dosunięcia ustawiaka do urządzenia [oprac. własne]

Na pokrętło (6) wkręca się spawaną tuleję (2). Po dosunięciu ustawiaka (3) do urządzenia (1) w kierunku wyznaczonym przez strzałki (8) można dokonać spawania tulei. Po zakończonym procesie spawania, pokrętło wykręca się z tulei i za pomocą uchwytu odsuwa się ustawiak od urządzenia.

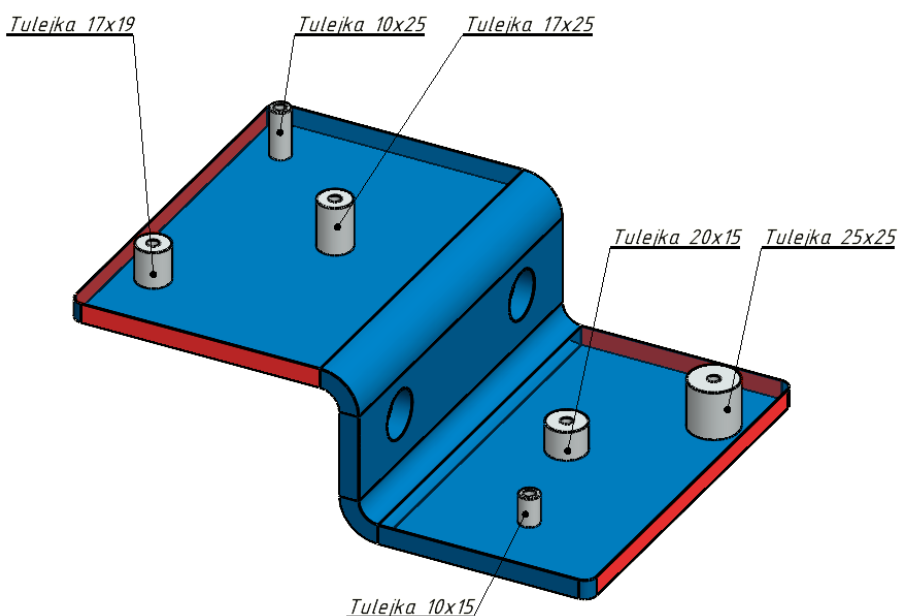


Rys. 4.6. Widok ustawiaka do spawania tulei z otworem gwintowanym i przypawania kołków gwintowanych: 1 – walcowa powierzchnia bazowa, 2 – płaska powierzchnia bazowa (czerwona), 3 – przykład spawanych tulei, 4 – pokrętła, 5 – przykład przypawanych kołków, 6 – kolorystyczne oznaczanie otworu do przypawania [oprac. własne]

Z kolei na rysunku 4.6 pokazano przykład ustawiaka służącego do spawania tulei z otworem gwintowanym oraz przypawania kołków gwintowanych. Sposób użycia przyrządu jest analogiczny jak w przypadku ustawiaka z rysunku 4.5 z tą różnicą, że w jednym ustawieniu spawacz ma możliwość wykonania obu operacji technologicznych. Warto zwrócić uwagę, że zarówno w ustawiaku pokazanym na rysunku 4.4, jak i 4.6, strefy przeznaczone do przypawania kołków zaprojektowano z uwzględnieniem gabarytów pistoletu do przypawania. Zapewnia to swobodny dostęp narzędzia do spawanego obszaru.

4.2. Ustawiaki ze sprawdzianami

Projektując ustawiak do spawania kilku odmian drobnych, podobnych elementów np. tulejek, warto przewidzieć sposób sprawdzania ich wysokości, aby zapobiec ich błędnemu rozmieszczeniu na spawanej konstrukcji. Przykładem takiego problemu może być wspornik pokazany na rysunku 4.7, wykonany z blachy, do którego w procesie spawania należy umieścić 6 różnych tulejek.

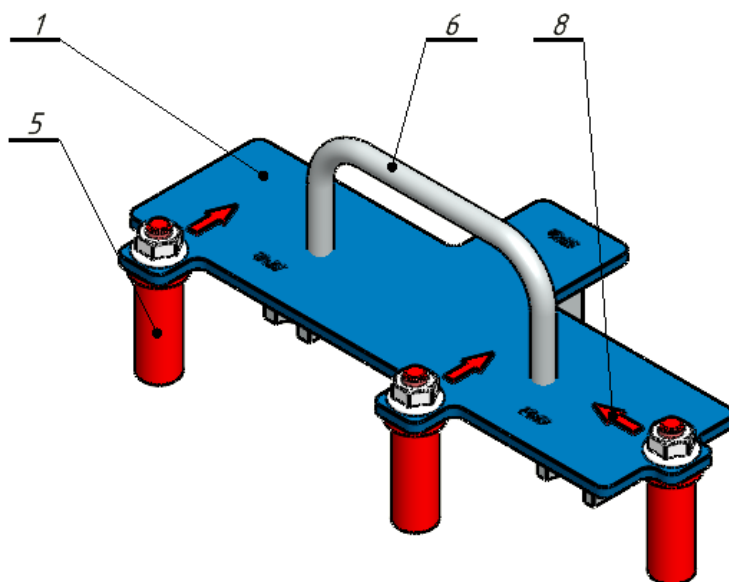


Rys. 4.7. Widok izometryczny wspornika z tulejkami [oprac. własne]

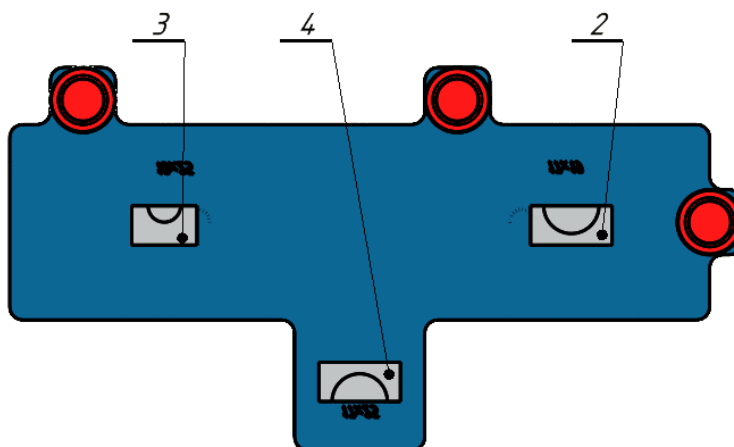
Chcąc wykorzystać do spawania tulejek ustawiak, należy przewidzieć płaszczyzny, które posłużą jako bazy. Przykładowo, w rozpatrywanym przypadku będą to płaszczyzny zaznaczone na czerwono. Należy również zaznaczyć, że używanie ustawiaków musi być poprzedzone właściwym umieszczeniem ich na elemencie, do którego będziemy spawać pozostałe elementy w przestrzeni, tak aby nie popełnić błędu przy ich doborze. Na rysunku 4.8 pokazano przykład ustawiaka, w którym zintegrowano sprawdziany wysokościowe działające zgodnie z zasadą Poka-Yoke oraz

zastosowano czytelne oznaczenia tulejek przeznaczonych do spawania w poszczególnych miejscach.

a)

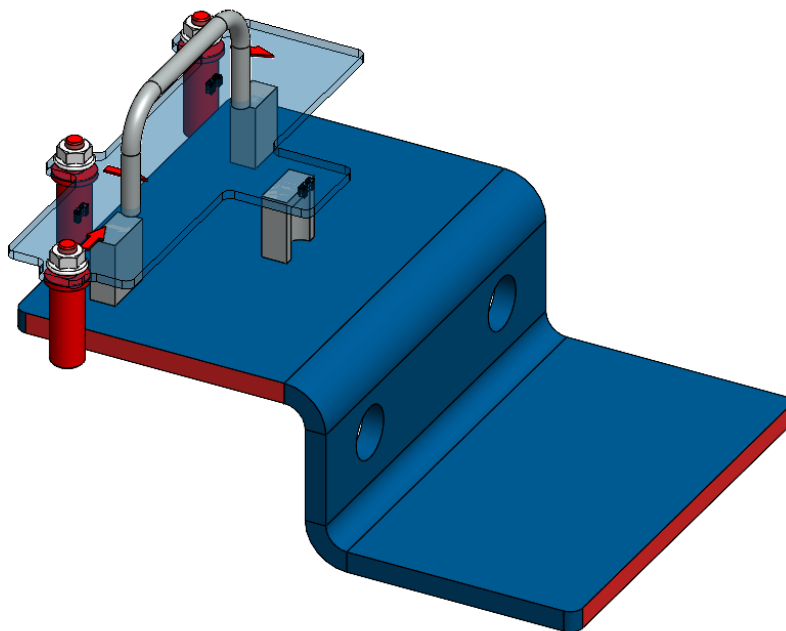


b)

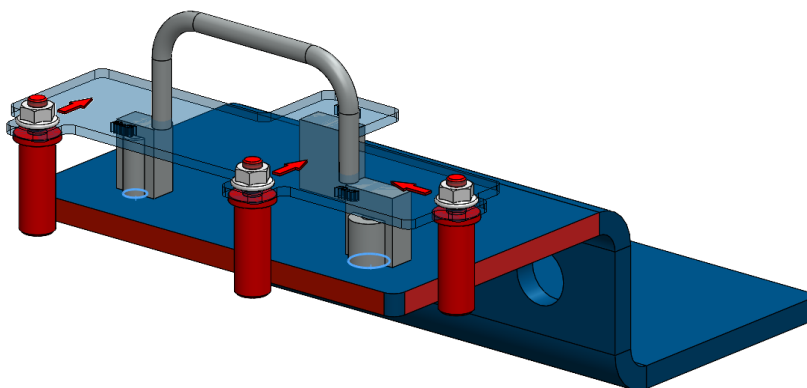


Rys. 4.8. Konstrukcja ustawiaka: a) widok izometryczny, b) widok od spodu: 1 – korpus, 2 – sprawdzian tulejki 17x19 mm, 3– sprawdzian tulejki 10x25 mm, 4 – sprawdzian tulejki 17x25 mm, 5 – kołki ustalające, 6 – uchwyt, 7 – znacznik *Poka-Yoke* [oprac. własne]

Na rysunku 4.9 pokazano ustawiak osadzony (lub zamontowany) na elemencie, natomiast na rysunku 4.10 wskazano miejsca przeznaczone do wykonania spoin szepnych.

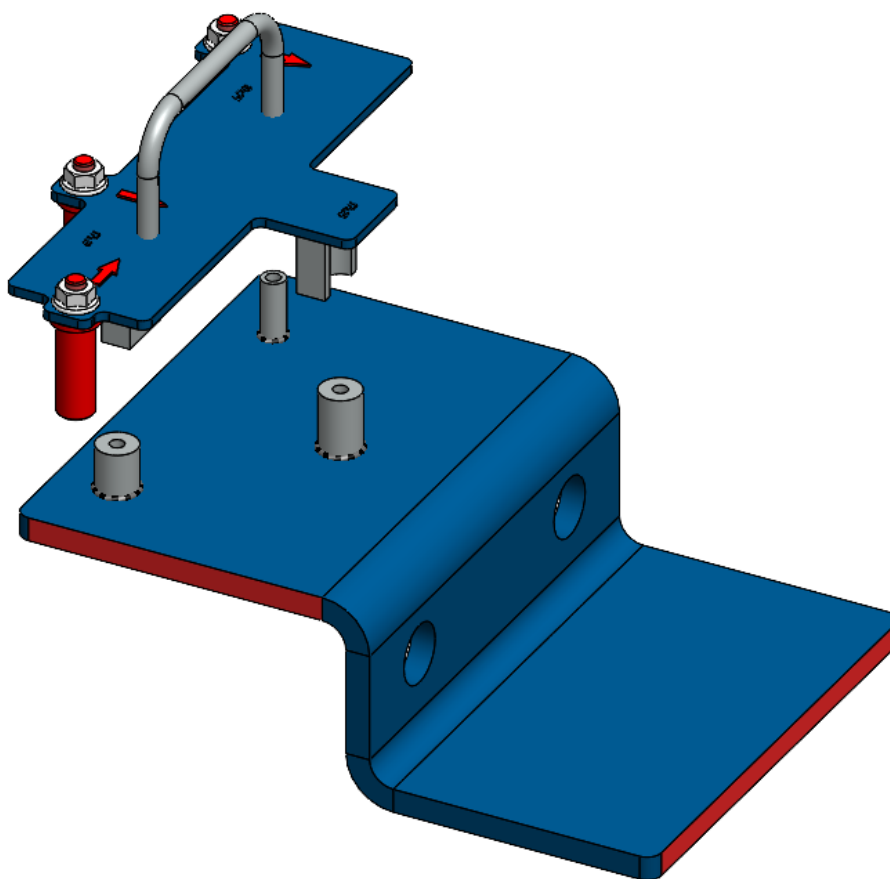


Rys. 4.9. Sposób umieszczenia ustawiaika na płaszczyźnie elementu [oprac. własne]



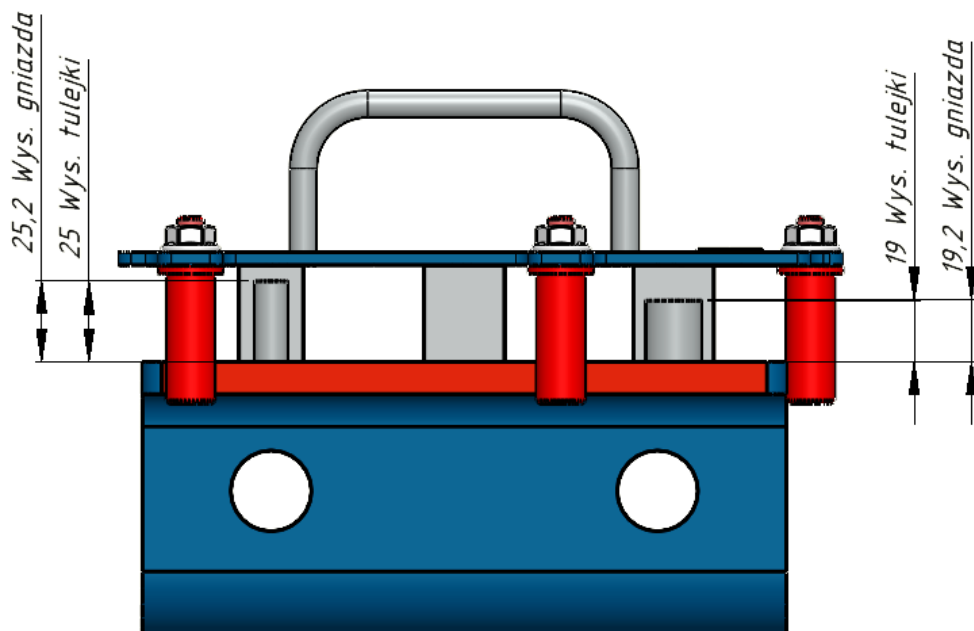
Rys. 4.10. Miejsca położenia spoin szepnych [oprac. własne]

Po wykonaniu spoin szczepnych, ustawiak unosi się do góry, co odsłania tulejki oraz miejsce wykonania docelowych spoin, przy jednoczesnym zachowaniu wymogów położenia geometrycznego tulejek względem korpusu (rys. 4.11).



Rys. 4.11. Element z przyspawanymi tulejkami po usunięciu ustawiaika [oprac. własne]

W przedstawionym przypadku, sprawdzian został opracowany w taki sposób, jak pokazano na rysunku 4.12. Poszczególne gniazda tulejek skonstruowano tak, aby uniemożliwić osadzenie tulejek o odmiennej średnicy, a wysokość została powiększona o 0,2 mm zapewniając minimalny luz montażowy. Tolerancja wysokości gniazda jest zależna w tej sytuacji od dokładności wykonania tulejek, ale jest to wartość znana z dokumentacji produkcyjnej tulejki.



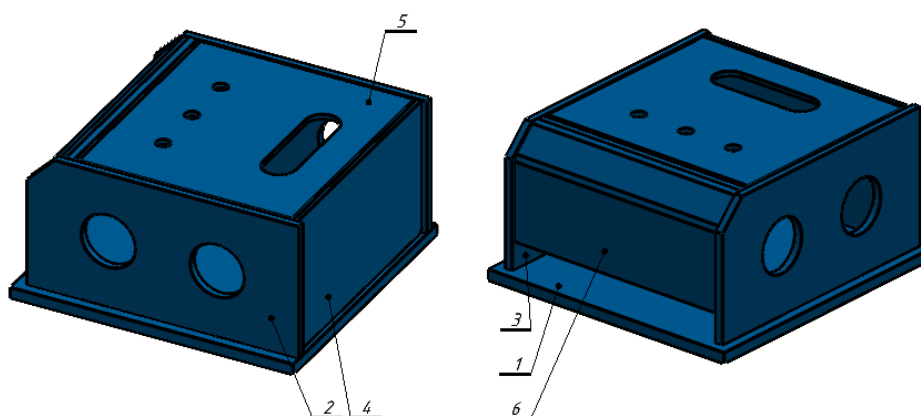
Rys. 4.12 Korelacja pomiędzy wymiarami tulejek i sprawdzianami [oprac. własne]

Projektując ustawiały spawalnicze należy kierować się następującymi zasadami:

- zapewnić jednoznaczności bazowania,
- minimalizować masy przyrządu,
- dążyć do prostoty konstrukcji,
- przewidywać swobodny dostęp spawalnicy,
- uwzględnić technologiczności konstrukcji.

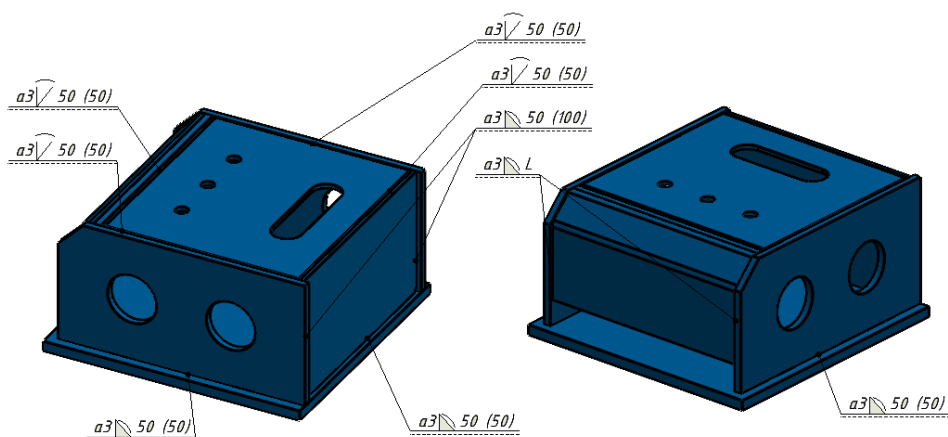
4.3. Palety transportowe

Często elementy przeznaczone do spawania we wcześniejszych etapach produkcji są przygotowywane z wykorzystaniem wycinania laserowego lub plazmowego, zwłaszcza przy produkcji seryjnej. W takim przypadku, z ekonomicznego oraz ergonomicznego punktu widzenia, dobre praktyki inżynierskie nakazują zastosowanie kontrolowanego procesu składowania na paletach transportowych, tak aby spawacz eliminował straty czasu związane z wyszukiwaniem i identyfikacją detali na palecie lub w koszu transportowym. Aby lepiej zrozumieć ideę transportu między stanowiskowego, na poniższym przykładzie zaprezentowano sposób wykorzystania specjalnej palety do transportu elementów ze stanowiska wycinarki laserowej na stanowisko spawalnicze. Na rysunku 4.13 pokazano schemat przedmiotu (złożenie) w postaci skrzynki, składającej się z 6 elementów blaszanych.



Rys. 4.13. Widok przedmiotu typu skrzynka: 1 – płyta, 2 – bok prawy, 3 – bok lewy, 4 – ściana tylna, 5 – wieko, 6 – ściana czołowa [oprac. własne]

Na rysunku 4.14 pokazano miejsca wykonania spawów pokazanej na rysunku 4.13 skrzynki.



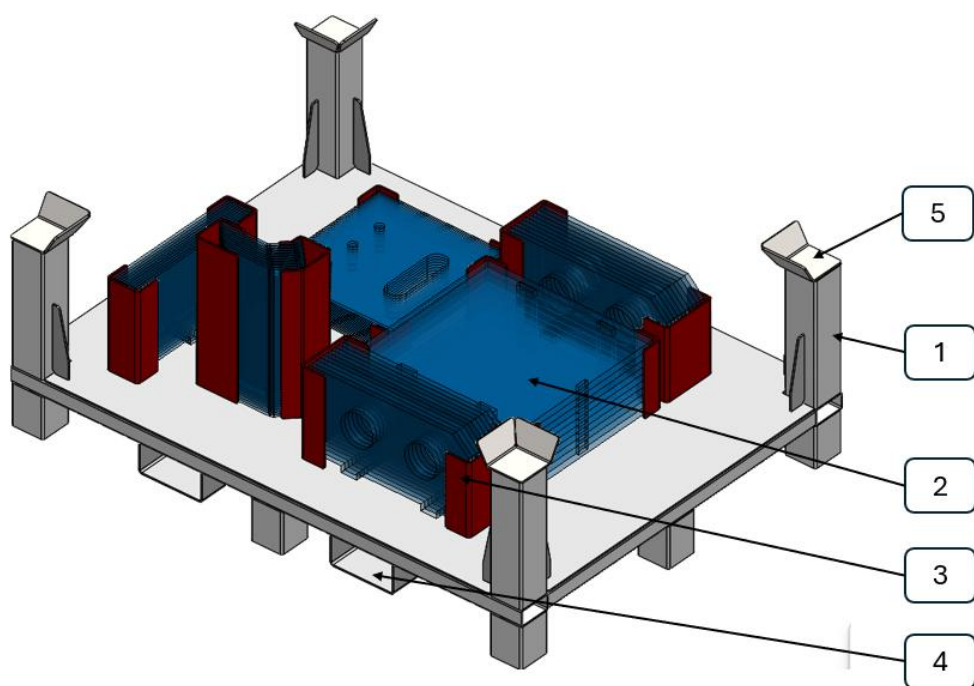
Rys. 4.14. Widok zaplanowanych spoin w konstrukcji skrzynki [oprac. własne]

W celu sprawnego przeprowadzenia procesu spawania określonej liczby skrzynek, ważne jest, aby konstrukcja palety transportowej charakteryzowała się następującymi cechami:

- zapewnienie pełnej komplekacji zestawów w ilości odpowiadającej liczbie gotowych wyrobów,
- spełnianie standardowych wymiarów, powinny być krotnością wymiarów europalety, chyba że w zakładzie dopuszcza się inne wymiary palet (np. ISO),
- umożliwienie bezpiecznego transportu i magazynowania,
- zabezpieczenie detali podczas transportu przed niekontrolowanym przemieszczaniem się.

Aby spełnić powyższe punkty, należy w pierwszym etapie określić ile skrzynek powinno być wyprodukowanych z elementów składowych znajdujących się na jednej paletcie. W omawianym przypadku założoną ilością skrzynek będzie 10 sztuk.

Dla takiego założenia widok konstrukcji palety pokazano na rysunku 4.15.



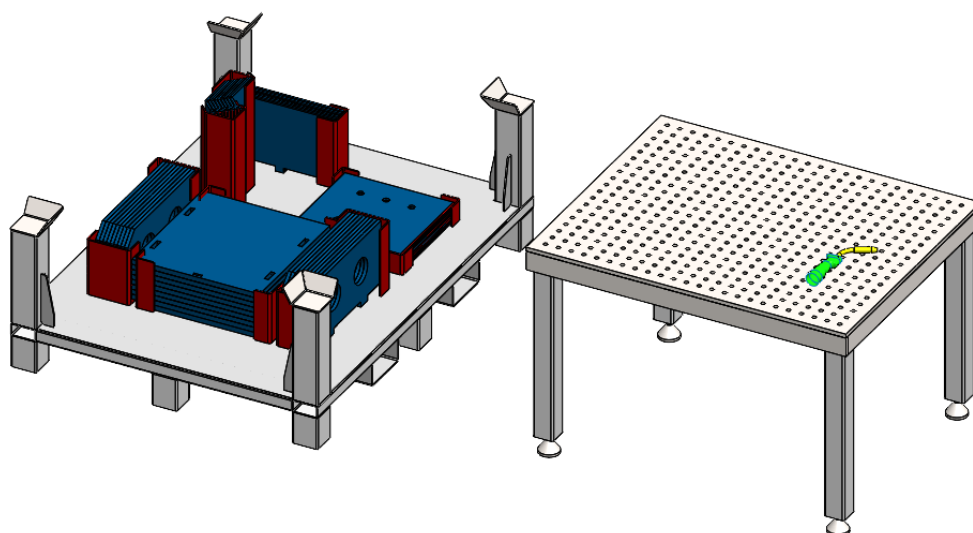
Rys. 4.15. Widok palety transportowej z ładunkiem (elementami składowymi) do spawania 10 skrzynek: 1 – paleta, 2 – ładunek, 3 – elementy blokujące ładunek, 4 – kieszeń do podnoszenia wózkiem widłowym, 5 – kielich umożliwiający bezpieczne składowanie [oprac. własne]

Warto zwrócić uwagę, że w dolnej części paleta została wyposażona w „kieszenie” (4) umożliwiające podniesienie jej za pomocą wózka widłowego. Natomiast w górnej części znajdują się „kielichy” (5), które zapewniają bezpieczne ich piętrzenie. Zastosowana konstrukcja „kielichów” uniemożliwia przesunięcie się jednej palety względem drugiej w czasie transportu.

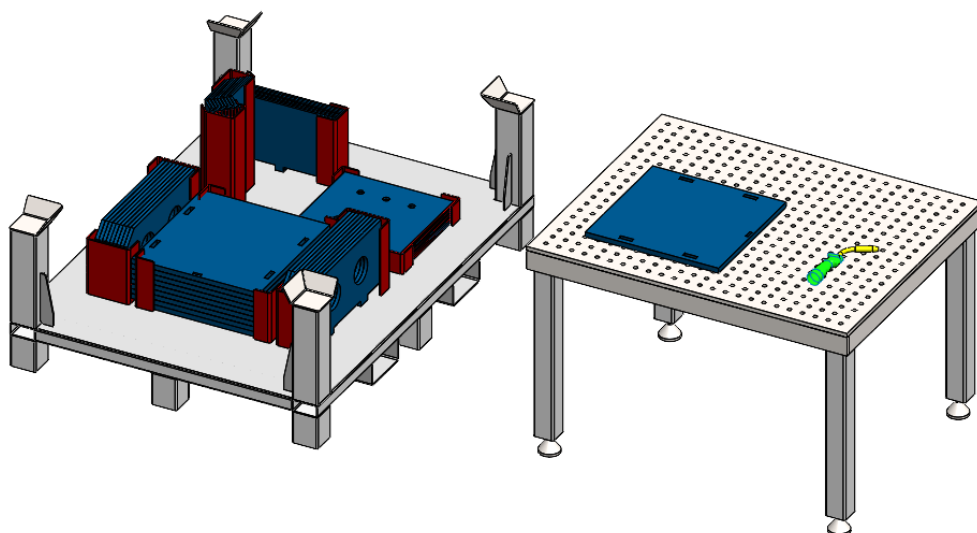
W zaprezentowanym przykładzie na uwagę zasługują również elementy blokujące transportowany ładunek. Mimo, że ich konstrukcja jest prosta, to wysokość również nie jest przypadkowa, gdyż określa liczbę elementów umieszczonych w ich wnętrzu, a wysokość oraz odpowiedni kształt ma za zadanie uniemożliwić odłożenie w to miejsce elementów o innej geometrii.

W przypadku projektowania palet, należy tak określić jej konstrukcję, aby obsługujący ją pracownik mógł pracować w jak najbardziej ergonomiczny sposób. Na

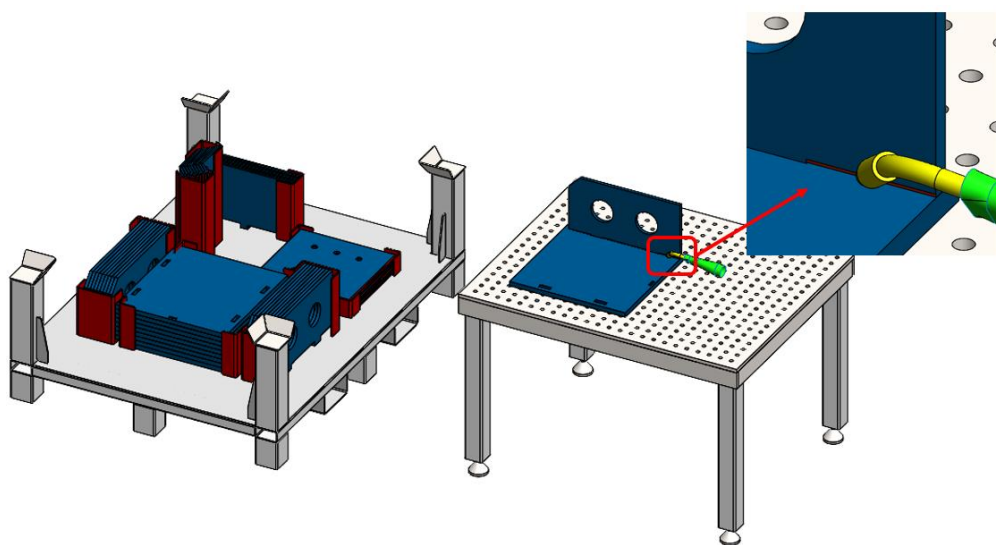
rysunkach 4.16-4.22, pokazano kolejne etapy spawania skrzynki na stole spawalniczym. Na rysunku 4.16 pokazano paletę z elementami składowymi niezbędnymi do utworzenia poprzez spawanie 10 kompletów skrzynek. W celu zwiększenia czytelności schematów, na rysunkach 4.17-4.22 pominięto przyrządy mocujące, za pomocą których detale są bazowane i dociskane do stołu spawalniczego. Rysunek 4.17 przedstawia etap bazowania płyty dolnej (poz. 1 na-rys. 4.13) na stole spawalniczym. Jej umieszczenie powinno znajdować się w takiej pozycji, aby spawacz podczas spawania kolejnych elementów unikał przyjmowania pozycji wymuszonych. Kolejny etap (rys. 4.18 i 4.19) składania polega na umieszczeniu boków: lewego (poz. 2 na rys. 4.13) oraz prawego (poz. 3 na-rys. 4.13) i wykonaniu spoin szczepnych wzdłuż wyznaczonych linii (zaznaczonych na rys. 4.17 i rys. 4.18 kolorem czerwonym).



Rys. 4.16. Widok palety transportowej z ładunkiem kompletu elementów do wykonania 10 skrzynek
[oprac. własne]

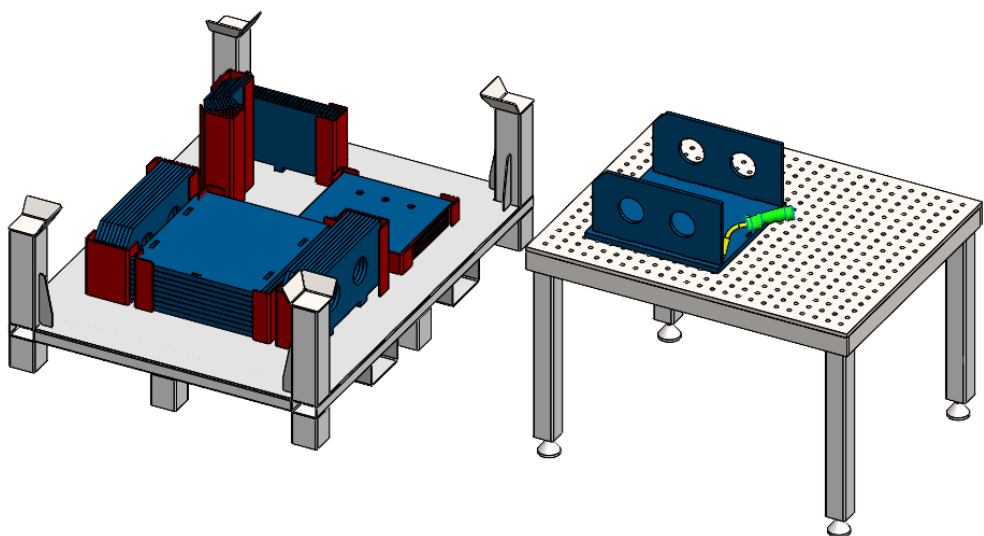


Rys. 4.17. Sposób ustawienia płyty do spawania kolejnych elementów wchodzących w skład skrzynki
[oprac. własne]



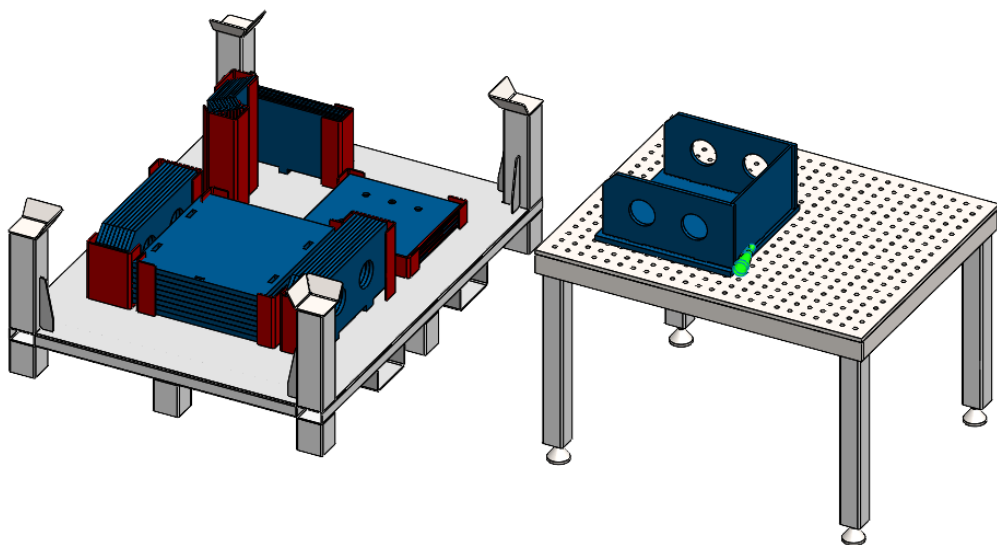
Rys. 4.18. Kolejny etap szepiania elementów skrzynki [oprac. własne]

Podczas planowania procesu spawania należy uwzględnić taką kolejność szepiania poszczególnych elementów składowych, aby przebieg montażu eliminował konieczność przyjmowania przez spawacza pozycji wymuszonych i umożliwił pracę w pozycji ergonomicznej.



Rys. 4.19. Kolejny etap szepiania elementów skrzynki c.d. [oprac. własne]

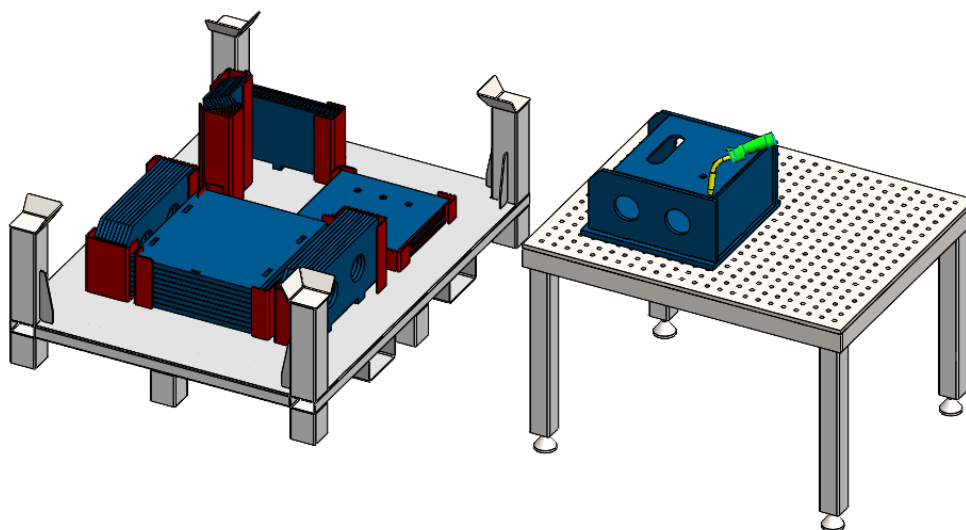
Dalszy etap będzie polegał na umieszczeniu tylnej ściany (poz. 4 na rys. 4.13) oraz wykonaniu kolejnych spoin szepnych – rysunek 4.20.



Rys. 4.20. Kolejność dokładania detali w kolejnych etapach spawania c.d.

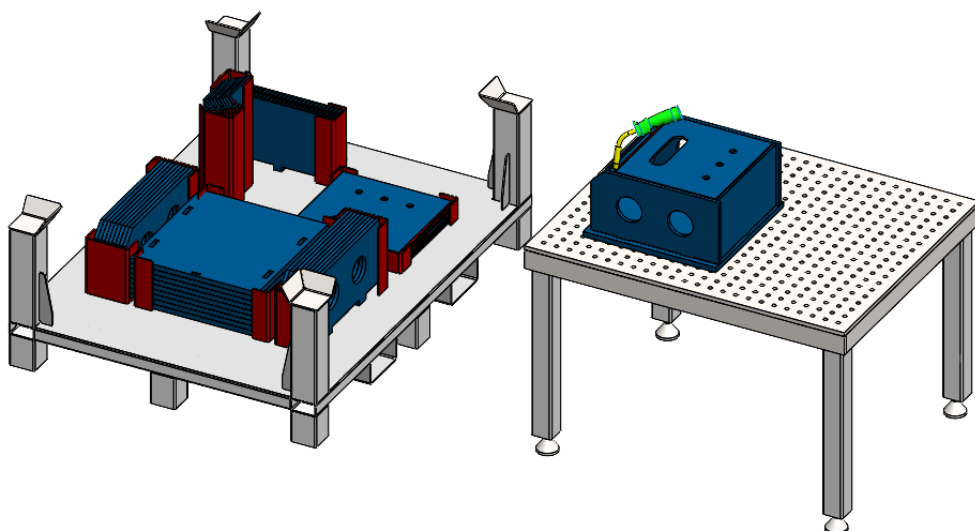
W tak przygotowanym detalu można wykonać główne spoiny, chyba że w przewodniku spawalniczym lub karcie technologicznej umieszczono zapis o innej

kolejności spawania. Po położeniu wszystkich spoin, w kolejnym etapie należy wspawać wieko (poz. 5 na rys. 4.13) oraz wykonać kolejne spoiny szczepne. Podczas spawania wieka, będą potrzebne pomoce w postaci elementów wyporowych, tak aby wieko nie zostało umieszczone zbyt nisko względem ścian bocznych.



Rys. 4.21. Kolejny etap szczepiania elementów skrzynki c.d. [oprac. własne]

Na końcu, w przedniej części skrzynki jest umieszczany ostatni element, czyli ściana czołowa (poz. 6 na rys. 4.13). Po procesie spawania, następuje zdjęcie wykonanego przedmiotu (skrzynki) ze stołu spawalniczego (odmocowanie) oraz przeniesienie wykonanego produktu poza strefę roboczą. Przedstawiony cykl montażowy jest następnie powtarzany, aż do wykonania całej zaplanowanej ilości skrzynek złożonych z opisanych wyżej elementów składowych, tj. do uzyskania pustej palety, na której dostarczono elementy składowe do wykonania 10 skrzynek.

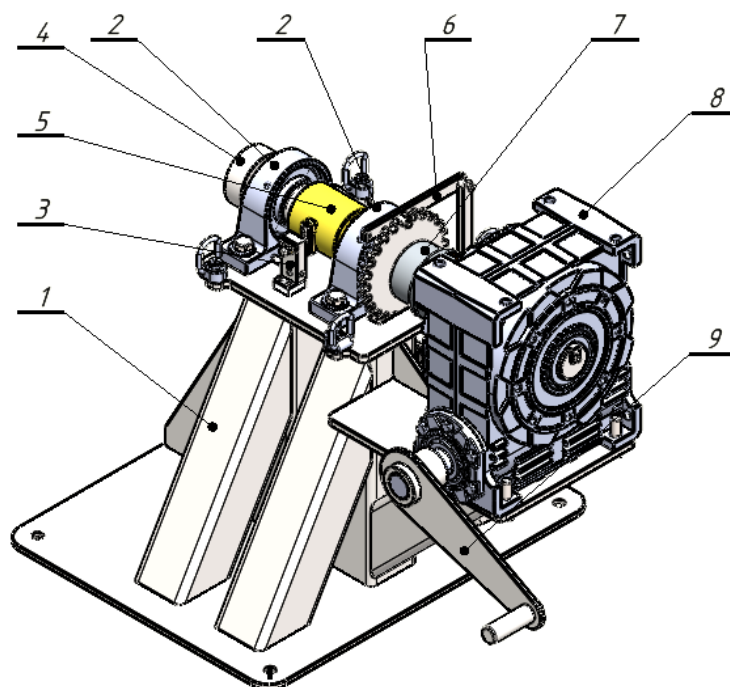


Rys. 4.22. Kolejny etap szepiania elementów skrzynki c.d. [oprac. własne]

Jeżeli po zakończeniu pracy, spawacz stwierdzi obecność niewykorzystanych detali, oznacza to, że na którymś etapie pominięto montaż określonego elementu i należy dokonać weryfikacji procesu produkcji przedmiotu pod względem kompletności elementów składowych wyrobu.

4.4. Masa obrotowa

Przy projektowaniu przyrządów spawalniczych, często konieczne jest zapewnienie możliwości swobodnego obracania spawanego zespołu przez operatora. Należy wówczas zaplanować mechanizm realizacji obrotu, systemu zabezpieczenia przed niekontrolowanym samoobrotem oraz sposób doprowadzenia drugiego bieguna prądowego, czyli tzw. masę. Na poniższym rysunku 4.23 pokazano przykład takiej konstrukcji, za pomocą której można zrealizować powyższe założenia.

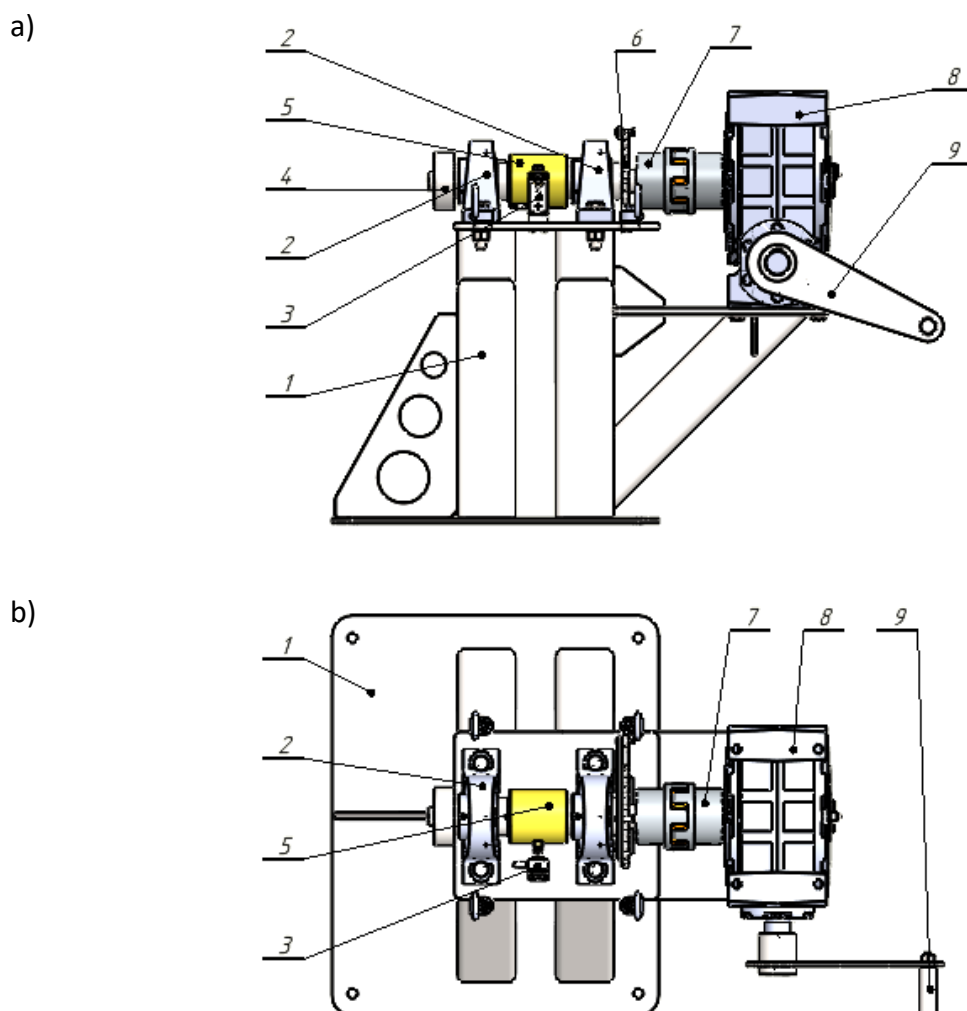


Rys. 4.23. Widok przestrzenny obrotownika spawalniczego z obrotową masą: 1 – konstrukcja nośna, 2 – łożyska, 3 – masa obrotowa, 4 – wał wyjściowy obrotownika, 5 – wał masy obrotowej, 6 – hamulec zapadkowy, 7 – sprzęgło kłowe, 8 – reduktor, 9 – dźwignia [oprac. własne]

Przedstawione na rysunku 4.23 rozwiązanie konstrukcyjne obrotownika spawalniczego z masą obrotową jest jednym z wielu rozwiązań, niemniej jednak zasada działania obrotownika jest taka sama. Realizacja obrotu elementu spawanego (nie pokazanego na rysunku 4.23) przebiega w następujący sposób:

- zwolnienie blokady wykonywane jest przez operatora, który trzyma jedną ręką dźwignię (9), a drugą unosi zapadkę z mechanizmu hamulca zapadkowego (6),
- zmiana pozycji wynika z przemieszczania dźwigni (9), a operator obraca spawany element o wymagany kąt,
- po ustawieniu elementu spawanego, zapadka (6) zostaje opuszczona na koło hamulca (6), zabezpieczając detale przed niekontrolowanym samoobrotem.

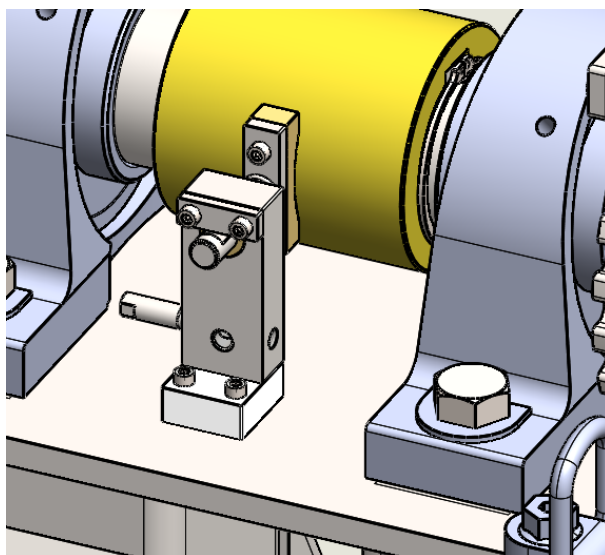
Na rysunku 4.24 pokazano widok z boku (a) oraz z góry (b) konstrukcji obrotnika.



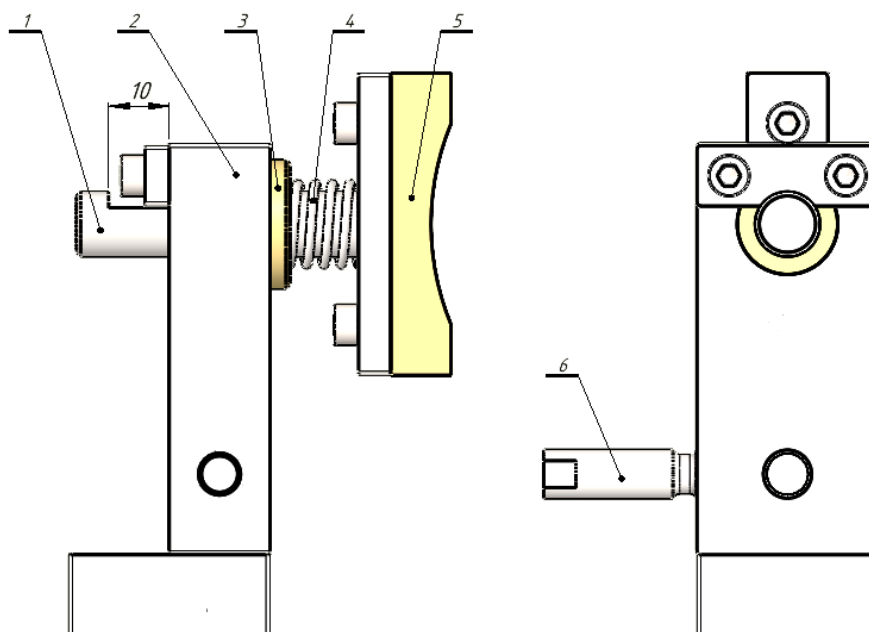
Rys. 4.24. Widok obrotnika spawalniczego: a) z boku, b) z góry. Elementy składowe zostały opisane na rysunku 4.23 [oprac. własne]

W rozpatrywanym przypadku, ważnym aspektem jest doprowadzenie tzw. masy do obracanego, spawanego elementu. Na rysunku 4.25 pokazano sposób umieszczenia masy obrotowej względem obrotnika. Widać na nim, że powierzchnia

stykowa wkładki masowej została wyprofilowana zgodnie z geometrią wału obrotowego. Na rysunku 4.26 pokazano konstrukcję masy obrotowej, w której uwzględniono sprężynę dociskową (4), za pomocą której uzyskano kompensację zużywania się współpracujących, mosiężnych elementów masy (5). Warto również zauważyć, że we wspomnianej konstrukcji przewidziano wartość zużycia wkładki masowej (5), poprzez zastosowanie wycięcia we wsporniku (1). W takim przypadku, jeżeli wkładka masowa zużyje się na skutek tarcia o wał, sprężyna (4) rozpierając się doprowadzi do skasowania luzu (10 mm), co będzie świadczyło o konieczności wymiany wkładki.



Rys. 4.25. Sposób ustawienia masy obrotowej względem wału [oprac. własne]



Rys. 4.26 Widok konstrukcji masy obrotowej: 1 – wspornik, 2 – korpus, 3 – wkładka ślizgowa, 4 – sprężyna ściskająca, 5 – wkładka, 6 – sworzeń masy

W przedstawionej koncepcji masy obrotowej (rys. 4.26), należy zauważyć, że wkładka ślizgowa (3) oraz wkładka masowa (5) są zaprojektowane z mosiądzu dla lepszej przewodności współpracujących (ruchomych) elementów, natomiast pozostałe elementy składowe tej masy są stalowe.

Z uwagi na to, że niniejszy podrozdział został poświęcony masie obrotowej, konstrukcja hamulca zębatkowego oraz konstrukcja nośna (1) nie zostały szerzej omówione.

5. Podsumowanie

Przygotowany podręcznik pt.: „**Przyrządy spawalnicze – wybrane przykłady i zastosowania**” jest zbiorem rozwiązań mających zastosowanie w przemyśle, w których w procesie produkcyjnym wykorzystywane są technologie spawania. Podręcznik ma na celu ułatwienie studentom przyswojenia specjalistycznej wiedzy z zakresu projektowania przyrządów spawalniczych, przyrządów logistycznych oraz aspektów na jakie należy zwrócić uwagę podczas ich planowania. Omówione przykłady rozwiązań należy traktować jako jedną z możliwości rozwiązania przedstawionego problemu. Uświadomienie i nauczanie studentów tego co im będzie potrzebne i niezbędne w studiowaniu podstawowych przedmiotów technicznych, oraz w praktyce inżyniera to jeden z głównych celów autorów. Autorzy zwracają się również do wszystkich osób, które będą korzystały z podręcznika z propozycją, aby swoje uwagi, spostrzeżenia i wnioski kierowali do autorów.

Literatura

1. Ferenc K. i inni. Technika spawalnicza w praktyce, Poradnik inżyniera, konstruktora i technologa. Wydawnictwo Verlag Dashofer, Warszawa 2008.
2. Materiały internetowe: <https://allweld.pl/uchwyt-tig-zaworek-17v-4m#galleryName=productGallery,imageNumber=1>. Stan na dzień 12.09.2025
3. Materiały internetowe: https://optimakers.pl/co-to-jest-metoda-poka-yoke-i-jak-ja-wykorzystac-w-produkcji/?utm_term=&utm_campaign=%5BDSA%5D+CPC+Wszystkie+strony+_tp&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=8794430848&hsa_cam=16807709740&hsa_grp=135314162396&hsa_ad=684426541097&hsa_src=g&hsa_tgt=dsa-19959388920&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw7dm-BhCoARIsALFk4v-OZnBgkNhOEreIQ_jrJasCINqFNjkGwPrXg3arslZngYJ5MMgQVNoaAorMEALw_wcB. Stan na dzień 16.03.2025
4. Materiały internetowe: https://sklep.rywal.com.pl/reczna-spawarka-laserowa-most-xtw-1500-1500w-mala-bez-stabilizatora,3,220008,166401?srsId=AfmBOoqmHx7SOwuTQi9zv_MeaqVyf5X5ikcY5eWUuOn-KkYJoIMSp_IY. Stan na dzień 12.09.2025
5. Materiały internetowe: <https://www.stahlwerk-schweissgeraete.de/uchwyt-elektrody-arc-mma-25mm-8m?srsId=AfmBOoFU44ux6DXvo7ujUQ3h2W9HLOEI8Diu2ut48UOWVZ7y2REiB6h>. Stan na dzień 12.09.2025
6. Materiały internetowe: <https://zwids.put.poznan.pl/wp-content/uploads/spis1.pdf>. Stan na dzień 12.09.2025
7. Technika spawalnicza w praktyce. Poradnik inżyniera, konstruktora i technologa. Verlag Dashofer Sp. z o.o. 2021
8. Klimpel A.: Nowoczesne lasery i technologie laserowe w inżynierii spawalnictwa. Politechnika Śląska 2023.
9. Materiały internetowe: <https://allweld.pl/uchwyt-mb-15-4m>. Stan na dzień 12.09.2025