

## **1. Regeneracja sprzętu uprawowego.**

*Regeneracja części* – jest to działanie polegające na przywróceniu właściwości użytkowych częściom zużyтым lub uszkodzonym. Może ona mieć charakter obróbki kompleksowej, w wyniku której przywraca się częściom wymagany kształt, wymiary, parametry i właściwości niezbędne do dalszej pracy. Stosuje się ją zwłaszcza wtedy gdy, nie ma nowej, zastępczej części oraz wtedy gdy odpad jest uciążliwy dla środowiska. Często, zwłaszcza w bardziej skomplikowanych urządzeniach, wymienia się tylko jedną lub kilka części urządzenia, maszyny. To dzięki regeneracji możemy uratować wiele drogich podzespołów zniszczonych podczas eksploatacji, unikając w ten sposób dużych wydatków. Koszt regeneracji z reguły nie powinien przekroczyć wartości nowej części, niejednokrotnie część regenerowana jest trwalsza od oryginalnej, nierzadko nawet kilkanaście razy [10].

### **1.1. Metody regeneracji.**

#### **1.1.1. Regeneracja części spawaniem i napawaniem.**

*Regeneracja przez spawanie* polega na nagrzewaniu elementu w miejscu jego uszkodzenia do temperatury topnienia a następnie na nanoszeniu topionego materiału dodatkowego, najczęściej jest to w postaci drutu, proszku lub specjalnej elektrody, może również polegać na wypełnieniu ubytku, bądź likwidacji powstałej w materiale nieciągłości np. pęknięcia, bądź połączenia wymienionego fragmentu z elementem regenerowanym. Spawanie najczęściej dotyczy ram, osłon, wsporników, belek itp.

*Regeneracyjne napawanie* różni się od spawania tym, że przeprowadzane jest w celu zwiększania wymiarów lub najczęściej przywrócenia pierwotnych kształtów i wymiarów nominalnych części przez nałożenie warstwy materiału dodatkowego na zużytą powierzchnię.

Do wad spawania należy występowanie naprężeń w materiale i odkształcenia części oraz konieczność stosowania dodatkowych środków ostrożności zapobiegających pękaniu ścianek elementów żeliwnych spawanych na zimno.

Odpowiedni dobór materiału pozwala uzyskać wysoką twardość warstwy wierzchniej, co jest niewątpliwie zaletą spawania.



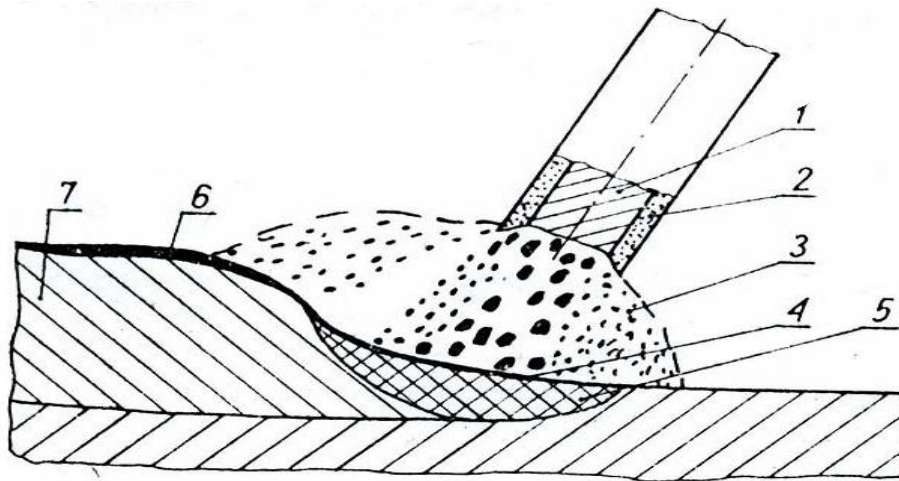
Rys. 56. Spawanie elektrodą otuloną [26].

Regeneracja części przez napawanie wydłuża żywotność elementów roboczych maszyn pracujących w glebie. Nakładanie powłoki powinno być skoncentrowane w miejscu największego zużycia. O powodzeniu naprawy decyduje również sposób przeprowadzenia naprawy. Składa się na to przygotowanie materiałów i dobór natężenia prądu spawania, również liczy się doświadczenie i zręczność osoby, która dokonuje regeneracji. Jeśli podczas napawania przegrzeje się materiał rodzimy napawanego elementu, to można uzyskać zupełnie efekt odwrotny od zamierzonego. Miarą trwałości zregenerowanych powierzchni jest jej twardość, którą pośrednio można określić ścierając napawaną warstwę szlifierką kątową lub ściernicą do szlifowania zgrubnego (im twardszy materiał tym trudniej się ściera). Elektrody z

twardego stopu, podobnie jak elektrody zwykłe, składają się drutu i otuliny. Stopy twarde – najczęściej węgliki wolframu – tworzą się dopiero podczas spawania w temperaturze 3000°C w tzw. łuku elektrycznym i te elektrody mogą być dlatego stosowane do ściegu wahadłowego przy wyższym natężeniu prądu. Powłoki, które powstały w wyniku napawania stopami twardymi są odporne na uderzenia, np. zregenerowane noże glebogryzarki można zastosować na glebach zakamienionych.

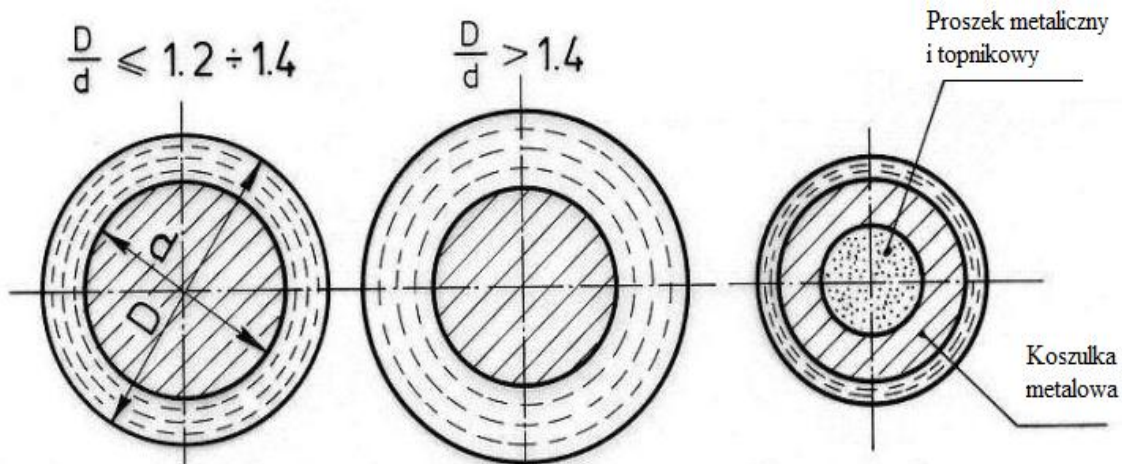
Elektrody z twardego stopu mają postać rurek wypełnionych mikrodrobinami węglików wolframu i węglików chromu. W elektrodach tych spala się osłona a materiał wypełniający wysypuje się na miejsce spawania i na wierzchniej warstwie tworzy tzw. osnowę stopu, wiążąca węgliki. Takie elektrody nadają się przede wszystkim do napawania tych części w których występuje największe zużycie cierne np. lemieszy kultywatorów lub pługów.

W przypadku napawania nowych zębów kultywatora, brony itp., należy je dokładnie oczyścić z farby. Do tego zabiegu możemy użyć szlifierki ręcznej z kątową przystawką, ściernicy tarczowej do szlifowania zgrubnego lub szlifierki profesjonalnej. Miejsca na zębach które są najbardziej narażone na ścieranie, powinny być kilkakrotnie napawane równoległymi ściegami, aby materiał rodzimy zęba nie uległ nadmiernemu nagrzanu. Należy pierwszym ściegiem napawać kolejno ułożone obok siebie zęby. Drugi ścieg nałożyć rozpoczynając od pierwszego zęba, który już wystarczająco się schłodził. Napawanie powinno być wykonane na dolnej części zęba , w której to występuje największe zużycie cierne, np. w przypadku zębów brony wirnikowej. Kolejną częścią jest napawanie trzonka zęba. W przypadku brony wirnikowej najważniejsze jest napawanie dolnej części zęba; aby nie przegrzać materiału szerokość napawania nie powinna być większa niż 4-5cm.[4].



Rys. 57. Napawanie łukowe elektrodą otuloną; 1 – rdzeń metalowy, 2 – otulina, 3 – osłona gazowa, 4 – ciekły żużel, 5 – jeziorko napoiny, 6 – zakrzepnięty żużel, 7 - napoina [1].

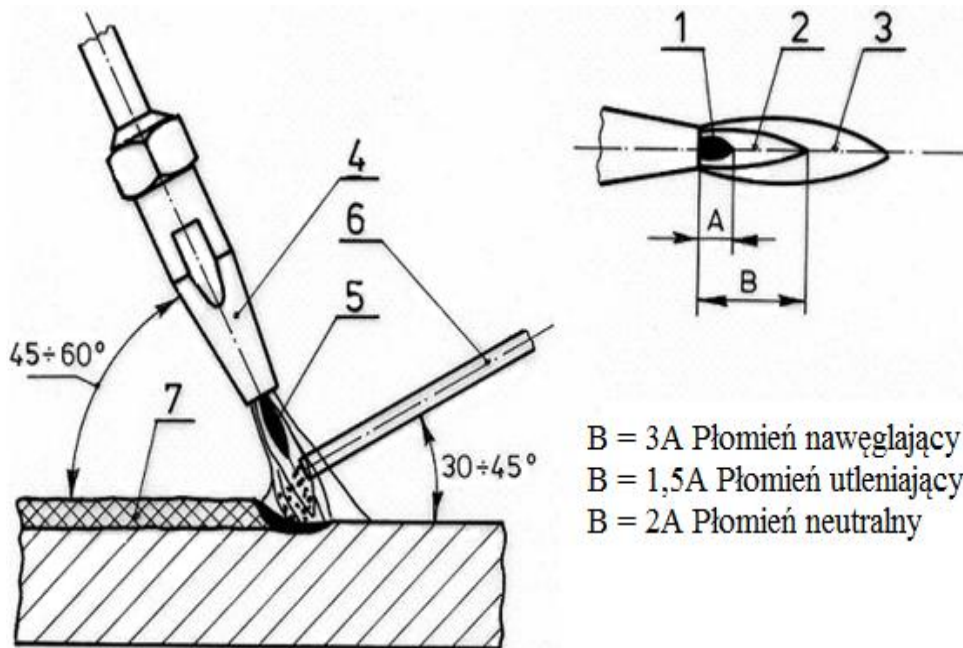
Elektrody do napawania łukowego ilustruje rys. 58.



Rys. 58. Rodzaje elektrod otulonych do napawania łukowego: średnio i grubootulinowa z rdzeniem metalicznym oraz z rdzeniem proszkowym [1].

Regenerację należy zacząć od cieńszej strony obrabianego elementu i kierować się w kierunku pełnego profilu. Na końcu napawa się krawędzie tnące po obu stronach. Aby zachować tnące działanie narzędzia i nie przekroczyć dopuszczalnej grubości krawędzi tnących, należy użyć elektrod zawierających węgiel wolframu i chromu, które pozwalają na

stosunkowo szerokie rozproszanie powłok. Umożliwiają one powstanie dość płaskiego ściegu (ok. 2 mm grubości), przy czym zachodzi również niewielkie jego wtapianie się w materiał rodzimy. Natomiast redliczki kultywatorów należy napawać od spodu, ponieważ ześlizgująca się gleba powoduje jej oczyszczanie. Środkową część lemiesza skrzydełkowego napawa się na płasko. W pierwszym sposobie można ułożyć równolegle ścieg przy ściegu lub układać naokoło lemiesza zbliżając do siebie spoiny. Jeżeli podczas napawania materiał nagrzej się do temperatury czerwonego żaru, to później można go jeszcze utwardzić. W takim przypadku podgrzewa się palnikiem lemiesz do temperatury  $930^{\circ}\text{C}$ , a następnie go schładza w czasie 7 sekund. Większe lemiesz należy schładza w czasie 9 – 11s [4].



Rys. 59. Schemat napawania gazowego i regulacji płomienia; 1 – jąderko płomienia, 2 – strefa redukcyjna, 3 – strefa utleniająca, 4 - palnik gazowy, 5 - płomień gazowy, 6 - pręt, 7 – napoina [1].

Uzupełnianie ubytków powinno się odbyć w możliwie najkrótszym czasie od jego stwierdzenia, na przykład wytarcie tylnej części zęba. Nie ma potrzeby wymontowywania zębów w przypadku brony wirnikowej; wystarczy usytuować ją tak aby mieć dojszcie z

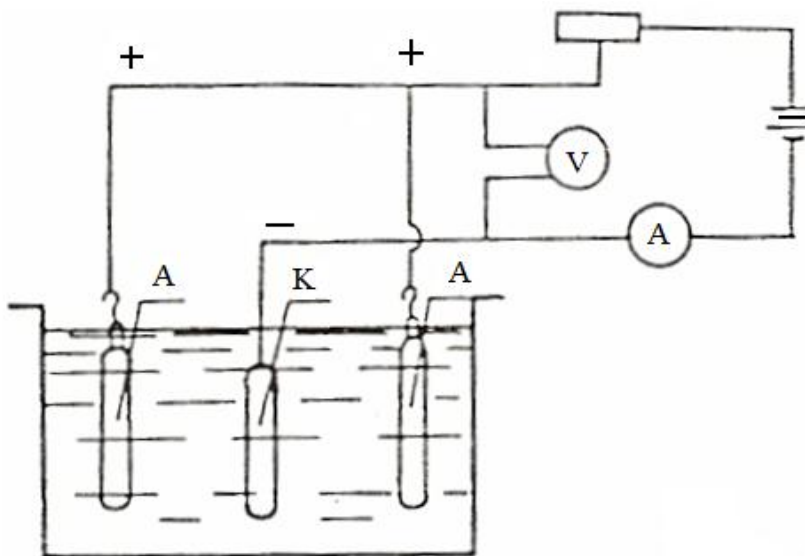
elektrodą do regenerowanych zębów. Na początek należy staranie usunąć zanieczyszczenia za pomocą szczotki drucianej lub szlifierki kątowej. Jeżeli nie odzepiamy maszyny od ciągnika to przed rozpoczęciem spawania należy obowiązkowo odłączyć akumulatory, w przeciwnym razie może dojść do uszkodzenia urządzeń elektrotechnicznych, np. alternatora. Zacisk masowy spawarki należy umieścić na aktualnie napawanym zębie. W przeciwnym razie może dojść do uszkodzenia elementów maszyny w wyniku przepływu prądu. Po wystygnięciu napawanej powierzchni mogą pojawić mikropęknięcia na ściegach. Według opinii producentów materiałów spawalniczych jest to zaleta, ponieważ mikropęknięcia poprawiają elastyczność powłoki. Do tego typu regeneracji jest szeroka oferta drutów o różnej grubości. Najcieńszy drut ma średnicę 1,6 mm, a standardowy 2,4 mm. Do wyboru są również szpule o masie 7,5 lub 15 kg. Druty typu SG nadają się dobrze do napawania w osłonie gazu a drut określany jako „open arc” oznacza, że można go stosować przy otwartym łuku spawalniczym. Podobne druty są stosowane również do spawania stali konstrukcyjnej, co umożliwia zmniejszenie zużycia gazu ochronnego i wykonanie spawania pod gołym niebem (nawet podczas wiatru). Drut „open arc” nie zawsze może być stosowany we wszystkich spawarkach, ponieważ konieczne jest dopasowanie dyszy strumienia (gazu) do większej średnicy, bo drut rdzeniowy nie posiada idealnie okrągłych wymiarów. Dlatego ten sposób regeneracji należy stosować w większych warsztatach lub firmach [4].

### **1.1.2. Regeneracja części powlekaniami galwanicznymi.**

Udział tej metody w regeneracji części maszyn rolniczych wynosi 15- 20 % [1]. Stosuje się ją najczęściej do regeneracji części o małych gabarytach i produkowanych masowo, gdzie ubytki materiału podczas zużywania się części są bardzo małe. W tym procesie wykorzystuje się prawo elektrolizy, czyli przepływu prądu stałego przez elektrolit.

W wannie wypełnionej elektrolitem, składającej się z trójtlenku chromu (  $\text{CrO}_3$  ) i kwasu siarkowego (  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ), zawieszają się części, które mają zostać pokryte chromem (katoda-), oraz

płytkę ołowiu (anoda +). Anodę i katodę łączy się przewodami ze źródłem prądu stałego. Podczas przepływu prądu przez elektrolit aniony (jon naładowane ujemnie) poruszają się ku anodzie, natomiast kationy (jony naładowane dodatnio) –w kierunku katody. Na katodzie (część regenerowana) osadzają się jony chromu zawartego w elektrodzie. Płytką ołowiana (anoda) nie ulega rozpuszczeniu.



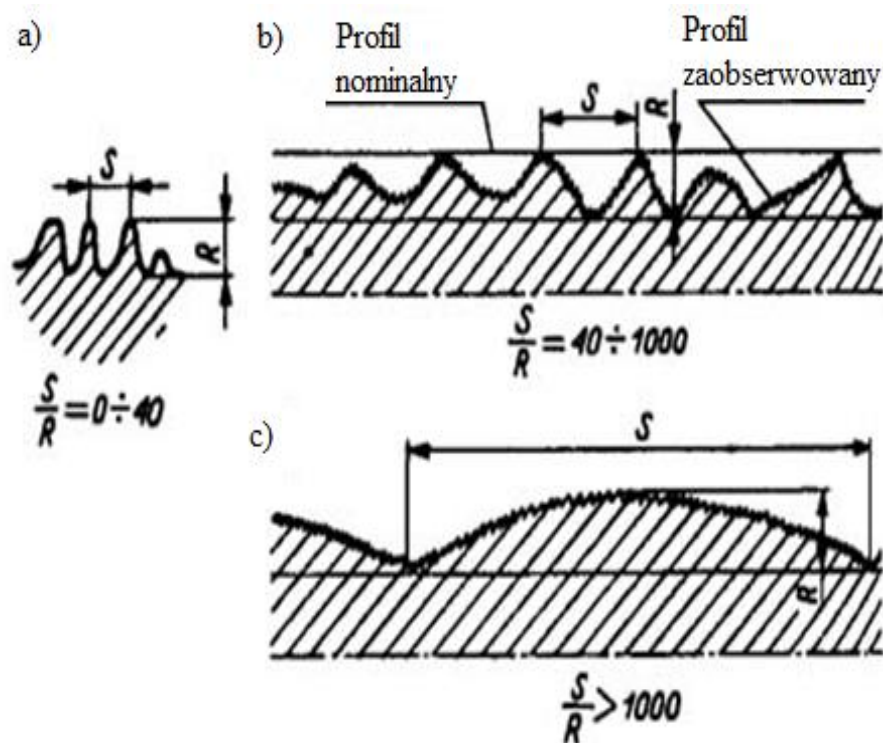
Rys. 60. Schemat elektrolizera do nakładania powłok galwanicznych; A (anoda) metal powłokowy, K (katoda) – pokrywany przedmiot [1].

Spełnienie podstawowych zasad prawidłowego nakładania powłok galwanicznych wymaga zachowania kolejności określonych czynności. Trwałość i estetyka powłok będzie zapewniona, jeżeli zostaną nią pokryte gładkie i fizycznie czyste powierzchnie.

Przed pokryciem powierzchni materiału, należy ją odpowiednio przygotować. Przeznaczone do polerowania powierzchnie powinny być najpierw wyczyszczone. Rodzaj czyszczenia zależy od rodzaju zabrudzenia. Najczęściej stosuje się czyszczenie mechaniczne (ścieranie), metodą fizyczną (np. rozpuszczanie), metodą chemiczną (np. obróbka w solach stopionych), metodą elektrochemiczną (m.in. za pomocą prądu elektrycznego) lub metodą

fizykochemiczną (np. za pomocą ultradźwięków). Następnie powierzchnia powinna być wygładzona szlifowaniem tak, aby nierówności nie były zbyt duże.

Różne rodzaje nierówności przedstawia rysunek 61.



Rys. 61. Rodzaje nierówności występujących na powierzchni przedmiotu: a) chropowatość, b) falistość, c) błąd kształtu [14].

*Polerowania* zwykle powoduje stopniowe zmniejszanie śladów poprzedniej obróbki aż do uzyskania jednorodnej struktury geometrycznej. Przejście do drugiego etapu polerowania wiąże się ze zmianą zarówno tarczy jak i pasty. W tym wypadku wymagane są coraz bardziej miękkie narzędzia. Następnym etapem jest *wybłyszczanie* powłok galwanicznych, które polega na plastycznym wygładzaniu powłoki. Wybłyszczanie przyczynia się do wzrostu szczelności powłoki. Powłoki galwaniczne należy polerować tarczami z miękkich materiałów o luźnej strukturze, stosując równomierny nacisk jednostkowy i korzystając z jednej pasty polerskiej (lustranej). Zupełnie inaczej jest w



przypadku polerowania dogniataniem, które polega na wywieraniu dużego nacisku na powierzchnię obrabianego przedmiotu. W ten sposób powierzchnia jest wygładzana, a mikronierówności plastycznie są zgniatane i rozwalcowane.

Zakończoną pracę polerską należy ocenić, np. wizualnie. W tym celu należy trzymać badany przedmiot w odległości 400 mm od nieuzbrojonego oka i zmieniać stopniowo jego położenie względem źródła światła. Padająca na powierzchnię wiązka światła umożliwia dostrzeżenie uszkodzeń powierzchniowych. Wyniki obserwacji należy na koniec porównać do zatwierdzonych wzorców.

Do zalet pokrywania galwanicznego zaliczamy:

- uzyskiwanie jednakowej grubości powłoki na całym materiale,
- dużą twardość powłok chromowych,
- wysoką odporność na zużycie,
- możliwość regeneracji elementów utwardzonych bez potrzeby przeprowadzania jakichkolwiek zabiegów dodatkowych,
- dobrą przyczepność w przypadku stosowania chromowania,
- nienaruszenie kształtu i właściwości strukturalnych przy chromowaniu,
- zależność grubości nakładanej warstwy od gęstości prądu.

Wady pokrycia galwanicznego:

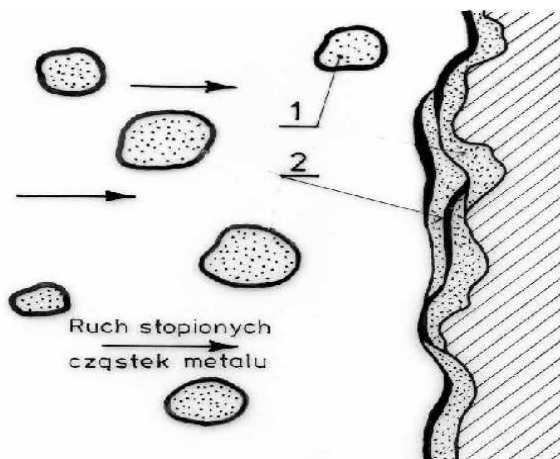
- duża toksyczność kąpiele,
- posiadanie odpowiedniej wielkości elektrolizera,
- wydzielanie się wodoru, który dyfundując w głąb materiału powoduje jego kruchość, a także powoduje tworzenie się pęcherzyków, które wywołują zjawisko pittingu,

- duże naprężenia własne rozciągające, powodujące znaczny spadek wytrzymałości zmęczeniowej.

Powłoki galwaniczne, np. cynkowe są prawie we wszystkich przypadkach lepsze od farb. Naprawiać można jedynie poszczególne miejsca, których powierzchnia nie przekracza  $10 \text{ cm}^2$ , suma powierzchni naprawianych jednego detalu nie może przekraczać 0,5% całej jego powierzchni. Powłoki galwaniczne nakłada się na elementy łączące (śruby oraz nity).

### 1.1.3. Regeneracja części metalizacją natryskową.

Elementy metalowe używane do wytwarzania konstrukcji stalowych, budowy maszyn i urządzeń eksploatowanych w środowiskach korozyjnych, w których niszczenie następuje na drodze korozji elektrochemicznej. Do podstawowych metod zabezpieczania powierzchni stalowych przed korozją jest nanoszenie powłok ochronnych, z pośród których na szczególną uwagę zasługuje metalizacja natryskowa regenerowanych części. Najbardziej rozpowszechnioną powłoką metalową stosowaną dla elementów stalowych jest powłoka cynkowa.



Rys. 62. Schemat tworzenia się powłoki natryskanej; 1 - lot cząstki w kierunku natryskiwanej powierzchni, 2 - rozplaszczona cząstka metalu i warstewek tlenkowych tworzące natryskaną powłokę [25].

Powłoka ta, będąc elektroujemną w stosunku do wyrobów stalowych spełnia dwie role, mianowicie oddziela chronione podłoże od środowiska korozyjnego a także umożliwia protektorowanie (ochronę elektrochemiczną) podłoża w przypadku wystąpienia nieciągłości powłoki (np. na skutek mechanicznego uszkodzenia). Wytwarzanie powłok cynkowych metodą metalizacji natryskowej polega na stapianiu materiału powłokotwórczego w strumieniu gorącego gazu (np. pistolety płomieniowe,) lub w łuku elektrycznym (pistolety łukowe) i unoszeniu stopionych cząstek przez strumień gazu w kierunku pokrywanej powierzchni.



Rys. 63. Pistolet do metalizacji natryskowej Z – JET [25].

Grubość powłoki metalizacji uzależniona jest od parametrów technologicznych procesu, tzn. mocy cieplnej, wydatku masowego pistoletu oraz ilości przejść. Grubość ta zawiera się w granicach od 90 do 300 mikrometrów, co daje wydatek masowy od 600 do 1800 g/m<sup>2</sup>. Metalizowane powłoki stanowią strukturę zbitą - masę spłaszczonych cząstek. Grubość (wielkość) natryskanych cząstek, stopień utlenienia metalu i odkształcenie cząstek zależy od parametrów procesu, np. w przypadku pistoletów płomieniowych od ciśnienia tlenu, acetylenu i powietrza, które z kolei zależy od odległości i kąta natryskiwania [25].

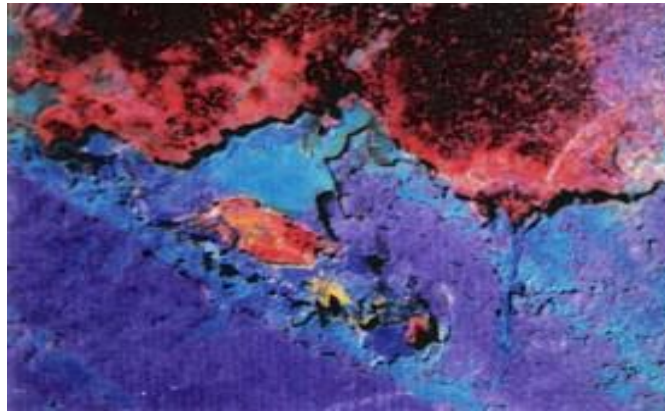
Metalizacja natryskowa jest szczególnie przydatna do części maszyn narażonych na agresywne środowisko pracy. Do nich należą opryskiwacze, maszyny do nawożenia organicznego i mineralnego itp.



Rys. 64. Urządzenie do metalizacji natryskowej [25].

W celu wydłużenia okresu ochrony stosuje się dodatkowo powłoki malarskie. Okres ochronny takiego zabezpieczenia części jest ok. czterokrotnie dłuższy od okresu ochrony tylko w postaci powłoki malarskiej. Metodę tę nazywa się powszechnie "duplex" a pozwala ona radykalnie zwiększyć odporność korozyjną powłok metalicznych w tym cynkowych. Dodatkowa powłoka malarska odcina powłokę metalową od środowiska korozyjnego. Podwójne zabezpieczenie wiąże się z dodatkowymi kosztami wykonania powłok, jednak koszty te rekompensowane są dłuższą ich żywotnością i dłuższymi okresami bez odnawiania powłok, gdyż powłoki malarskie są adhezyjnie związane z podłożem. Technologia metalizacji

natryskowej daje również możliwość regeneracji zużytych części różnych urządzeń, jak również naprawy braków produkcyjnych, przywracając im własności użytkowe.



Rys. 65. Obraz zmian korozyjnych powierzchni stalowej [25].

Do głównych zalet metalizacji natryskowej należą:

- dobra odporność na korozję warstwy natryskiwanej,
- małe wymagania co do podłoża,
- możliwość natryskiwania przedmiotów o dowolnym kształcie i wymiarach,
- możliwość stosunkowo szybkiego natryskiwania,
- możliwość nakładania powłok o wymaganej grubości,
- możliwość nakładania materiałów o wymaganych właściwościach ochronnych.

Wady regeneracji metodą metalizacji natryskowej;

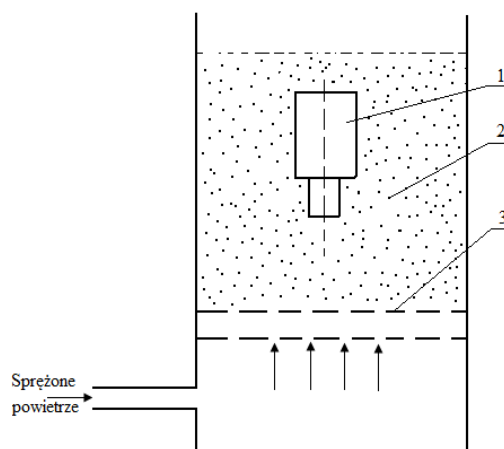
- skomplikowany proces przygotowania powierzchni,
- problem uzyskania dobrej przyczepności,
- występowanie naprężeń w warstwie materiału natryskiwanego,
- niska wytrzymałość na rozciąganie materiałów natryskiwanych.

Technologia *metalizacji natryskowej* daje możliwości regeneracji zużytych części różnych maszyn i urządzeń. Metoda ta daje zabezpieczenie antykorozyjne, takim elementom jak tłoki, czopy wałów, regeneracja powierzchni przez natryskiwanie cieplne powłok przetapialnych.

#### 1.1.4. Regeneracja części tworzywami sztucznymi.

Regeneracja części maszyn i urządzeń tą metodą polega na pokrywaniu powierzchni zużytych elementów tworzywem sztucznym, co odbywa się w procesie fluidyzacji lub napyłania proszków.

*Fluidyzacja* jest procesem, który polega na utworzeniu zawiesiny drobno zmielonego ciała stałego w strumieniu gazu. W wannie fluidyzacyjnej z porowatym dnem umieszcza się ładunek, np. proszek poliamidowy. Do komory, przez zawór redukcyjny doprowadzany jest sprężony gaz, który przedostaje się przez pory w dnie wanny i powoduje ekspansję ładunku. Ziarna ładunku trafiają na przedmiot ogrzany do temperatury wyższej niż temperatura topnienia ładunku, topią się i tworzą na powierzchni przedmiotu powłokę fluidyzacyjną. Natomiast, napyłanie proszków może odbywać się w dwojaki sposób: albo przez natrysk płomieniowy roztopionego proszku albo rozpylanie zimnego proszku na rozgrzany element.



Rys. 66. Nakładanie powłok metodą fluidyzacji: 1 – regenerowana część, 2 – fluidyzowany proszek, 3 – porowata przegroda [1].

Fluidyzator jest to aparat do prowadzenia fluidyzacji. Składa się z naczynia z podwójnym dnem: stałym i porowatym, przez które jest tłoczony gaz. Naczynie napełnia się drobnymi cząstkami (proszkiem) ciała stałego poddawanego obróbce lub będącego materiałem w procesie technologicznym. Przepływ gazu regulowany jest za pomocą zaworu redukcyjnego. Przy ciśnieniu gazu przewyższającym parcie warstwy proszku następuje "upłynnienie" proszku - powstaje tzw. złożo fluidalne.

Do zalet regeneracji części tworzywami sztucznymi należy:

- możliwość regenerowania części o dużym stopniu zużycia,
- możliwość uzyskiwania wymaganych odporności na zużycie części,
- regeneracja pękniętych ścianek.

Natomiast wadą tej metody regeneracji jest skomplikowana technologia w przypadku stosowania dodatkowych elementów i zastępowania fragmentu zużytego nowym.

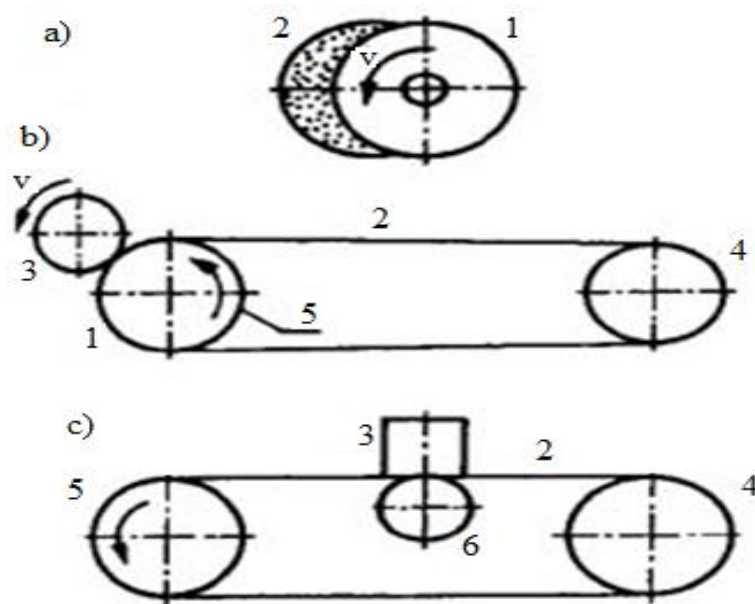
Właściwości *tworzyw sztucznych* umożliwiają wykorzystywanie ich do regeneracji części maszyn wykonanych z metalu. Za ich pomocą można przywrócić wymiary rzeczywiste takim częściom maszyn, jak: czopy, otwory pod łożyska, powierzchnie robocze tłoków hydraulicznych itp. Tworzyw sztucznych można również użyć do ochrony powierzchni części przed korozją.

#### **1.1.5. Regeneracja części obróbką mechaniczną.**

Metoda obróbki mechanicznej cieszy się, wśród galwanotechników, dużą popularnością, zmianie ulegają tylko techniki. *Szlifowanie* to obróbka wykończeniowa powierzchni za pomocą narzędzi ściernych w wyniku której uzyskujemy duże dokładności wymiarowe i kształtowe oraz małą chropowatość. Szlifowanie jest wykonywane na otworach, oraz na wałkach i płaszczyznach elementów. Tradycyjne szlifowanie taśmowe i polerowanie

ściernie zastępuje obróbka hydrościerna i obróbka luźnymi kształtkami w pojemnikach. Nowe metody nie są tak pracochłonne i pozwalają na prowadzenie masowej produkcji, co wpływa na koszt wyrobu. Wśród metod mechanicznej obróbki powierzchni należy wymienić *szlifowanie taśmowe AST*. Polega ono na wykorzystaniu taśmy z naklejoną powierzchnią ścierniwa o większej twardości niż obrabiany materiał. W zależności od sposobu nawinięcia taśmy wyróżniamy szlifowanie (rys. 67):

- tarczowe,
- tarczowo-pasowe,
- pasowe.



Rys. 67. Schematy szlifowania taśmami ściernymi: a) tarczowe, b) tarczowo-pasowe, c) pasowe, 1 – tarcza robocza, 2 - taśma ścierna, 3 - przedmiot obrabiany, 4 - koło luzne, 5 - koło napędowe, 6 - podpora [1].

Najważniejsze zadanie wykonuje taśma, do której jest dociskany przedmiot. Ostrza ścierniwa wykrawają odpowiednie wiórki. Ogromne znaczenie ma więc budowa ścierniwa. Jego powierzchnia pokryta jest ziarnami o różnym kształcie. Szlifowanie taśmowe wymaga



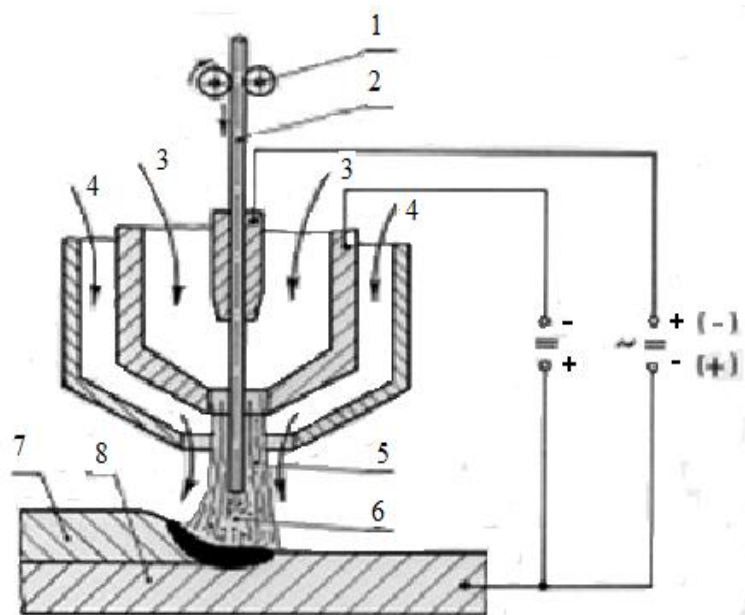
specjalnych szlifierek. Stosuje się je do czyszczenia i szlifowania wyrobów o skomplikowanych kształtach. Jednak polerowanie można wykonywać ręcznie, korzystając z urządzenia nazywanego wrzeciennikiem polerskim. Natomiast, coraz częściej, proces polerowania odbywa się przy użyciu jednostek polerskich. Pracę ręczną polerownika zastąpiły półautomatyczne zespoły szlifiersko-polerskie lub automaty. Przedmioty do obróbki są mocowane w specjalnych uchwytach na stołach obrotowych lub przenośnikach liniowych, które może być wykonywane na otworach, wałkach i płaszczyznach.

#### **1.1.6. Plazmowe nakładanie powłok ochronnych.**

Technologia plazmowego nakładania powłok ochronnych na powierzchnie metalowe jest zaliczana do technologii wysoko zaawansowanych (high technology). Wiedza w tym zakresie, zwłaszcza praktyczna, jest ściśle chroniona i niedostępna w wymiarze publicznym. Procesy, zachodzące w bardzo wysokich temperaturach panujących w plazmie, wzbudzają od lat duże zainteresowanie. Plazmą nazywamy mieszaninę gazową, o szczególnie dużej wartości energii wewnętrznej, w której skład mogą wchodzić: cząsteczki gazu obojętnego, wzbudzone atomy, rodniki, jony o różnym stopniu jonizacji, elektrony i kwanty promieniowania. Metody generowania plazmy zależą od jej rodzaju i celów, którym ma służyć. Jedną z ważniejszych ze względu na możliwość technicznych zastosowań jest metoda wyładowań elektrycznych w gazach. Natrysk plazmowy jest jedną z termicznych metod nakładania powłok ochronnych, w których metaliczny lub niemetaliczny materiał o odpowiedniej granulacji i morfologii jest natryskiwany w stopionym lub półstopionym stanie na obrabiany przedmiot. Źródło ciepła stanowi tutaj strumień plazmy, wytwarzany w większości przypadków w łuku prądu stałego. Zdecydowana większość wykorzystywanych aktualnie na świecie plazmotronów pracuje pod ciśnieniem atmosferycznym. Prowadzony jest również natrysk w komorach wypełnionych gazem neutralnym - najczęściej argonem - pod ciśnieniem atmosferycznym lub lekko podwyższonym bądź też pod niewielką próżnią.

Podstawową zaletą takich rozwiązań jest unikanie utlenienia się nakładanego materiału.

Technika natrysku plazmowego jest aktualnie rozpowszechnioną w krajach wysokorozwiniętych metodą poprawiania parametrów eksploatacyjnych powierzchni. Stosuje się ją przede wszystkim do wytworzenia na obrabianym materiale powłoki o strukturze jednorodnej i niskiej chropowatości. Na jej własności, oprócz parametrów nakładanego materiału, wpływ wywierają parametry strumienia plazmy (skład chemiczny), natężenie przepływu gazów plazmotwórczych, moc plazmotronu, odległość plazmotronu od natryskiwanej powierzchni. Natrysk plazmowy, ze względu na możliwość wytwarzania powłok o właściwościach niemożliwych do uzyskania z wykorzystaniem innych technik, znajduje coraz szersze zastosowanie w przemyśle narzędziowym, lotniczym i samochodowym. Technologie plazmowe są wykorzystywane w procesach produkcyjnych jak i do regeneracji części.



Rys . 68. Schemat napawania plazmowego; 1 – podajnik, 2 – drut, 3 – gaz plazmowy, 4 – gaz ochronny, 5 – łuk plazmowy, 6 – łuk, 7 – napoina, 8 – podłoże [26].

Ochronne powłoki plazmowe są stosowane w celu: zwiększenia odporności elementów maszyn i narzędzi na procesy ścierny, odporności na korozję wysokotemperaturową i erozję,

odporności na udary cieplne i mechaniczne, obniżenia porowatości uprzednio naniesionych warstw, jak np. w wypadku regeneracji elementów maszyn: wałów, osi, pólasi, prowadnic, noży, łopatek turbin, elementów pomp.

### 1.1.7. Regeneracja części metodami obróbki cieplnej.

*Obróbka termiczna* - rodzaj obróbki, w której określony zabieg technologiczny zmienia w stanie stałym strukturę stopu oraz wszelkie jego własności. Obróbka ta jest stosowana w różnego typu metalach w celu dalszej ich obróbki.



Rys. 69. Piec wgłębne do obróbki cieplnej [26].

Do najczęściej stosowanej obróbki cieplnej należą:

- wyżarzanie,
- hartowanie,
- odpuszczanie,
- ulepszanie cieplne.

*Wyżarzanie* jest operacją cieplną polegającym na nagraniu elementu stalowego do odpowiedniej temperatury, przetrzymaniu w tej temperaturze w określonym czasie, a następnie powolnym schłodzeniu. Ma głównie ono na celu doprowadzenie stali do równowagi

termodynamicznej w stosunku do stanu wyjściowego, który jest znacznie odchyłony od stanu równowagi. Wyżarzanie przeprowadza się w różnych celach, w zależności od temperatury w jakiej jest prowadzone.

*Ulepszanie cieplne* jest zabiegiem cieplnym polegającym na połączeniu hartowania z wysokim odpuszczaniem. Stosowany na odpowiedzialne wyroby stalowe, które poddawane są obróbce skrawaniem.

*Hartowanie* – jest to operacja cieplna, której poddawana jest stal, składająca się z dwóch bezpośrednio po sobie następujących faz. Pierwsza faza to nagrzewanie do temperatury powyżej przemiany austenitycznej (dla stali węglowej  $723^{\circ}\text{C}$ ; zwykle  $30^{\circ}\text{C}$  do  $50^{\circ}\text{C}$  powyżej temperatury przemiany austenitycznej) i wygrzewanie, tak długo by nastąpiła ona w całej objętości hartowanego obiektu. Drugą fazą jest szybkie schładzanie.

Przy hartowaniu istotna jest szybkość schładzania. Zbyt wolne schładzanie powoduje wydzielenie się cementytu i uniemożliwia przemianę martenzytyczną. Natomiast gdy jest zbyt szybkie chłodzenie powoduje powstanie zbyt dużych naprężeń hartowniczych, które mogą doprowadzić do trwałych odkształceń hartowanego elementu lub jego pęknięć.

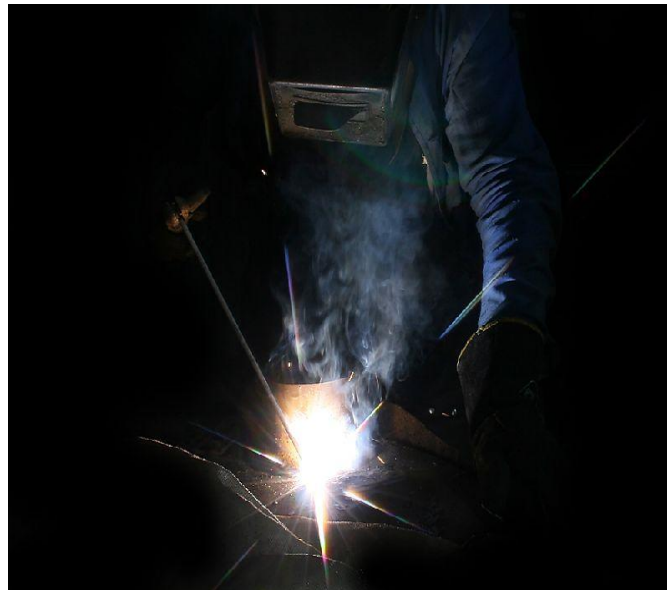


Rys. 70. Piec hartowniczy [26].

*Odpuszczanie* – jest zabiegiem cieplnym, stosowanym do przedmiotów uprzednio zahartowanych, polegający na nagrzaniu ich do temperatury niższej od przemian fazowych, wygrzaniu w tej temperaturze z następnym chłodzeniem powolnym lub przyspieszonym. Jest ono stosowane w celu poprawienia właściwości elementów.

## **1.2. Najczęściej stosowane sposoby regeneracji.**

Jedną z najczęściej stosowanych metod jest regeneracja przez napawanie, czyli nakładanie warstwy ciekłego metalu na regenerowany obiekt. Napawaniem regeneruje się ok. 65% części zakwalifikowanych do odnowy elementów roboczych. Do napawania można używać stopu o właściwościach lepszych niż właściwości materiału części napawanej. Zwiększa to odporność na ścieranie bądź korozję [4].



Rys. 71. Regeneracja poprzez napawanie [25].

Następna metodą często stosowaną w regeneracji maszyn jest metalizacja natryskowa polegająca na nakładaniu powłoki metalowej na powierzchnię dowolnego materiału. Proces metalizacji polega na nanoszeniu drobniutkich kropelek roztopionego metalu na odpowiednio przygotowaną powierzchnię przedmiotu. Wykonuje się to za pomocą pistoletów do metalizacji. Do pistoletu jest podawany metal w postaci drutu. Na wyjściu z głowicy drut topi

się pod wpływem ciepła. W zależności od sposobu topnienia drutu rozróżnia się pistolety gazowe, elektryczne i wysokiej częstotliwości. Roztopiony metal za pomocą sprężonego powietrza jest natryskiwany na metalizowaną powierzchnię.

Coraz większe zastosowanie w technologii napraw znajduje klejenie ze względu na dużą wytrzymałość połączenia, brak naprężeń w złączu oraz niskie koszty tej technologii łączenia. Zaletami połączeń klejonych są ponadto zdolność tłumienia drgań, możliwość wykonania połączenia bez stosowania obrabiarek, drogich narzędzi i materiałów oraz brak zjawisk elektrochemicznych, występujących zwykle podczas łączenia metali innymi metodami. Wadą połączeń klejonych jest ich stosunkowo mała odporność na wzrost temperatury otoczenia (maleje wówczas wytrzymałość połączenia). Niektóre kleje są mało odporne na działanie gleby, mimo że są jednocześnie odporne na działanie benzyny i olejów. Ze względu na wiązania kleje możemy podzielić na topliwe, rozpuszczalnikowe oraz chemoutwardzalne. Do regeneracji części maszyn głównie stosuje się kleje chemoutwardzalne, przede wszystkim epoksydowe.

Żywica epoksydowa - składnikami jej są zwykle polifenole, rzadziej poliglikole, oraz epichlorohydryna lub oligomery posiadające na końcach ugrupowania epoksydowe. Żywica epoksydowa jest, zależnie od masy cząstkowej i struktury, wysokolepką cieczą lub topliwym ciałem stałym, rozpuszczalnym w ketonach węglowodorów aromatycznych. Utwardzona żywica epoksydowa staje się nierozpuszczalna i nietopliwa, bardzo przyczepna do prawie wszystkich materiałów oraz względnie chemoodporna. Wiele substancji stosuje się do utwardzania żywic epoksydowych, a najczęściej do tego stosuje się utwardzacz o nazwie handlowej Z-1.

Utwardzacz Z-1 - jest to oleista ciecz barwy jasnosłomkowej lub zielonkawożółtej. W praktyce stosuje się różne programy utwardzania: utwardzanie w temperaturze pokojowej dla którego czas żelowania wynosi ok. 35 minut. Wstępne utwardzenie uzyskuje się po upływie

około 3-4 godzin, przy czym już po upływie 48 godzin stopień utwardzenia wynosi około 80-90%. Całkowite utwardzenie trwa 7-14 dni. Podobnie jak w pierwszym przypadku czas żelowania wynosi ok. 35 minut. Całkowite utwardzenie osiągnane jest dwustopniowo; pierwszy stopień trwa 18 godzin w temperaturze pokojowej, a drugi 6 godzin w temperaturze 100°C. Dotwardzanie w podwyższonej temperaturze stosuje się wówczas, gdy zależy nam na skróceniu czasu utwardzania kompozycji, a także na polepszeniu własności wykonanego elementu [4].



Rys. 72. Utwardzacz Z-1 [26].

### 1.3. Nowoczesne metody regeneracji części maszyn.

Do nowoczesnych metod regeneracji części maszyn można zaliczyć zrobotyzowane stanowisko spawalnicze, które umożliwia wykonanie prac spawalniczych metodą MIG/MAG w cyklu automatycznym. W odróżnieniu od sztywnych automatów w pełni nadaje się do produkcji wielkoseryjnej i małoseryjnej. Łatwość obsługi i programowania robota gwarantuje szybką zmianę asortymentu produkcji. Obsługa stanowiska w procesie produkcji ogranicza się do mocowania elementów przeznaczonych do spawania, włączenia automatycznego cyklu pracy stanowiska oraz zdejmowania pospawanych elementów po zakończeniu cyklu.



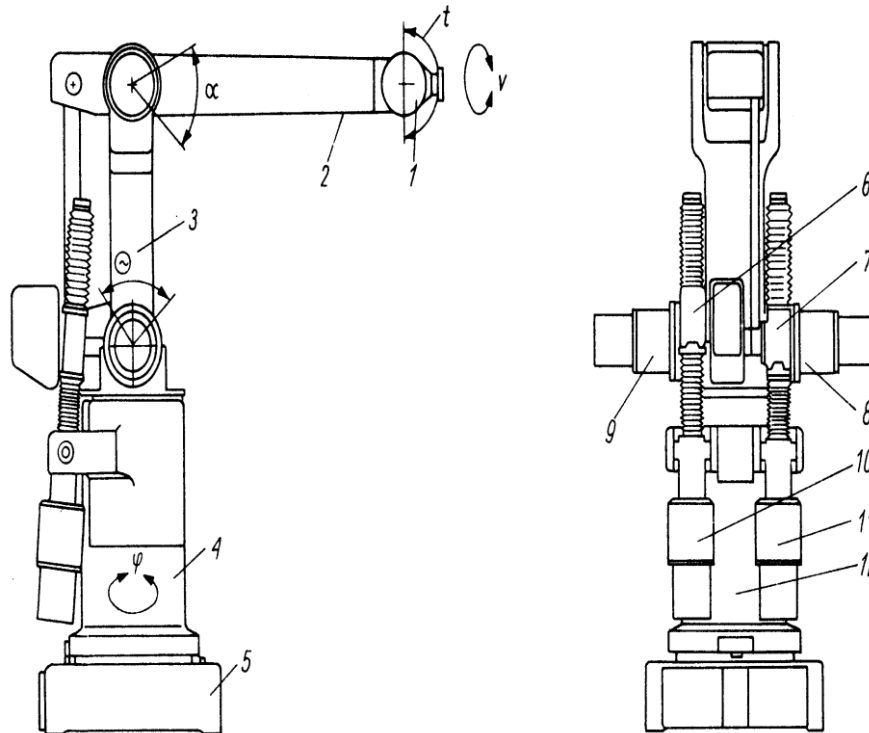
Rys. 73. Widok zrobotyzowanego stanowiska spawalniczego [27].

Roboty przemysłowe IRp-6 są uniwersalnymi środkami automatyzacji procesów przemysłowych, przede wszystkim procesów uciążliwych lub trudnych do wykonania przez człowieka. Roboty mogą być stosowane do automatyzacji prac wykonywanych przez maszyny lub mogą same wykonywać pewne prace przy użyciu narzędzi, jak np. spawanie łukowe i szlifowanie.

System sterowania robota jest oparty na technice komputerowej co umożliwia robotowi wykonanie skomplikowanych funkcji, jak: układanie lub pobieranie przedmiotów według wzoru, realizację bardzo długich programów, ruch prostoliniowy - pionowy lub poziomy.

Roboty składają się z części manipulacyjnej i oddzielonej konstrukcyjnie szafy sterowniczej. W szafie sterowniczej są umieszczone moduły układu sterowania łącznie ze sterownikami mocy silników, dzięki temu część manipulacyjna jest nieduża i lekka. Szafa sterownicza z elektronicznymi elementami układu sterowania może być umieszczona oddzielnie z dala od części manipulacyjnej. Stosuje się to w przypadku pracy robota w szczególnie ciężkich warunkach otoczenia. Natomiast robot IRb-6 jest robotem typu kolumnowego, który ze względu na swoją konstrukcję jest zaliczany do grupy robotów z otwartym łańcuchem kinematycznym. Korpus, ramiona, oraz podstawa robota wykonane są z lekkiego stopu aluminium.





Rys. 74. Budowa części manipulacyjnej robota IRb-6 1- przegub, 2- ramię dolne, 3- ramię górne, 4- korpus obrotowy, 5- podstawa, 6- przekładnia śrubowa toczna ruchu ( $\Theta$ ), 7- przekładnia śrubowa ruchu ( $\alpha$ ), 8- napęd ruchu ( $v$ ), 9- napęd ruchu ( $t$ ), 10- napęd ruchu ( $\Theta$ ), 11- napęd ruchu ( $\alpha$ ), 12- napęd ruchu ( $\varphi$ ). [27].

Robot spawalniczy Tawers MIG/MAG jest sprzętem, którego nowa mechanika umożliwia bardzo szybkie ruchy jałowe robota. Robot ten jest przygotowany do nowej bezodpryskowej metody spawania SP – MAG, która polega na bardzo szybkiej komunikacji sterowników robota i źródła spawania (komunikacja jest 140-250 razy szybsza niż w dotychczasowych rozwiązaniach). Pozwala to na szybką i ciągłą kontrolę procesu spawania [27]. Również posiada funkcje Autoextension, która umożliwia automatyczną korekcję wolnego wylotu elektrody. W przypadku natrafienia na nieprzewidziane przeszkody na drodze spawania (spoina szczepna, wybrzuszenia elementu itp.) szоста oś robota elastycznie unosi się do góry. Utrzymywanie stałej wartości wolnego wylotu elektrody w połączeniu z kontrolą procesu umożliwia na całej drodze spawania realizację ustalonych parametrów.



Rys. 75. Widok robota spawalniczego Tawers MIG/MAG [27].

Robot Spawalniczy z systemem MAG - Force został stworzony do podawania drutu przy spawaniu CO<sub>2</sub>/MAG. W tym przypadku został utworzony system typu push - pull. Od kiedy podajnik push w podajniku drutu i podajnik push w uchwycie spawalniczym są elektronicznie niezależne, to nie potrzebują synchronizacji. To rozwiązanie unika skomplikowanej kontroli pomiędzy tymi dwoma podajnikami, co pozwala na bezproblemowe podawanie drutu. Natomiast łagodne podawanie drutu daje stabilny łuk, co umożliwia szybsze spawanie i większą produktywność.



Rys. 76. Widok robota spawalniczego z systemem MAG – Force [27].