

26.5. Systemy i metody napraw

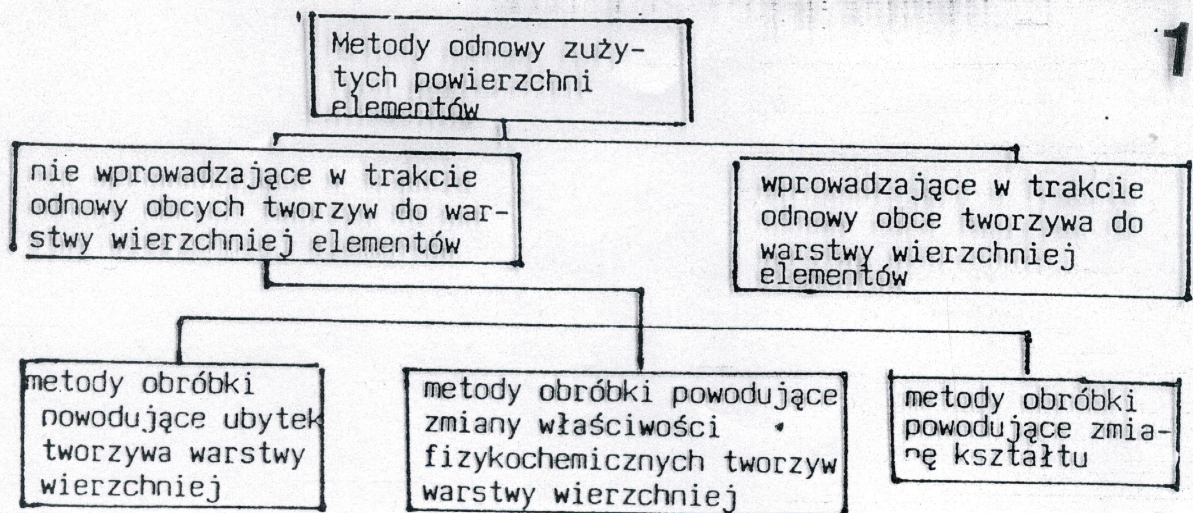
Istnieją trzy zasadnicze **systemy** wykonywania napraw:

- *system napraw kompleksowych*, polegający na wykonaniu wszystkich prac naprawczych w jednym warsztacie,
- *system napraw przez wymianę zużytych zespołów*, polegający na naprawie poszczególnych zespołów przez wyspecjalizowane zakłady, które wymieniają zużyty zespół na naprawiony,
- *system napraw przez wymianę całych maszyn*, polegający na tym, że wyspecjalizowany zakład naprawczy po otrzymaniu maszyny do naprawy natychmiast wymienia ją na maszynę tego samego typu, będącą już po naprawie głównej.

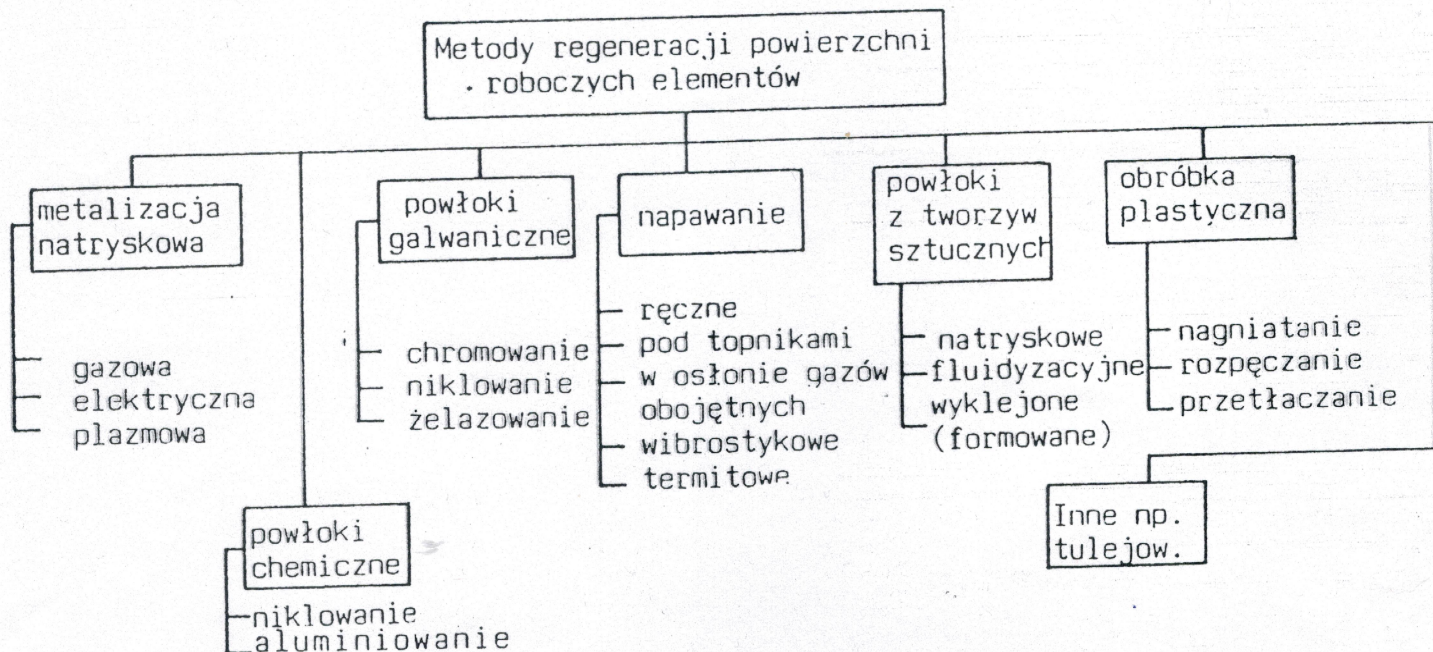
Rozróżnia się następujące *metody* wykonania napraw:

- *stanowiskową*, polegającą na tym, że np. zespół ślusarzy wykonuje naprawę na jednym stanowisku pracy, dzieląc między sobą poszczególne czynności według specjalności;
- *gniazdową*, polegającą na tym, że określone grupy czynności naprawczych są wykonywane na wydzielonych stanowiskach pracy; jeżeli montaż lub demontaż jest rozwinięty w linię technologiczną, wtedy metodę tę nazywa się gniazdowo-liniową;
- *brygad specjalistycznych* polegającą na tym, że wyspecjalizowane brygady wykonują określone czynności procesu technologicznego naprawy, np. jedna brygada wykonuje tylko demontaż maszyny i po jego wykonaniu przechodzi wraz z wyposażeniem narzędziowym do następnej maszyny, inna brygada wykonuje tylko naprawę określonego zespołu itd.;
- *przepływową*, będącą udoskonaleniem metody gniazdowo-liniowej, a polegającą na tym, że montaż i demontaż są wykonywane na wielostanowiskowych liniach przepływowych, zespoły są naprawiane na innych liniach przepływowych, a zespoły mniej złożone są naprawiane w gniazdach.

Poszczególne metody różnią się między sobą formą organizacji pracy.



Rys. 5.1. Metody odnowy zużytych powierzchni elementów



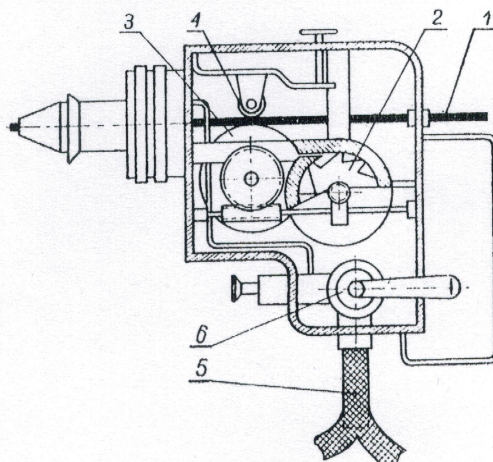
Rys. 5.2. Metody regeneracji przywracające własności użytkowe elementom maszyny

24.3. Naprawa części za pomocą metalizacji natryskowej

Metalizacja natryskowa jest jednym ze sposobów nakładania powłoki metalowej na powierzchnię różnych materiałów. Proces metalizacji polega na nanoszeniu drobniutkich kropelek roztopionego metalu na odpowiednio przygotowaną powierzchnię metalizowanego przedmiotu.

Metalizacji dokonuje się za pomocą specjalnych przyrządów zwanych *pistoletami do metalizacji*. Metal w postaci drutu jest podawany do pistoletu i przy wyjściu z jego głowicy topi się pod wpływem ciepła płomienia acetylenowo-tlenowego, łuku elektrycznego lub prądów wysokiej częstotliwości i za pomocą sprężonego powietrza jest natryskiwany na metalizowaną powierzchnię.

W zależności od sposobu topienia drutu rozróżnia się pistolety gazowe, elektryczne (łukowe) i wysokiej częstotliwości.

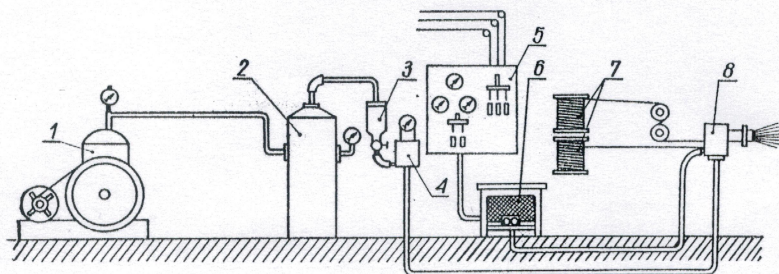


Rys. 24-2. Gazowy pistolet do metalizacji [5]

Gazowy pistolet do metalizacji przedstawiono na rys. 24-2. Drut 1 jest podawany do głowicy pistoletu pneumatycznie za pomocą turbinki 2 napędzanej sprężonym powietrzem.

krążka radełkowanego za pomocą rolki dociskowej 4. Do pistoletu są doprowadzone przewody gumowe 5 do acetylenu, tlenu i sprężonego powietrza. W dolnej części pistoletu znajduje się zawór odcinający 6. Przy metalizacji gazowej topienie drutu odbywa się za pomocą płomienia gazowego. Przeważnie używa się do tego celu acetylenu, chociaż istnieją również urządzenia pracujące z użyciem gazu ziemnego, propanu-butanu lub innych mieszanin gazowych. Ciśnienie gazu powinno wynosić $0,06 \div 0,12$ MPa, a tlenu $0,25 \div 0,5$ MPa. Do metalizacji gazowej stosuje się drut o średnicy $1 \div 3$ mm, a ciśnienie powietrza powinno wynosić $0,3 \div 0,5$ MPa. Metalizacja gazowa jest mniej ekonomiczna niż elektryczna.

Urządzenia do metalizacji elektrycznej (rys. 24-3) składa się ze sprężarki 1, zbiornika wyrównawczego 2, filtrów oczyszczających 3 i 4, tablicy kontrolnej 5, transformatora 6, szpułek z drutem 7 i pistoletu natryskowego 8. Do metalizacji elektrycznej stosuje się drut średnicy $1 \div 2,5$ mm, a ciśnienie powietrza powinno wynosić $0,45 \div 0,6$ MPa.



Rys. 24-3. Schemat urządzenia do metalizacji elektrycznej [5]

Regeneracja części przez metalizowanie znalazła duże zastosowanie, szczególnie do naprawy czopów wałów, łożysk ślizgowych, przewodnic i innych części połączeń ruchomych. Najodpowiedniejsze do naprawy tą metodą są duże części. Metalizacja małych części jest kłopotliwa, a także nieekonomiczna, gdyż występują wtedy duże straty metalu. Niekiedy części regenerowane przez metalizację wykazują większą trwałość niż nowe, gdyż porowatość powierzchni metalizowanej powoduje lepsze warunki smarowania. Metalizacja natryskowa umożliwia nakładanie na powierzchnię metalizowaną warstwy dodatkowego metalu lub stopu, grubości $0,03 \div 10$ mm, zależnie od potrzeby. Metalizowanie powierzchni płaskich wykonuje się ręcznie pistoletem lub za pomocą specjalnych urządzeń automatycznych. Metalizowanie części cylindrycznych wykonuje się na tokarkach, mocując pistolet w suporcie i nadając mu taki kąt nachylenia i takie położenie, ażeby strumień cząstek metalu był skierowany prostopadle do natryskiwanej powierzchni. Prędkość obrotowa części metalizowanej powinna wynosić $25 \div 35$ obr/min.

Przed przystąpieniem do metalizacji należy powierzchnię metalizowaną specjalnie przygotować, tzn. oczyścić oraz nadać jej jak największą chropowatość w celu zwiększenia przyczepności rozpylanych cząstek do metalizowanej powierzchni. W tym celu powierzchnie przeznaczone do metalizacji poddaje się piaskowaniu lub obróbce mechanicznej polegającej na nacinaniu rowków lub radełkowaniu. Przy metalizowaniu powierzchni narażonych na duże obciążenie należy je szczególnie dokładnie przygotować, nacinając na nich rowki lub gwinty.

24.4. Naprawa części za pomocą spawania i napawania

Naprawę za pomocą spawania stosuje się w przypadkach, gdy dana część została odłamana, pęknięta lub wykruszona. Części można naprawiać poprzez spawanie gazowe i elektryczne.

Spawanie elektryczne jest korzystniejsze od gazowego, gdyż powoduje mniejsze odkształcenia. Przed przystąpieniem do spawania należy zkosować krawędzie spawanych części. W przypadku spawania pęknięć krawędzie ukosuje się za pomocą tarczy szlifierskiej. Przy spawaniu części żeliwnych, a zwłaszcza różnego rodzaju kadłubów, należy zachować dużą ostrożność z uwagi na możliwość powstania odkształceń i pęknięć.

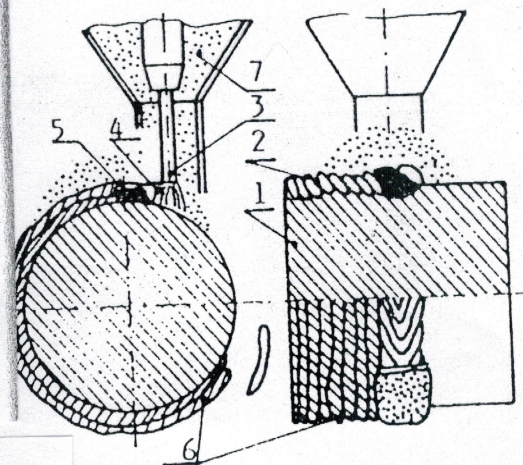
Przy **spawaniu acetylenowym** kadłubów żeliwnych należy przed spawaniem podgrzać je do temperatury $600 \div 650^{\circ}\text{C}$. Spawanie wykonuje się pałeczkami żeliwnymi. Po spawaniu należy kadłub powoli studzić w piecu. Wstępne podgrzewanie i powolne studzenie zapobiega odkształceniom i powstawaniu pęknięć.

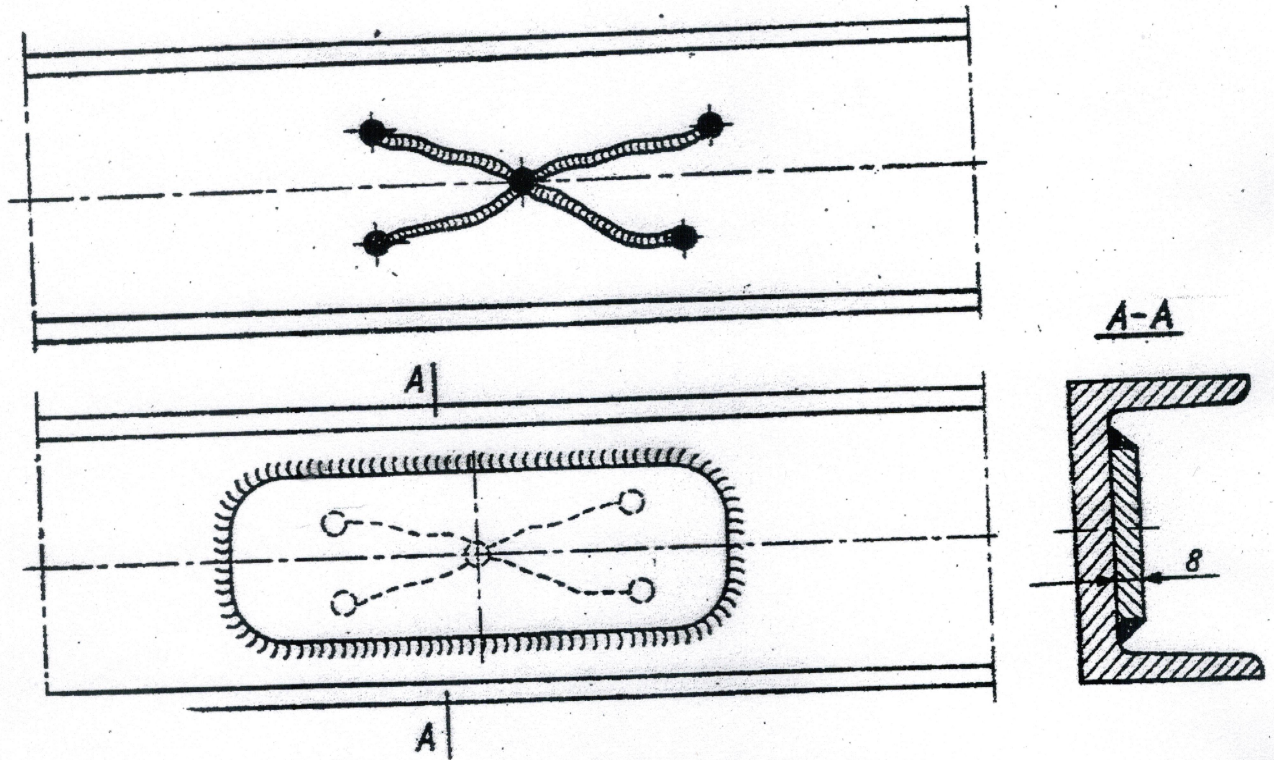
Elementy żeliwne można spawać elektrycznie z podgrzewaniem i bez podgrzewania. Spawanie bez podgrzewania można stosować w przypadku spoin krótkich lub długich, ale wtedy należy spawać odcinkami z przerwami, tak aby spawany element mógł ostygnąć do temperatury $50 \div 60^{\circ}\text{C}$. Po spawaniu należy spawany element posypać podgrzany piaskiem lub pokryć azbestem.

Napawanie stosuje się do regeneracji zużytych powierzchni różnych części. Napawanie polega na nakładaniu warstwy metalu w stanie ciekłym na powierzchnię części. Do napawania można używać stopu o lepszych własnościach niż własności stopu części napawanej, w celu zwiększenia jej odporności na ścieranie lub korozję. Do napawania stosuje się często niezelazne stopy twarde, zwłaszcza jeżeli chodzi o uzyskanie bardzo dużej odporności na uderzenia, ścieranie i korozję. Elektrody stosowane do napawania są podane w normie PN-74/M-69436. Powierzchnie podlegające napawaniu trzeba dokładnie oczyścić za pomocą piaskowania, szlifowania lub w inny sposób. Następnie należy je odtłuścić i dopiero przystąpić do napawania.

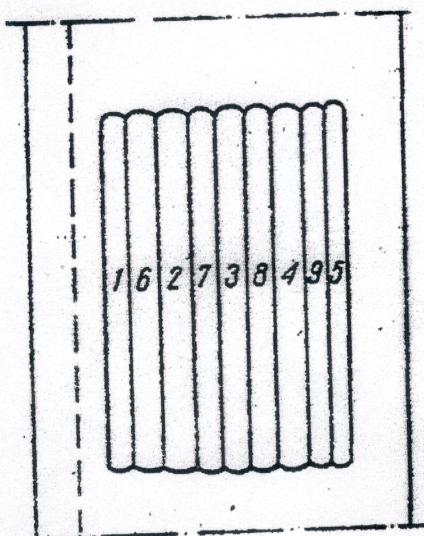
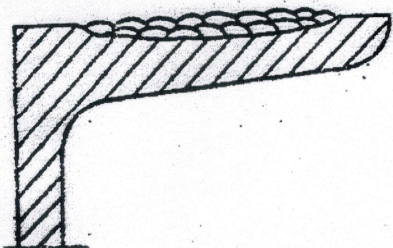
Grubość warstwy napawanej zależy od wielkości ubytku, czyli zużycia części napawanej i wynosi $3 \div 6$ mm. Za pomocą napawania regeneruje się czopy wałów, wielowypusty, zewnętrzne powierzchnie połączeń gwintowych, rowki klinowe i inne powierzchnie elementów. Napawanie można wykonywać ręcznie — w łuku elektrycznym lub w płomieniu acetylenowo-tlenowym — albo automatycznie. Napawanie automatyczne może być wykonywane metodą elektroimpulsową lub pod warstwą topnika.

Napawanie automatyczne pod topnikiem przedmiotu okrągłego przedstawiono na rys. 24-4. Napawany przedmiot 1 jest obracany, dzięki czemu napawane ścięgi 2 układają się według linii śrubowej. Elektroda 3, otoczona warstwą topnika 7, jest przesunięta w stosunku do osi przedmiotu o wartość $a = 3 \div 25$ mm. Wartość przesunięcia a ustala się doświadczalnie. Łuk elektryczny topi metal podstawowy i metal elektrody, jak również topnik. Stopiony topnik tworzy ciekły żużel 4, który izoluje od powietrza łuk i całą strefę spawania. Roztopiona elektroda i metal podstawowy tworzą warstwę ciekłego metalu 5, który pod ciśnieniem gazów jest wypierany w kierunku obrotu przedmiotu napawanego. Wytworzona warstwa żużlu 6 opóźnia stygnięcie, co polepsza strukturę napawanej warstwy.





Rys. 7.21. Sposób naprawy pęknięć promieniowych metodą spawania



Rys. 7.22. Sposób naprawy półki kształtownika przez napawanie

19. Naprawa części za pomocą klejenia

Klejenie to łączenie elementów za pomocą kleju. *Klejem* nazywamy substancję niemetaliczną zdolną do łączenia materiałów w wyniku adhezji*. Otrzymane w ten sposób złącze ma odpowiednią wytrzymałość wewnętrzną (dzięki kohezji**). Klej, przechodząc ze stanu ciekłego w stały tworzy *spoinę klejową*.

19.1. Rodzaje i zasady doboru klejów

Kleje klasyfikuje się w zależności od ich głównych składników funkcyjnych, tzn.: *bazy chemicznej* (poliuretanowy, epoksydowy, silanowy, winylowy, poliamidowy itp.); *postaci fizycznej kleju* (stały, ciekły, pasta, żel, pianka, taśma itp.); *sposobu wiązania* (na zimno, na gorąco, utwardzany wilgocią, promieniowaniem ultrafioletowym – UV, utwardzany bez dostępu tlenu, w wyniku reakcji chemicznych składników); *dziedziny stosowania* (przemysłowy, budowlany); *klejonych materiałów* (do metalu, do drewna itp.); *szybkości wiązania* (szybkowiązący, o wydłużonym czasie wiązania) itp.

Wytrzymałość i trwałość złącza klejowego zależą głównie od: rodzaju kleju, materiału klejonego, środowiska pracy, konstrukcji złącza i obciążenia.

Obecnie istnieją duże możliwości wyboru kleju odpowiedniego do potrzeb produkcyjnych czy naprawczych. Trudności w szerokim wykorzystaniu nowej technologii łączenia, tak w produkcji, jak i w naprawach części maszyn (pojazdów), wynikają najczęściej ze słabej znajomości zarówno zalet, jak i wad tej technologii.

Pojawienie się na rynku materiałów szybkowiązących (chemoutwardzalnych), tiksotropowych (charakteryzujących się brakiem płynięcia), materiałów anaerobowych (utwardzanych bez dostępu tlenu) i in., stwarza nowe możliwości w zakresie stosowania klejów jako materiałów naprawczych.

Współczesne materiały klejowe charakteryzują się:

- krótkim czasem utwardzania;
- wysoką odpornością na temperaturę (nawet 150÷250 °C) przy obciążeniu ciągłym;
- możliwością utwardzania w niskich temperaturach;
- dużą tolerancją mieszania (kleje dwuskładnikowe), dzięki czemu wzrokowa ocena mieszaniny wystarcza do uzyskania pełnowartościowego materiału;
- brakiem zmiany objętości podczas wiązania;
- brakiem spływania ze ścianek pionowych i sufitowych;
- wysoką odpornością na ścieranie i kawitację;
- wysoką odpornością chemiczną i brakiem aktywności biologicznej;
- praktycznie nieograniczonym okresem magazynowania w warunkach normalnych.

Współczesne materiały klejowe mogą być stosowane do klejenia, uszczelniania i zabezpieczania powierzchni elementów. Różnica między materiałami uszczelniającymi a klejącymi wynika z ich wytrzymałości na rozrywanie. Przyjmuje się, że materiały uszczelniające mają wytrzymałość na rozciąganie do 2 MPa, natomiast materiały klejące – powyżej 2 MPa.

Kleje mają tę przewagę nad innymi spoiwami, że mogą być używane do łączenia wszelkich materiałów. Sklejać można ze sobą różne metale, metale i tworzywa sztuczne, różne tworzywa sztuczne, wyroby ceramiczne i tekstylne. W niektórych przypadkach klejenie jest jedynym sposobem połączenia materiałów. Istnieją bowiem sytuacje, w których z uwagi na niebezpieczeństwo: powstania pożaru, zmian w strukturze spajanych materiałów, powstania korozji stykowej czy dużej różnicy grubości łączonych elementów, zastosowanie innych technik łączenia byłoby trudne lub niemożliwe. Po sklejeniu połączone materiały nie wykazują naprężeń szczątkowych, a rozkład naprężeń w złączu klejowym jest bardziej równomierny niż w innych rodzajach połączeń spójnościowych.

Podjmując decyzję o zastosowaniu klejenia, należy rozpatrzyć wiele czynników, pamiętając o tym, że klej musi być odpowiednio dobrany do łączonych materiałów, a połączenie klejowe musi przenosić przewidziane obciążenia oraz wytrzymywać różne warunki środowiska pracy. Istotne jest też odpowiednie przygotowanie powierzchni elementów łączonych i materiału klejowego oraz dobór metody nanoszenia kleju i sposobu jego utwardzania. Bardzo ważne są czas i koszt całej operacji. Klejenie ma zastosowanie przede wszystkim w połączeniach pracujących na ściskanie i ścinanie.

Materiały i stan powierzchni elementów przeznaczonych do klejenia często decydują o wyborze kleju lub konstrukcji złącza. Jednak nie mniej ważnym kryterium doboru kleju jest sztywność i własności mechaniczne materiałów klejonych.

Do łączenia metali z metalami i innymi materiałami (ceramika, tworzywa sztuczne) najczęściej stosuje się kleje cyjanoakrylanowe, epoksydowe, poliuretanowe, silanowe, anaerobowe (te ostatnie tylko do metali) itp. Poza powszechnie znanymi *epidiami*, nowymi materiałami epoksydowymi produkowanymi w Polsce są uniwersalne, dwuskładnikowe, tiksotropowe, nietoksyczne, chemoutwardzalne pasty (płyny), służące do regeneracji części maszyn oraz naprawy zespołów i urządzeń.

Na rynku krajowym dostępny jest szeroki asortyment importowanych tiksotropowych (epoksydowych, poliuretanowych) oraz płynnych (anaerobowych, cyjanoakrylanowych) materiałów klejowych. Materiały te mają wiele zalet.

19.2. Zastosowanie klejenia w naprawach samochodów

Do niedawna kleje stosowano jedynie do łączenia elementów izolacyjnych, do uszczelniania oraz w pracach tapicerskich i stolarskich. Obecnie coraz powszechniej stosuje się je w naprawach pojazdów.

Klejenie stosuje się do naprawy i łączenia elementów metalowych oraz metalowych z niemetalowymi. Za pomocą klejenia naprawia się: odłamania lub wykruszenia kawałków materiału, pęknięcia, poluzowania połączeń wciskowych, zabezpieczenia gwintów, uszczelnienia szyb w uszczelkach, połączeń obrzeżnych, szwów spawalniczych, uszczelnienia powierzchni (kołnierzy, pokryw), mocowania (wklejania) części cylindrycznych oraz uszkodzonych elementów wykonanych z tworzywa sztucznych (zderzaki, atrapy, obudowy reflektorów, schody kabiny samochodów użytkowych itp.).

Najszerzej klejenie stosuje się w naprawach nadwozi samochodowych, m.in. do przyklejania dachu, błotników, wzmocnień poszyci zewnętrznych, pokrywy silnika i bagażnika oraz spoilerów, listew ozdobo-ochronnych. Do tego celu używa się klejów dwuskładnikowych poliuretanowych lub epoksydowych oraz na bazie modyfikowanych silanów (MS). Kleje poliuretanowe stosuje się do wklejania szyb samochodowych. Do przyklejania cienkich, elastycznych podsufitek stosuje się rozpuszczalnikowe kleje w aerozolu, produkowane na bazie SBR (kautuczku butadienowo-sterynowego). Natomiast do podsufitek sztywnych – masy uszczelniające na bazie poliuretanów lub modyfikowanych silanów (MS). W nowoczesnych samochodach folie ochronne w drzwiach przykleja się klejem na bazie SBR. Do klejenia profili gumowych, uszczelki drzwi i wykładzin stosuje się klej na bazie polichloroprenu. Klej taki może być też użyty do przyklejania mat tłumiących i głuszących.

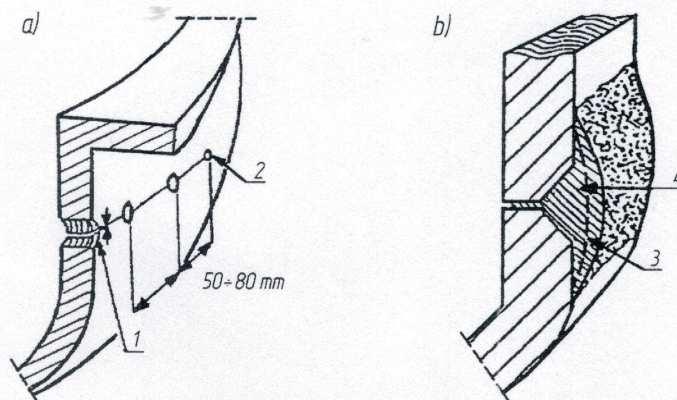
Materiały klejowo-uszczelniające, stosowane do naprawy nadwozia, nie mogą wchodzić w reakcje z materiałem podłoża ani w reakcje wzajemne oraz powinny dać się lakierować dostępnymi w handlu materiałami lakierowymi.

Coraz częściej technologia klejenia jest stosowana podczas montażu i naprawy silników, skrzyń biegów i układu zawieszenia, a przede wszystkim do uszczelniania połączeń podczas montażu elementów mechanizmów i układów. Używane kleje to: anaerobowe, epoksydowe i preparaty silikonowe.

Kleje anaerobowe służą do zabezpieczania śrub, nakrętek i „szpilek” przed samoodkręcaniem, do mocowania tulei, łożysk tocznych, kół zębatach na wałach, do uszczelniania i klejenia powierzchni płaskich (obudowy, pokrywy, miski olejowe). Zastępują uszczelki stałe, nie nadają się natomiast do ich naprawy. Są przydatne do uszczelniania powierzchni lekko zarysowanych (o głębokości do 0,5 mm).

Kleje epoksydowe stosuje się w naprawach: otworów i osad pod łożyska, chłodnic (zamiast tradycyjnego lutowania), pękniętych ścianek kadłubów itp.

Klejenie pęknięć ścianki kadłuba ma sens wtedy, gdy pęknięcia lub ubytki materiału nie naruszają sztywności konstrukcji. Proces klejenia rozpoczyna się od dokładnej identyfikacji obszaru pęknięcia. Na rysunku 19.1 przedstawiono przykładowy fragment procesu technologicznego naprawy pękniętej ścianki kadłuba silnika.



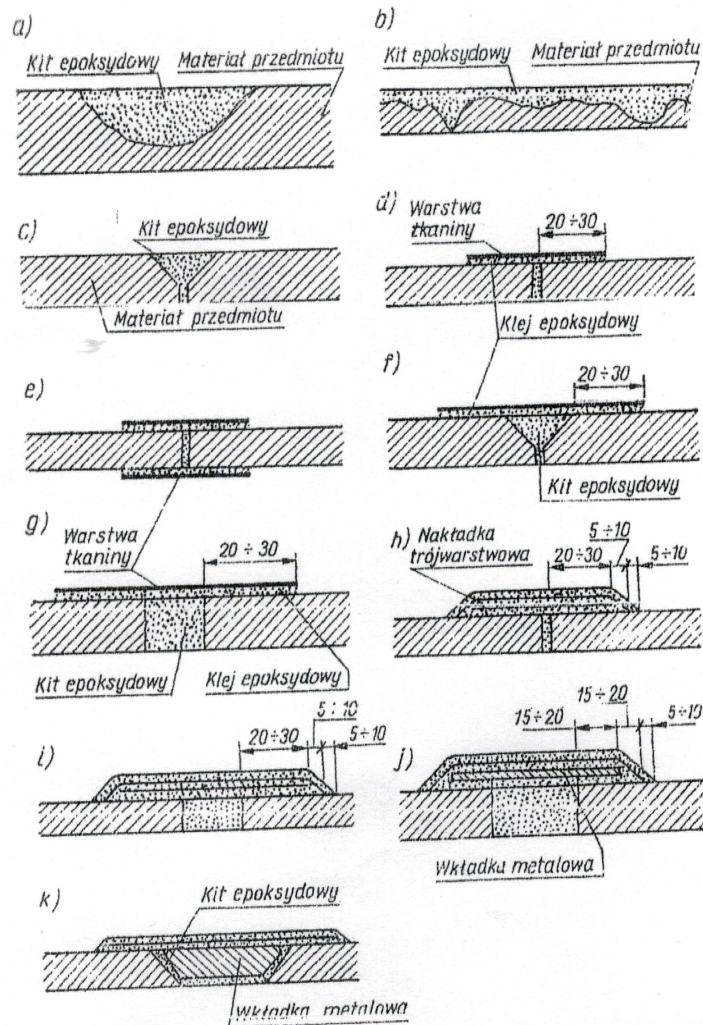
Rys. 19.1. Sposób naprawy pęknięcia kadłuba: a) wstępne przygotowanie pęknięcia do klejenia, b) nałożenie kleju i taśmy wzmacniającej

1 – otwór technologiczny, 2 – otwór zabezpieczający pęknięcie, 3 – taśma wzmacniająca, 4 – klejowy materiał kompozytowy

Przed dalszym powiększaniem się pęknięcia jego końce należy zabezpieczyć otworami o średnicy $2\div 3$ mm, a powierzchnię wzdłuż pęknięcia odtłuścić i oczyścić do metalicznego połysku. Jeżeli długość pęknięcia przekracza 100 mm, to należy je podzielić na mniejsze odcinki i w odstępach $50\div 80$ mm nawiercić otwory technologiczne o średnicy równej szerokości szczeliny plus 1 mm. Otwory należy nagwintować (nie stosując ostatniego gwintownika), a krawędzie pęknięć zukosować pod kątem $90\div 120^\circ$. Głębokość rowka powinna wynosić ok. 0,75 grubości ścianki. Następnie należy przygotować wkręty zaślepiające, pokryć je materiałem klejowym i wkręcić do uprzednio przygotowanych otworów (technologicznych i zabezpieczających). Po utwardzeniu materiału rozkuwa się główki kołków zaślepiających. Oczyszczoną powierzchnię i rowek należy odtłuścić środkiem zalecanym przez producenta kleju (nie można stosować benzyny ekstrakcyjnej, ponieważ zawiera ok. 5% frakcji tłuszczowych). Następnie cały obszar trzeba wysuszyć, pęknięcie wypełnić materiałem klejowym, nałożyć taśmę wzmacniającą i ugnieść ją tak, aby materiał przeniknął na zewnątrz, po czym nałożyć następną warstwę materiału i pozostawić do utwardzenia. Proces utwardzania można przyspieszyć podgrzewając obszar klejony promiennikami podczerwieni.

Jeżeli powierzchnia pęknięta będzie narażona na wibracje, to należy ją wzmocnić klamrami oraz uszczelnić w sposób opisany wcześniej.

Preparaty silikonowe służą do klejenia i uszczelniania połączeń elastycznych, elementów o małej sztywności (pokrywy i miski wykonane z cienkiej blachy)



Rys. 24-6. Schematy sposobów naprawy przez klejenie i kito-
wanie: a), b), c) kitowanie, d), e) klejenie, f), g) klejenie z ki-
towaniem, h), i) laminowanie, j) laminowanie z wkładką meta-
lową, k) laminowanie z wkładką metalową i kitowaniem

24.7. Naprawa części za pomocą nakładania warstwy tworzywa sztucznego

Regeneracja części za pomocą natryskiwania warstwy tworzywa sztucznego znajduje coraz szersze zastosowanie. Tworzywami sztucznymi najbardziej nadającymi się do tego celu są poliamidy. W kraju stosuje się do tego celu poliamidy produkcji krajowej o nazwie Ternamid P z dodatkiem wypełniacza (5% grafitu lub

15% talku). Tworzywo przed natryskiwaniem należy suszyć w suszarce w temperaturze $+80^{\circ}\text{C}$ w czasie 2 godzin w celu usunięcia nadmiaru wilgoci. Następnie tworzywo i wypełniacz przesiewa się przez sito w celu ujednorodnienia i oddzielenia zanieczyszczeń.

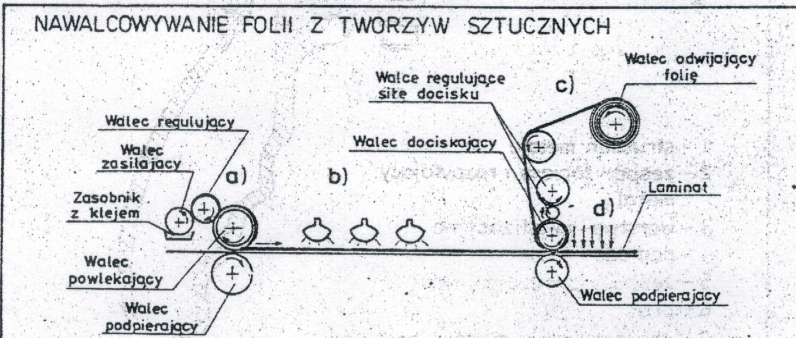
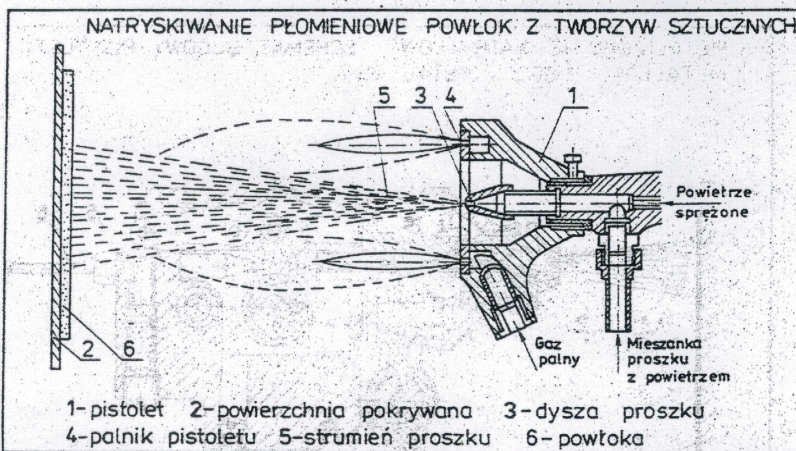
Powierzchnie części do regenerowania należy oczyścić i nadać im odpowiednią chropowatość. W tym celu części wygrzewa się w piecu elektrycznym w temperaturze $300\div 350^{\circ}\text{C}$, a resztki spalonych smarów i zanieczyszczeń usuwa się szczotką stalową. Odpowiednią chropowatość uzyskuje się przez piaskowanie elektrokorundem lub radełkowanie albo przez wykonanie nacięć na powierzchni przeznaczonych do natryskiwania.

Natryskiwanie dokonuje się za pomocą prostego urządzenia składającego się ze zbiornika tworzywa i palnika pistoletowego. Tworzywo w postaci proszku zostaje ogrzane w palniku mieszanką acetylenowo-tlenową i rozpylane za pomocą sprężonego powietrza na regenerowaną powierzchnię. Ciśnienie sprężonego powietrza wynosi ok. $0,05\text{ MPa}$, a odległość wylotu pistoletu od natryskiwanej powierzchni waha się w granicach $120\div 150\text{ mm}$. Części okrągłe można regenerować na tokarce z zastosowaniem reduktora obrotów wrzeczona do $0,5\div 12\text{ obr/min}$.

Regenerację za pomocą natryskiwania tworzyw sztucznych można stosować do części pracujących w połączeniach spoczynkowych lub w niezbyt intensywnych warunkach tarcia. Metoda ta szczególnie nadaje się do regeneracji części o małych wymiarach i dużych powierzchniach zużycia. Do regeneracji można stosować również inne tworzywa, jak policzterofluoroetylen występujący pod nazwą Teflon oraz tworzywa epoksydowe.

Podczas natryskiwania tworzyw sztucznych należy przestrzegać stanowiskowej instrukcji bhp. Natryskiwanie należy dokonywać w rękawicach, okularach ochronnych i fartuchu i uważać, aby nie ulec poparzeniu.

POWŁOKI OCHRONNE Z TWORZYW



22. Regeneracja części metodą powlekania galwanicznego

22.1. Proces powlekania galwanicznego

Powlekanie galwaniczne (elektrolityczne) do niedawna było jedną z podstawowych metod wytwarzania powłok metalowych. Szkodliwość dla zdrowia i środowiska chemikaliów stosowanych w procesach galwanicznych oraz kłopoty i koszty związane z utylizacją trujących ścieków sprawiły, iż metody te tracą obecnie na znaczeniu.

Istotą procesu powlekania galwanicznego jest wywołany różnicą potencjałów ruch jonów, powstających w wyniku dysocjacji soli rozpuszczonych w wodzie. Metal podłoża, na którym osadza się powłoka, jest katodą, anodą zaś jest metal, który ma tworzyć nakładaną powłokę lub inny materiał obojętny, o dobrej przewodności elektrycznej (metal lub grafit). Elektrolitem jest wodny roztwór soli metalu nakładanego.

Rodzaj elektrolitu ma znaczny wpływ na charakter powłoki. Stwierdzono, że niektóre powłoki otrzymywane z roztworu prostych soli mają strukturę grubokryształiczną, gdy tymczasem te same metale osadzone z roztworów ich jonów zespolonych (cyanków, cynkanów, borofluorków) wykazują strukturę drobnokryształiczną. Struktura powłoki zależy ponadto od stężenia jonów, wydzielania się wodoru oraz od rodzaju substancji dodatkowych dodawanych do kąpeli.

Stężenie jonów w istotny sposób wpływa na strukturę powłoki. Ogólnie biorąc, im stężenie jonów jest mniejsze, tym powłoka jest bardziej drobnokryształiczna. Dla zmniejszenia stężenia jonów często wprowadza się do kąpeli sole metali alkalicznych lub sole amonowe.

Wydzielanie się wodoru wpływa na ogół niekorzystnie na proces powstawania powłoki. Dyfunduje on do metalu powłoki i podłoża, co powoduje kruchość metalu, utratę własności sprężystych i pękanie. Niekiedy pojawia się tzw. porowatość wodorowa powłoki. Przyczyną tego zjawiska jest utrudnione odrywanie się pęcherzyków wodoru i „wrastanie” ich w warstwę powłoki. Aby temu zapobiec stosuje się substancje dodatkowe, ułatwiające odrywanie się pęcherzyków od powierzchni katodowej.

Jako substancje dodatkowe do kąpeli dodaje się rozmaite związki organiczne i nieorganiczne. Niekiedy dodaje się niewielką liczbę jonów metali innych niż osadzany. Substancje dodatkowe stosuje się w celu nadania warstwie nakładanej połysku, rozdrobnienia ziarn, ułatwienia wydzielania wodoru itp. Oprócz kąpeli, o strukturze i jakości uzyskanej powłoki w dużym stopniu decydują: przygotowanie podłoża oraz parametry procesu – gęstość prądu, temperatura, mieszanie kąpeli itp. W porównaniu z innymi metodami nakładania powłok powlekanie galwaniczne wykazuje zarówno wiele zalet, jak i wad.

Najważniejsze zalety powlekania galwanicznego to: możliwość ścisłej kontroli przebiegu procesu osadzania, małe straty osadzanego metalu, możliwość otrzymywania powłok o żądanej grubości, odpowiedniej strukturze i estetycznym wyglądzie, możliwość osadzania kilku warstw różnych metali i stopów, łatwość zabezpieczenia powierzchni nieprzeznaczonych do pokrywania. Ponadto zaletami powłok galwanicznych są: równomierność, czystość i dobra przyczepność do podłoża.

Wady metalizacji galwanicznej to: ograniczenie wymiarów powlekanych przedmiotów wymiarami wani galwanicznych, kruchość materiału podłoża wywołana dyfuzją wodoru, konieczność bardzo starannego przygotowania powierzchni przed jej powlekaniami.

22.2. Rodzaje powłok galwanicznych

Powłoki galwaniczne dzieli się na: ochronne, dekoracyjne, dekoracyjno-ochronne oraz techniczne.

Powłoki ochronne zabezpieczają metal podłoża przed korozją. Powłoka może stanowić ochronę mechaniczną lub elektrochemiczną. Ochrona mechaniczna polega na odizolowaniu metalu podłoża od otaczającego go środowiska. Ochronę elektrochemiczną stanowi powłoka z metalu mniej szlachetnego niż metal podłoża. W środowisku korozyjnym metal podłoża i metal pokrycia tworzą ogniwo, w którym „rozpuszczającą się” anodą jest pokrycie, a katodą – podłoże. Dzięki temu dopóki istnieje powłoka, metal podłoża nie ulega korozji. Ochronę elektrochemiczną stanowią np. powłoki cynkowe i kadmowe.

Powłoki dekoracyjne wykonuje się z chromu, złota, platyny itd. Ze względu na wysoki koszt w technice nie są one używane. Natomiast często stosuje się **powłoki dekoracyjno-ochronne**, które nie tylko nadają części estetyczny wygląd, ale i zabezpieczają ją przed korozją. Zadania te spełniają powłoki niklowe oraz wielowarstwowe powłoki nikiel-chrom, miedź-nikiel i miedź-nikiel-chrom. W tych ostatnich powłokach miedź stanowi warstwę pośrednią między metalem podłoża a pozostałymi warstwami. Nikiel spełnia funkcję ochronną. Ponieważ zarówno nikiel, jak i miedź są powłokami katodowymi – chroniącymi podłoże tylko mechanicznie – warstwy te muszą być grube (25 μm lub więcej) i możliwie szczelne. Najczęściej jako powłokę zewnętrzną nakłada się jeszcze cienką warstwę chromu (0,25÷2,5 μm), która zabezpiecza nikiel przed pokrywaniem się nalotem, zwiększa odporność na ścieranie oraz nadaje części srebrzystą barwę.

Powłoki techniczne stanowią dużą, odrębną grupę o bardzo różnorodnym przeznaczeniu. Największe zastosowanie mają powłoki chromowe. Stosuje się je do regeneracji zużytych części, w celu zwiększenia odporności powierzchni na ścieranie, a pokrycia chromowe porowate wykonuje się także w celu zmniejszenia tarcia współpracujących powierzchni. Pokrycia chromowe i niklowe nakłada się na powierzchnie lusterek reflektorów dla uzyskania połysku, a niklowe i żelazne – do regeneracji części. Jako zabezpieczenie powierzchni stalowych przed procesami obróbki cieplno-chemicznej (nawęglanie, azotowanie itp.) często stosuje się powłoki z miedzi. Do grupy powłok technicznych zalicza się także powłoki srebrne, ołowio-we, kadmowe, cynowe itp. W naprawach samochodów najczęściej stosuje się galwaniczne pokrywanie metali chromem, żelazem, niklem i cynkiem.

22.3. Chromowanie

Rozróżniamy powłoki chromowe dekoracyjno-ochronne oraz techniczne.

Powłoki dekoracyjno-ochronne z reguły nakłada się cienką warstwą (0,25÷2,5 μm). Warstwa ta musi być możliwie szczelna, ponieważ stanowi jedynie ochronę mechaniczną (chrom tworzy powłokę katodową). Czas nakładania tak cienkich powłok wynosi zaledwie kilka minut. W jednej wannie chromuje się zwykle jednocześnie kilka części. Gęstość prądu używanego w tym procesie jest nieduża i wynosi 8÷12 A/dm^2 . Umożliwia to stosowanie źródła prądu stałego o stosunkowo małej mocy. Głównymi składnikami elektrolitu są bezwodnik kwasu chromowego (CrO_3) i kwas siarkowy (H_2SO_4). Powłoki chromowe zachowują przez dłuższy czas odporność na działanie korozji atmosferycznej. Tracą one połysk i barwę dopiero pod wpływem wysokiej temperatury (400÷500 $^\circ\text{C}$). Powłoki chromowe cechuje duża twardość oraz doskonała przyczepność. Chromem pokrywa się wyroby stalowe, miedziane, mosiężne i niklowe.

Grubość **powłok technicznych** dochodzi do 0,25 mm. Stosuje się je do regeneracji części, których powierzchnia powinna być twarda, mało ścieralna i odporna na korozję. Odporność na korozję grubych powłok jest większa niż powłok dekoracyjno-ochronnych. Nie mają one jednak tak pięknego połysku jak powłoki cienkie. Dla uzyskania żądanej, niekiedy bardzo małej, chropowatości poddaje się je szlifowaniu. Czas nakładania grubych powłok technicznych w decydujący sposób wpływa

22.8. Zastosowanie powlekania galwanicznego w naprawach samochodów

Procesy galwaniczne, pomimo szkodliwego oddziaływania na środowisko, nadal są stosowane w naprawach części samochodów. Chromowanie stosuje się do regeneracji: czopów wałów korbowych, sworzni tłokowych, osi dźwigni zaworowych, wałków pomp oleju i wody, wałków skrzynki biegów (w miejscach osadzania łożysk), sworzni satelitów mechanizmu różnicowego czy czopów zwrotnic.

W przypadkach gdy w czasie regeneracji należy nałożyć stosunkowo grubą warstwę metalu, często stosuje się żelazowanie. Technologia ta, zwłaszcza przy dużym programie napraw, zapewnia znaczne oszczędności.

Chromowanie i niklowanie części w celach dekoracyjno-ochronnych jest ostatnią operacją procesu naprawy tych elementów. Także ochronne powłoki cynkowe nakłada się wyłącznie na te powierzchnie, na które nałożono je w procesie produkcji, wyłączając cynkowane blachy nadwozia.

W naprawach samochodów, oprócz chromowania, żelazowania, niklowania i cynkowania, stosuje się także inne procesy elektrolityczne. Na przykład, jako ochronę przed nawęglaniem (w procesach wytwarzania części zamiennych) stosuje się miedziowanie powierzchni. Cynowanie tłoków i pierścieni tłokowych przyspiesza docieranie.

22.9. Zasady bhp przy galwanicznym nakładaniu powłok

Pracownicy galwanizerni muszą być przeszkoleni w zakresie obowiązujących w tym dziale przepisów bhp. Zwłaszcza powinni oni zdawać sobie sprawę z zagrożenia, jakie stanowią chemikalia stosowane w procesach galwanicznych, oraz umieć udzielić sobie i innym pierwszej pomocy.

Najpoważniejszymi wypadkami w galwanizerniach są zatrucia cyjankami lub kwasem cyjanowodorowym, poparzenia kwasami i alkaliami oraz poparzenia lub zatrucia innymi substancjami wchodzącymi w skład kąpiele.

Sole cyjankowe są bardzo niebezpieczne dla życia ludzkiego. Dla człowieka śmiertelna dawka cyjanku potasu wynosi 0,2 g. Podczas działania kwasem na sole cyjankowe wydziela się silnie trujący gaz – cyjanowodór. Sole cyjankowe powinny być przechowywane w szczelnych naczyniach, w oddzielnym magazynie wyposażonym w dobrze działającą wentylację. Do pomieszczenia tego wolno wchodzić tylko w kompletnym stroju ochronnym i w masce. Podobne środki ochronne należy stosować przy kąpielach cyjankowych.

Ochronę przed poparzeniami kwasem lub alkaliami stanowi odpowiedni ubiór ochronny. Należy pamiętać, że inny ubiór stosuje się do pracy przy kąpielach kwaśnych, a inny przy alkalicznych.

Wypadki poparzeń i zatrucia często się zdarzają podczas transportu lub przelewania kwasów. Rozbicie szklanych balonów może spowodować poparzenia (nawet śmiertelne), uszkodzenia oczu, rąk lub twarzy.

Każdy pracownik wydziału galwanizerni powinien:

- ściśle przestrzegać wszystkich przepisów dotyczących obsługi poszczególnych urządzeń,
- nosić odzież ochronną odpowiednią do wykonywanych czynności,
- dbać o jej czystość oraz czystość otoczenia,
- znać sposoby udzielania pierwszej pomocy,
- natychmiast meldować o każdym, nawet pozornie błahym, wypadku lub zauważonym zagrożeniu.