



9. Materiały lakiernicze, kleje i materiały smarne

Wiesław Żelasko

9.1 Wprowadzenie

W budowie maszyn i urządzeń znajduje zastosowanie bardzo duża liczba surowców, które określane są jako materiały pomocnicze. Pomimo nazwy, która może sugerować, że są one mało istotne, ich dobór odbywa się z uwzględnieniem wielu czynników, tak jak w przypadku materiałów konstrukcyjnych. Nieodpowiednie zastosowanie materiałów pomocniczych może spowodować, że zaprojektowane i wykonane urządzenie, którym może być np. pojazd mechaniczny, samolot czy maszyna produkcyjna, ulegnie szybkiemu zużyciu. Często takie postępowanie może doprowadzić do poważnej awarii, a nawet katastrofy.

Dlatego też ważne jest stosowanie w procesach wytwarzania materiałów pomocniczych, które można podzielić na:

- materiały wykończeniowe, ochronne i dekoracyjne, takie jak farby, emalie, lakiery, powłoki polimerowe, powłoki metaliczne i niemetaliczne;
- materiały umożliwiające trwałe łączenie części, takie jak kleje, kity;
- materiały umożliwiające eksploatację urządzeń, takie jak smary, materiały uszczelniające, chłodziwa, paliwa;
- materiały stosowane w procesach technologicznych, takie jak materiały ściernicze, paliwa, papier, kreda, kalafonia itp.

9.2 Materiały lakiernicze

Materiały lakiernicze to substancje wieloskładnikowe nanoszone na powierzchnię zewnętrzną części maszyn, które tworzą błonę utrzymywaną siłami adhezji (przyczepności). Po wyschnięciu i utwardzeniu nazywane są powłokami lakierniczymi i mają za zadanie spełnianie wielu funkcji. Do najważniejszych z nich należą m.in. ochrona metali przed korozją, drewna przed procesami gnilnymi, połysk, osiągnięcie efektów dekoracyjnych itp. Wiele powłok lakierniczych ma również za zadanie spełnianie określonych, specjalnych funkcji użytkowych, takich jak przewodność cieplna, przewodność elektryczna, odporność na działanie światła. Materiały lakiernicze, w dużym stopniu, zwiększają okres eksploatacji i trwałość elementów konstrukcyjnych, części maszyn i kompletnych urządzeń.

Do najważniejszych wymagań stawianych pokryciom lakierniczym należą: wysoka przyczepność do podłoża, porównywalny współczynnik rozszerzalności cieplnej powłoki i lakierowanego materiału, wysoka ściśliwość, brak porowatości, wysoka elastyczność przy odpowiednio wysokiej twardości i wytrzymałości, odporność cieplna i odporność chemiczna.



Rysunek 9.1: Utwardzanie powłoki lakierniczej na gotowym wyrobie

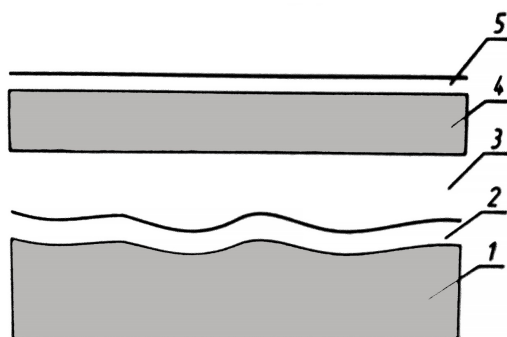
Jakość i wytrzymałość powłok lakierniczych zależy od ich składu chemicznego, rodzaju lakierowanego materiału, przygotowania powierzchni, technologii i jakości nanoszonego pokrycia. Podstawowymi składnikami materiałów lakierniczych są środki błonotwórcze, rozpuszczalniki i pigmenty.

Środki błonotwórcze zapewniają lakierom zdolność zwilżania powierzchni i tworzenia błony lakierniczej. Określają one również podsta-

wowe właściwości lakierów. Do najważniejszych środków błonotwórczych należą oleje roślinne, żywice epoksydowe i poliestrowe, polimery, kauczuki. Stąd też od nazwy środka błonotwórczego powstały nazwy lakierów: lakiery olejne, żywiczne, silikonowe czy chlorokauczukowe.

Rozpuszczalnikami lakierów olejnych może być aceton, benzyna, terpentyna czy alkohole. W celu przyspieszenia schnięcia powłoki lakierniczej stosowane są utwardzacze i aktywatory. Rolę katalizatora, który wiąże nałożoną powłokę z podłożem pełnią krzemiany, olejowe roztwory tlenków kobaltu, cynku i ołowiu. Ponadto w składzie materiałów lakierniczych znajdują się różnego rodzaju barwniki, substancje matujące i antyutleniające.

Ze względu na sposób schnięcia, rozróżnia się powłoki lakiernicze utwardzające się pod wpływem powietrza w temperaturze otoczenia lub w podwyższonej temperaturze 80-200°C.



Rysunek 9.2: System pokrycia lakierniczego: 1-metal podłoża, 2-grunt, 3-szpachlówka, 4-lakier barwny, 5-lakier bezbarwny

Oprócz lakierów, do materiałów lakierniczych zalicza się również grunty i szpachlówki. Grunty są dolnymi warstwami pokrycia i mają za zadanie zapewnienie odpowiedniej przyczepności do podłoża. Zawierają różnego rodzaju dodatki, takie jak sole kwasu chromowego, minię ołowianą czy biel cynkową. Szpachlówka to zagęszczona masa, która służy do wyrównywania powierzchni przed procesem lakierowania. Najlepszą jakość i trwałość powłoki lakierniczej, nakładanej na różne części maszyn, można osiągnąć poprzez utworzenie pokrycia wielowarstwowego. Połączenie ze sobą, w odpowiedniej kolejności, warstw materiałów lakierniczych nosi nazwę systemu zabezpieczenia lakierniczego. Ogólna liczba warstw może wynosić od 2 do 14, grubość pojedynczej warstwy gruntu i lakieru wynosi 10-26 μm , a szpachlówki do 1 mm.

Na poniższym rysunku 9.3 przedstawiono charakterystykę i zastosowanie najczęściej stosowanych materiałów lakierniczych.

Rodzaje lakierów	Substancje błonotwórcze	Rozpuszczalniki	Zastosowanie
Olejne	schnące oleje roślinne, np. lniany, drzewny, pokost	olej terpentynowy, benzyna	A, B
Olejno-żywiczne	oleje roślinne + żywice fenolowo-formaldehydowe, ftalowe, modyfikowane	węglowodory, benzyna	A, B, C
Żywiczne	żywice aminowe, poliestrowe, epoksydowe, fenolowe	estry, ksylen butanol, węglowodory aromatyczne	A, B, C
Polichlorowinyłowe	polimery i kopolimery chlorku winylu, chlorowany polichlorek winylu	estry, ketony, węglowodory aromatyczne	A, C
Chlorokauczukowe	chlorokauczuk z dodatkami oleju lnianego lub żywicy ftalowej	estry, ketony, węglowodory aromatyczne	B, C
Specjalne:			
<ul style="list-style-type: none"> silikonowe 	żywice i kauczuki silikonowe	chlorowcopodobne węglowodanów, węglowodory aromatyczne	B, C (do 300°C)
<ul style="list-style-type: none"> poliimidowe 	poliaminokwasy	dwumetyloformamid	C (do 350°C)
<ul style="list-style-type: none"> poliamidowe (najczęściej proszkowe, tzw. bezrozpuszczalnikowe) 	poliamidy	krezol	B, C
<ul style="list-style-type: none"> nitrocelulozowe 	żywice nitrocelulozowo-uretanowe, nitro-amino-formaldehydowe	estry, ketony,	B, C (karoserie samochodowe)

A - stosowane do pokrywania przedmiotów, znajdujących się pod wpływem działania czynników atmosferycznych

B - do pokrywania powierzchni narażonych na wpływy atmosferyczne

C - na powłoki o specjalnych wymaganiach cieplnych i chemicznych

Rysunek 9.3: Charakterystyka niektórych materiałów lakierniczych

9.3 Kleje

Kleje są substancjami chemicznymi produkowanymi na bazie polimerów. Ich cechą charakterystyczną jest możliwość powstawania cienkich warstw (błon), które tworzą silne powiązanie pomiędzy klejonymi materiałami. W porównaniu z innymi metodami, takimi jak spawanie,

zgrzewanie czy nitowanie, powstające w ten sposób połączenia posiadają wiele zalet, co pozwala na zastąpienie innych metod łączenia części maszyn.

Do najważniejszych zalet połączeń klejonych należą:

- możliwość trwałego i łatwego łączenia różnych materiałów, np. metali ze szkłem, ceramiką, tworzywami sztucznymi, drewnem czy kompozytami;
- możliwość łączenia materiałów o różnych grubościach, bez możliwości powstania pęknięć i niepożądanych uszkodzeń;
- brak możliwości wystąpienia korozji;
- brak dodatkowych elementów osłabiających konstrukcję przez otwory pod śruby, nity, kołki;
- dobra izolacja cieplna i elektryczna;
- niewielka masa połączenia;
- niska cena wykonania połączenia.

Do wad połączeń klejonych należy, przede wszystkim, niewielka trwałość cieplna podczas długotrwałej eksploatacji oraz niska wytrzymałość w przypadku nierównomiernego obciążenia. Jakość połączenia klejonego zależy głównie od zjawiska adhezji, czyli siły, która powoduje związanie kleju z powierzchnią łączonych materiałów.

Do produkcji klejów stosowane są głównie polimery termoplastyczne i termoutwardzalne. Kleje na bazie polimerów termoplastycznych używane są do wykonywania połączeń, od których nie wymaga się wysokiej wytrzymałości. Dlatego też są one wykorzystywane do klejenia papieru, kartonu i tkanin. Wraz ze wzrostem temperatury nałożona warstwa kleju zaczyna mięknąć, co powoduje rozklejanie połączonych elementów.

Znacznie wyższą wytrzymałość mają kleje sporządzone z żywic termoutwardzalnych, zawierających utwardzacze, środki przyspieszające proces utwardzania, napełniacze i plastyfikatory pozwalające na uzyskanie trwałego i mocnego połączenia. Kleje takie mogą być utwardzane w temperaturze otoczenia lub na gorąco. Kleje niskotemperaturowe są przygotowane bezpośrednio przed użyciem, natomiast kleje do łączenia na gorąco są przygotowywane bezpośrednio u producenta.

Najszerze zastosowanie mają kleje na bazie żywic epoksydowych. Służą one do łączenia metali z materiałami niemetalowymi. Mogą pracować w szerokim zakresie temperatur od -253°C do 1000°C i zachowują dużą wytrzymałość w cyklicznych warunkach pracy.

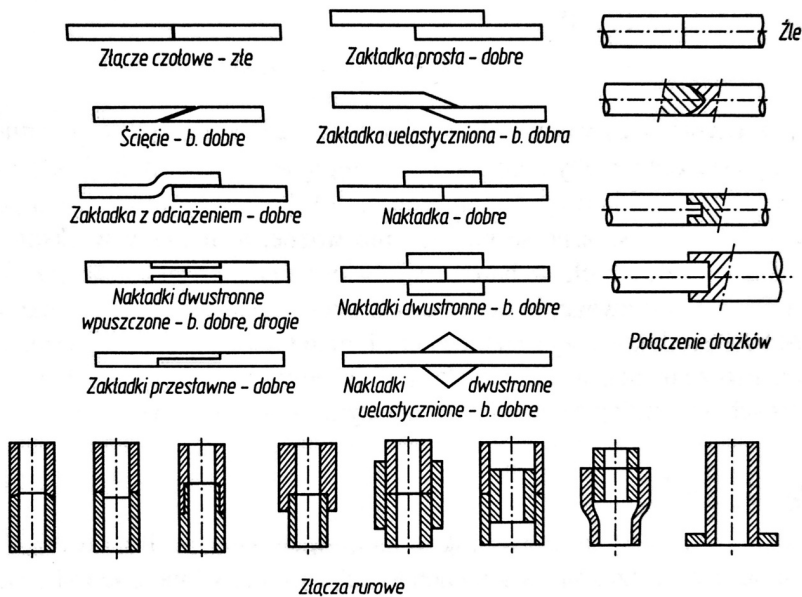
Kleje żywiczne mogą występować w stanie ciekłym, w postaci pasty lub folii. Oprócz tej grupy dużym zainteresowaniem cieszą się kleje

poliuretanowe, kauczukowe oraz różnego rodzaju ich mieszanki. W radiotechnice i elektronice stosowane są kleje galowe (klej-lutowie). Uzyskane w ten sposób połączenia posiadają bardzo dobre przewodnictwo cieplne i elektryczne, wysoką wytrzymałość i stabilność eksploatacyjną w temperaturach 196-800°C.

Klejenie metali znalazło szerokie zastosowanie przy nakładaniu okładzin ciernych, łączeniu blach i rur. Obecnie jest również wykorzystywane podczas napraw istniejącej konstrukcji czy pęknięć odlewniczych form ciśnieniowych. Połączenia klejone stosuje się również w konstrukcjach lotniczych i pojazdach kosmicznych.

9.4 Wytrzymałość połączeń klejonych

Wytrzymałość złącza klejonego zależy od rodzaju użytego kleju i łączonych materiałów. Na jego własności eksploatacyjne ma również wpływ konstrukcja złącza, rodzaj występującego obciążenia oraz przygotowanie powierzchni łączonych materiałów.



Rysunek 9.4: Przykłady złączy klejonych

W celu uzyskania połączenia o wysokiej jakości należy odpowiednio zwilżyć klejone powierzchnie. Warstwa kleju musi być wolna od pęcherzy, a powierzchnia powinna być przygotowana zgodnie z technologią

zalecaną dla danego rodzaju kleju. Wytrzymałość złącza klejonego zależy również od grubości warstwy kleju, która powinna wynosić około 0,1 mm. Należy także uwzględnić zasadę, że im większa powierzchnia klejona, tym złącze będzie bardziej wytrzymałe. Na rysunku 9.4 przedstawiono, jak można zwiększyć powierzchnię klejenia w różnych połączeniach poprzez zastosowanie nakładek i wpustów. W celu uzyskania dobrej przyczepności kleju do powierzchni metalu należy:

- usunąć z powierzchni metalu korozji, kurzu i zanieczyszczeń mechanicznych;
- odtłuścić klejone powierzchnie;
- wytrawić powierzchnię z użyciem środków chemicznych.

Powyższe zabiegi są powszechnie stosowane w lakiernictwie, galwanizerniach i procesach technologicznych wymagających dużej czystości powierzchni. Odpowiednie przygotowanie powierzchni przed procesem klejenia, pozwala na kilkakrotne zwiększenie wytrzymałości połączenia. Można to sprawdzić na przykładzie połączenia próbek aluminiowych na zakładkę klejem epoksydowym. Łączone materiały zostały przygotowane do procesu klejenia w różny sposób. Następnie sprawdzono ich wytrzymałość na rozciąganie i uzyskano następujące wyniki dla wykonanych spoin:

- szlifowanie papierem ściernym – 53 MPa;
- odtłuszczenie acetonem i szlifowanie papierem ściernym – 78 MPa;
- odtłuszczenie benzyną ekstrakcyjną, wytrawienie i wysuszenie – 195 MPa.

Przy przygotowywaniu materiałów do klejenia należy pamiętać, aby nie dotykać powierzchni po wytrawieniu ręką. Można to robić jedynie w rękawiczkach. Nie należy również przetrzymywać wytrawionych przedmiotów na powietrzu dłużej niż 15 minut, ponieważ mogą się one pokryć warstwą pasywacyjną - uniemożliwiającą odpowiednie sklejenie.

9.5 Materiały smarne

Materiały smarne to substancje wprowadzone pomiędzy przemieszczające się względem siebie powierzchnie, których zadaniem jest zmniejszenie występujących oporów tarcia i ochrony przed korozją. Bez ich zastosowania, eksploatacja i praca wielu maszyn i urządzeń, byłaby niemożliwa do realizacji.

W przyrodzie występują także smary. Naturalnym smarem jest tzw. maź stawowa w kolanie, smarująca chrząstki na końcach kości i umożliwiająca ich skręcanie.

W zależności od konsystencji, materiały smarne możemy podzielić na ciekłe (oleje) i półstałe (smary). Substancje te odgrywają ważną rolę w technice. Jak wiadomo siła tarcia przy ruchu zależy od siły nacisku i chropowatości powierzchni, ale nawet najlepiej obrobione powierzchnie nie są idealnie gładkie. Wprowadzony olej lub smar - pomiędzy powierzchnie trące - wypełnia przestrzeń pomiędzy nimi, co powoduje zmniejszenie tarcia między cząsteczkami.

W starożytności materiałami smarnymi były masło, oliwa lub ciastowata glina. Obecnie w wyniku występujących dużych prędkości i obciążeń w maszynach i urządzeniach, wytwarzanie środków smarnych należy do najważniejszych problemów związanych z eksploatacją.

W silniku samochodowym, w sposób ciągły, pompowany jest olej, który smaruje wszystkie ruchome części, chroniąc je w ten sposób przed ścieraniem i nadmiernym rozgrzaniem. W trakcie wykonywania odwiertów w głąb ziemi, w celu dostania się do pokładów ropy naftowej, płynne błoto jest ciągle włączane do otworu w celu zapewnienia smarowania i chłodzenia wiertła. Praktycznie we wszystkich urządzeniach mechanicznych stosowane są materiały smarujące.

Głównymi cechami charakterystycznymi materiałów smarnych są:

- **Lepkość** – jest to opór wewnętrzny spowodowany tarciem o siebie substancji podczas ich wzajemnego przesuwania się. Jest parametrem, który charakteryzuje stopień płynności oleju. Rozróżnia się lepkość dynamiczną i kinematyczną, która może się zmieniać w zależności od temperatury.
- **Smarność** – jest to odporność na przerywanie warstwy granicznej i określa przydatność oleju dla danej pary trącej, w warunkach tarcia granicznego.
- **Przyczepność** – jest to zdolność smaru do przyczepiania się do powierzchni smarowanej części, która im większa, tym trwalsza warstewka smaru rozdzielająca obie współpracujące powierzchnie.
- **Trwałość** – jest to odporność smaru na działanie czynników zewnętrznych, takich jak np. podwyższona temperatura, wilgoć powodująca powstawanie kwasów i związków chemicznych. Substancje te obniżają właściwości smarownicze i mają negatywny wpływ na powierzchnię metali.

Oleje

Rozróżnia się następujące rodzaje olejów:

- mineralne,
- syntetyczne,

- pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.

Oleje mineralne są otrzymywane poprzez destylację lub rafinację ropy naftowej i charakteryzują się stałością właściwości smarowniczych. Oleje syntetyczne częściowo lub całkowicie składają się z substancji syntetycznych zapewniających im wymagane właściwości. Największe zastosowanie spośród olejów pochodzenia roślinnego ma olej rycynowy, stosowany do smarowania maszyn i urządzeń pracujących pod dużym obciążeniem i w wysokiej temperaturze. Olej rzepakowy jest przeznaczony do smarowania łożysk. Inne oleje roślinne, takie jak olej kokosowy, słonecznikowy czy sojowy są stosowane jako domieszki do smarów.

Oleje pochodzenia zwierzęcego, takie jak olej kostny czy tłuszczce zwierzęce są używane jako dodatki do wysokogatunkowych smarów.

W zależności od przeznaczenia wyróżnia się również oleje przekładniowe, maszynowe, turbinowe, hydrauliczne, konserwacyjne itp. Przy jego doborze należy uwzględnić warunki pracy urządzenia, na podstawie norm i katalogów środków smarnych.

Smary stałe

Smary stałe - dzięki swej budowie - wykazują jednocześnie właściwości ciał stałych i cieczy. Pod wpływem niewielkich nacisków smary zachowują się jak ciała stałe, ulegając elastycznemu odkształceniu. W przypadku przekroczenia zakresu dopuszczalnej wytrzymałości, ich odkształcenie następuje w sposób nieodwracalny i następuje ich „płynięcie”, smarując jednocześnie współpracujące części maszyn.

Podstawowymi składnikami smarów są oleje i środki zagęszczające. Wszystkie smary mają budowę koloidalną, gdzie fazą rozpuszczającą jest olej, natomiast fazę rozpuszczaną stanowią środki zagęszczające. Środkami zagęszczającymi są mydła, a do wyrobów o specjalnych właściwościach substancje nieorganiczne, takie jak np. glina, grafit lub dwusiarczki molibdenu.

Smary syntetyczne są otrzymywane z oleju silikonowego i estrowego oraz syntetycznych środków zagęszczających, np. modyfikowanej krzemionki. Natomiast wazeliny i smary ochronne są wytwarzane poprzez zagęszczenie olejów mineralnych parafiną.

Smary stałe stosuje się, gdy :

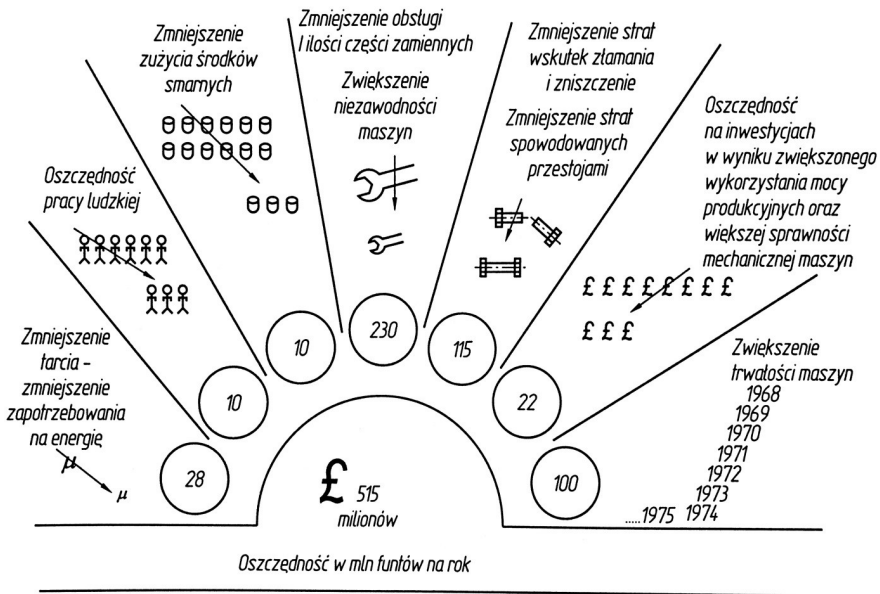
- powierzchnie współpracujące ze sobą nie mogą, ze względu na kształt, utrzymać innych środków smarnych;
- uszczelnienie smarowanych powierzchni jest utrudnione;
- urządzenia pracują pod znacznym obciążeniem i w podwyższonej

temperaturze.

Smary stałe, ze względu na zastosowanie, można podzielić na smary do łożysk ślizgowych, tocznych, maszynowe, ochronne, do przekładni zębatych, walców itp.

Smarami, które odznaczają się odpornością na działanie wilgoci są smary wapniowe (towoty). W urządzeniach pracujących pod dużym obciążeniem i podczas docierania silników spalinowych, używane są smary grafitowe.

Ze względu na zmienne warunki pracy, istnieje bardzo duża grupa smarów stałych. Wymagania im stawiane są obecnie bardzo wysokie i mogą je spełnić tylko smary wielofunkcyjne, które nadają się do pracy w bardzo szerokim zakresie eksploatacji. Pozwala to również na ograniczenie kosztów związanych ze zużyciem maszyn i urządzeń.



Rysunek 9.5: Oszczędności w Wielkiej Brytanii w wyniku zastosowania środków smarnych

Właściwości materiałów smarnych

Właściwości materiałów smarnych, w czasie przechowywania, mogą się zmieniać pod wpływem temperatury, wilgoci, ilości i zapylenia powietrza oraz działania promieni słonecznych.

Podobnie, jak w przypadku paliw, smary powinny być przecho-

wywane w specjalnych magazynach, z zachowaniem przepisów bezpieczeństwa przeciwpożarowego. Zgodnie z przepisami BHP, w każdym magazynie materiałów smarnych powinny znajdować się gaśnice proszkowe. Instalacje elektryczne powinny być umiejscowione pod tynkiem, a włączniki na zewnątrz pomieszczenia. Nie wolno wchodzić z zapalonym papierosem i urządzeniami, które mogą powodować iskrzenie. W normalnych warunkach eksploatacji nie ulegają one samozapłonowi, ale np. zaoliwione szmaty za kaloryferem lub składowane w pojemnikach mogą być przyczyną pożaru.

Niedopuszczalne jest pozostawianie smarów na wolnym powietrzu, z narażeniem na działanie promieni słonecznych. Wraz z upływem czasu tracą one swoje właściwości, dlatego nie powinny być one przechowywane dłużej niż 2 lata.

Środki smarne, pracujące w maszynach i urządzeniach, z upływem czasu tracą swoje właściwości ze względu na zanieczyszczenie płynem, wilgocią i zanieczyszczeniami. Można je poddawać procesowi regeneracji. Należy jednak zwrócić uwagę, aby zużyte oleje były posegregowane według gatunku i stopnia zanieczyszczenia. Nie można mieszać cieplejszych olejów ze smarami stałymi, ponieważ proces oczyszczania takich materiałów jest bardzo skomplikowany. Regeneracja pozwala nie tylko na uzyskanie produktów o wysokiej jakości, ale również ochronę środowiska naturalnego, ponieważ oleje i smary mogą powodować jego degradację.

9.6 Ćwiczenie do samodzielnego wykonania

Ćwiczenie 9.1 — Wykonanie kleju w domu.

W warunkach domowych można wykonać klej przy pomocy tanich i ogólnodostępnych składników. W tym celu należy podgrzać 0,5 l chudego mleka z 2 łyżkami stołowymi octu, jednocześnie przez cały czas je mieszając. W ten sposób zostanie utworzona grudkowata substancja, nazywana kazeiną. Następnie należy odcedzić kazeinowe grudki i zmieszać je z 2 łyżkami stołowymi wody i 6 łyżkami sody oczyszczonej. Po rozrobieniu powstałej masy należy ją przetrzeć przez sito i odstawić na 24 godziny. Po tym czasie klej jest gotowy do użytku. Można go wykorzystać z powodzeniem do klejenia papieru. Trwałe połączenie powstanie po kilku minutach, kiedy klej wyschnie. W przypadku, gdy istotny jest czas klejenia, można użyć

klejów umożliwiających wykonanie połączenia w ciągu kilku sekund. Substancje takie łączą ze sobą wszystkie rodzaje powierzchni, należy jednak pamiętać o zachowaniu ostrożności podczas obchodzenia się z takim klejem. Każde zetknięcie ze skórą lub okiem może być niebezpieczne. ■

