

21.1. Rodzaje zużycia urządzeń

Użytkowane urządzenia mogą osiągnąć właściwą wydajność tylko wówczas, gdy ich mechanizmy będą miały zapewnione warunki pracy zgodne z ich założeniami i właściwościami konstrukcyjnymi. Zmiana tych warunków odbija się na pracy całego urządzenia, powodując przyspieszone zużycie mechanizmów i części, a nawet ich uszkodzenie.

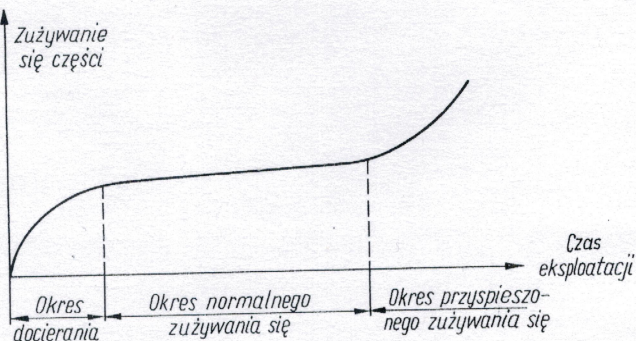
Dokładne spełnianie warunków określonych w instrukcji producenta jest najważniejszym czynnikiem prawidłowej eksploatacji. W czasie eksploatacji urządzenie zużywa się, czyli następuje pogorszenie jego stanu technicznego. Urządzenie zużywa się naturalnie, nawet przy bardzo prawidłowej jego eksploatacji.

Naturalne zużycie urządzeń zależy od ich konstrukcji, a w szczególności od rodzaju połączeń. Naturalne zużycie rośnie proporcjonalnie do czasu pracy urządzenia. Tylko do określonej granicy zużycie nie powoduje zmian w jakości pracy mechanizmu i wtedy jest uważane za zużycie naturalne i dopuszczalne. Później następuje **zużycie niszczące**. Należy więc dokładnie uchwycić moment, w którym mechanizm osiągnął zużycie dopuszczalne i dokonać naprawy zapobiegającej zużyciu niszczącemu.

Zużycie naturalne dzieli się na mechaniczne i chemiczne.

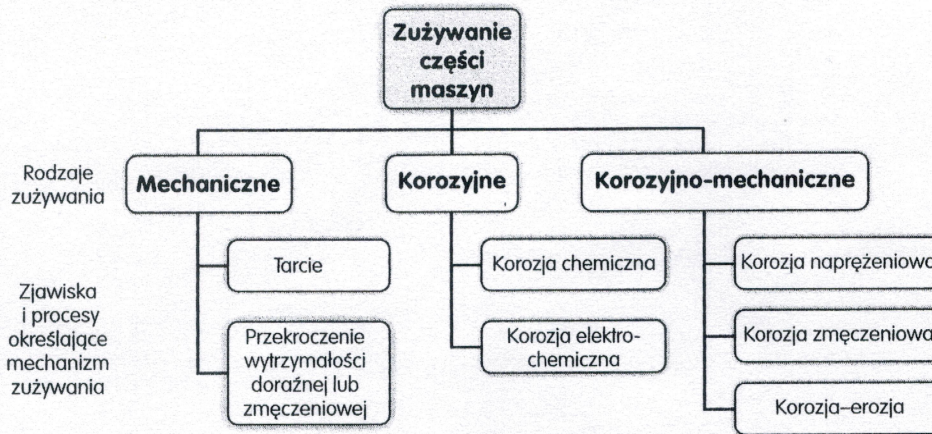
Zużycie mechaniczne następuje przede wszystkim na skutek tarcia powstającego między współpracującymi ze sobą powierzchniami. Powoduje ono zmianę wymiarów i kształtów współpracujących części, a zatem powstawanie nadmiernych luzów. Zależność zużywania się części od czasu eksploatacji pokazano na rys. 21-1.

Rys. 21-1. Zależność zużywania się części od okresu eksploatacji [8]



Zużycie chemiczne polega na zmianach w strukturze powierzchni współpracujących części, powstających w wyniku korodującego oddziaływania kwasów zawartych w olejach i smarach oraz oddziaływania środowiska, w którym jest użytkowane urządzenie. Rozróżnia się również pojęcie **niszczenia korozyjnego**, które może być niezależne od użytkowania urządzenia, a wynikać z oddziaływania korodującego środowiska (np. pary kwasów w akumulatorni).

W zależności od czynników mających wpływ na proces zużycia chemicznego rozróżniamy korozję chemiczną i elektrochemiczną.



Rys. 1.9. Rodzaje zużywania części maszyn

Zużywanie mechaniczne części maszyn wskutek tarcia

W urządzeniach mechanicznych podstawowymi częściami trącymi są:

- łożyska ślizgowe poprzeczne pracujące w ruchu obrotowym – tarcie ślizgowe;
- łożyska ślizgowe poprzeczne pracujące w ruchu obrotowo-zwrotnym (wahadłowym) – tarcie ślizgowe;
- prowadnice pracujące w ruchu postępowo-zwrotnym – tarcie ślizgowe;
- przekładnie zębate pracujące z reguły przy tarcu ślizgowo-tocznym;
- łożyska toczne o różnym profilu elementu tocznego i różnym kierunku przenoszenia sił (wzdłużne, poprzeczne) pracujące przy tarcu tocznym;
- napędy krzywkowe pracujące przy tarcu tocznym lub ślizgowym.

Trwałość elementów maszyn zależy od tego, czy między współpracującymi powierzchniami występuje tarcie toczne czy ślizgowe. Należy dążyć do zmniejszenia

szania tarcia ślizgowego przez zastosowanie elementu pracującego w warunkach tarcia tocznego oraz dobór odpowiednich środków smarnych. W wyniku tarcia następuje:

- ubytek materiału z powierzchni tarcia,
- zmiana właściwości warstwy wierzchniej (zwykle zmniejsza się odporność na zużywanie),
- pogarszanie jakości powierzchni tarcia, zwiększenie chropowatości, powstanie rys, pęknięć powierzchniowych i jam po wyrwanych cząstkach materiału.

Zjawiska cieplne, które towarzyszą tarcu, powodują zmiany strukturalne w warstwach wierzchnich, w związku z czym zmniejsza się ich twardość i wytrzymałość. Przeróbka plastyczna i prawidłowo przeprowadzona obróbka skrawaniem uodparnia tę warstwę przed zużywaniem, natomiast tarcie powoduje takie odkształcenia mechaniczne i zmiany termiczne, w wyniku których szybciej się ona zużywa. W miarę ubytku materiału z powierzchni odkształcenie i inne zmiany postępują w głąb materiału. Wskutek deformacji powierzchni, gdy występy nie mają kształtu ostrza, lecz są zaokrąglone, następuje wyrywanie cząstek materiału. Jest to powszechne niemal we wszystkich przypadkach tarcia suchego.

Łagodniejsze tarcie to jednocześnie mniejsze zmiany w warstwie wierzchniej i mniejszy ubytek materiału, a więc powolniejszy proces zużywania. Dla tego podstawowym zadaniem eksploatatora jest stworzenie takich warunków, w których wartość współczynnika tarcia będzie jak najmniejsza.

1.2. Fizykochemiczne podstawy eksploatacji maszyn

1.2.1. Tarcie

Tarcie to zjawiska przeciwdziałające ruchowi względnemu stykających się ze sobą dwóch ciał (tarcie zewnętrzne) lub elementów tego samego ciała (tarcie wewnętrzne).

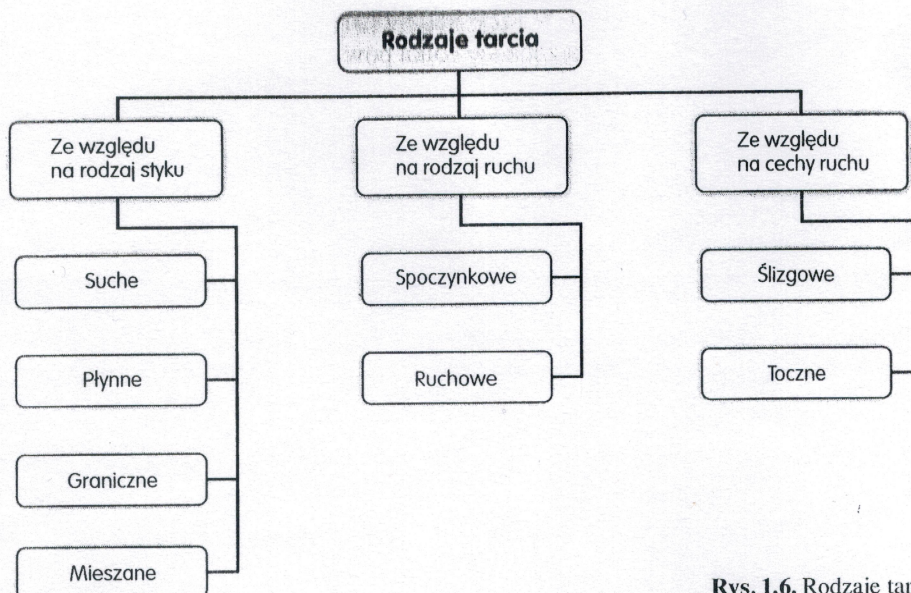
W przyrodzie tarcie jest zjawiskiem powszechnym i stanowi podstawową przyczynę niszczenia części maszyn i utraty ich właściwości użytkowych. Wywołuje powstawanie ubytku materiału z powierzchni i narastanie zmian w warstwie wierzchniej materiału. Towarzyszą mu: korozja, erozja, odkształcenie plastyczne itp. Tarcie i towarzyszące mu zużywanie części maszyn z reguły prowadzą do pogorszenia się jakości powierzchni części trących, co powoduje utratę ich właściwości użytkowych lub nawet konieczność wycofania z eksploatacji, a także pęknięcia lub złamania części przy dostatecznie dużym zmniejszeniu ich przekroju, co zawsze jest przyczyną awarii.

Tarcie powoduje straty energii, zużywanie powierzchni części współpracujących i wzrost ich temperatury, a także drgania i efekty akustyczne. Nie można uniknąć tarcia, natomiast można je złagodzić przez zmianę jego rodzaju.

W urządzeniach mechanicznych tarcie występuje we wszystkich zespołach i mechanizmach ruchowych. Może mieć charakter pozytywny (pożądany), z czym mamy do czynienia w takich zespołach, jak: sprzęgła cierne, hamulce, niektóre napędy cięgnowe (paski klinowe), przekładnie cierne i inne, lub negatywny, gdy powoduje niepożądane opory ruchu, a przez to straty energii i zużywanie części współpracujących – np. w łożyskach, przekładniach zębatych, prowadnicach i różnego rodzaju przegubach.

Rodzaje tarcia

Rozróżnia się tarcie wewnętrzne i zewnętrzne. **Tarcie wewnętrzne** to opór powstający między elementami jednego ciała. W ciałach stałych tarcie jest uzależnione od właściwości tłumiących materiałów, natomiast w płynach od lepkości. Opory tarcia wewnętrznego wynikają z istnienia sił kohezji (sił wzajemnego



Rys. 1.6. Rodzaje tarcia

przyciągania się cząsteczek ciała) i zależą od swobody przemieszczania się tych cząsteczek. Najmniejsze występują w gazach, a największe w ciałach stałych. Tarcie wewnętrzne występuje również w cieczy podczas przesuwania względem siebie

Smarowanie- doprowadzanie smaru stałego (plastycznego), ciekłego (oleju), ciała stałego (np. grafit) bądź gazowego w miejsce styku współpracujących części maszyn lub urządzeń. Przy konstrukcji poszczególnych węzłów tarcia, należy przewidzieć odpowiednie smarowanie, gdyż ma ono decydujący wpływ na użycie cierne a tym samym na ich niezawodność i trwałość oraz na straty mocy (dyssypacje). Środek smarny jest częścią konstrukcyjną maszyny. Najkorzystniejsze smarowanie uzyskuje się dzięki środkom smarnym płynnym gdyż najłatwiej i najprecyzyjniej można je doprowadzić do węzłów tarcia.

Zadaniami smarowania są:

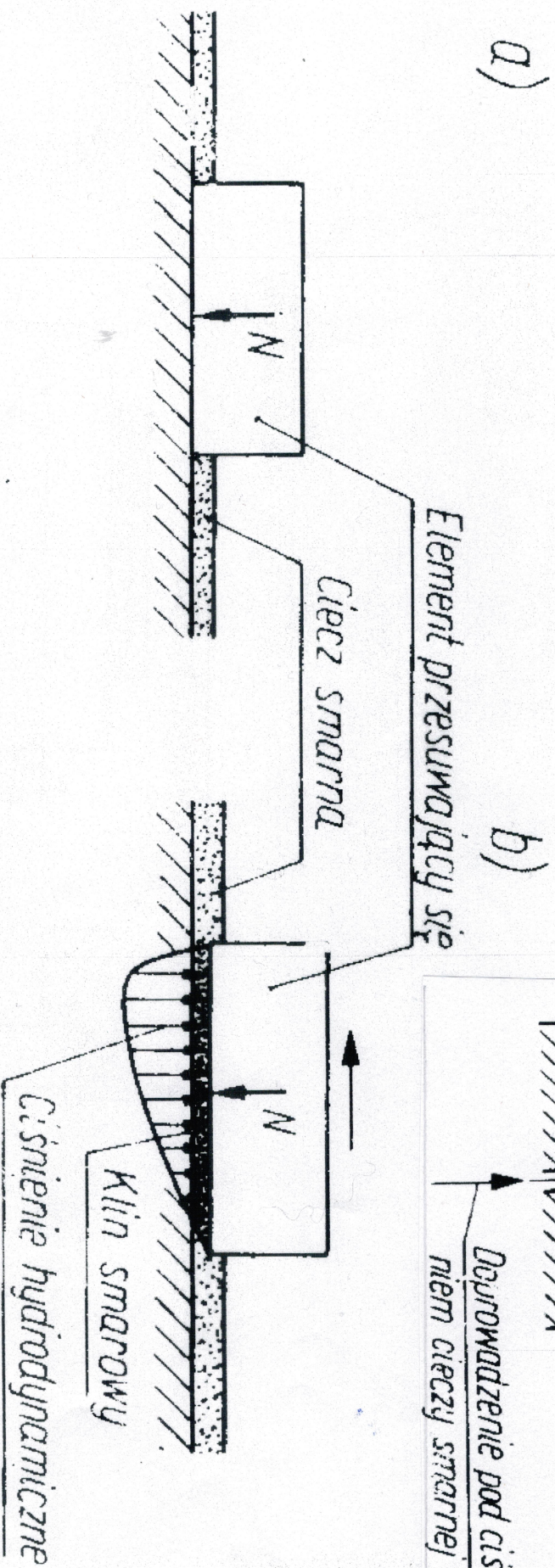
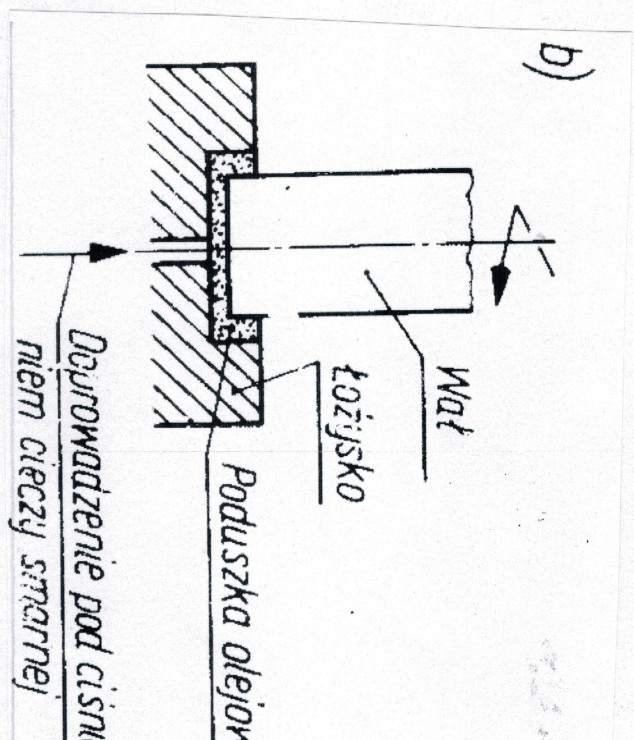
- zmniejszanie tarcia,
- usuwanie zanieczyszczeń ze współpracujących części,
- ochrona przed korozją,
- odprowadzanie ciepła z obszaru tarcia,
- tłumienie drgań,
- amortyzacja obciążeń uderzeniowych,
- zmniejszenie luzów i skutków ich pomniejszania się.

Proces smarowania: Celem smarowania jest uzyskanie tarcia płynnego. Może to być osiągnięte poprzez stworzenie warunków do smarowania: hydrostatycznego, hydrodynamicznego lub hybrydowego, łączącego oba wcześniej wymienione sposoby. Wyróżnia się również tzw. smarowanie elastohydrodynamiczne.

Smarowanie hydrostatyczne- Smarowanie hydrostatyczne polega na wytworzeniu w skojarzeniu trącym, przy użyciu urządzeń zewnętrznych (np. pomp), ciśnienia środka smarnego, które rozdzieli obie smarowane powierzchnie w taki sposób, że między nimi będzie występować tarcie płynne. Zrównoważenie sił wypadkowych, działających na wał oraz sił Rys. 2.3 Model pomiaru współczynnika tarcia 4 II Rozdział II: Podstawy techniki smarowniczej II 5 wyporu podnosi wał, co powoduje że między wałem 1 i panwią 2 ma miejsce tarcie płynne. Smarowanie hydrostatyczne najczęściej jest stosowane podczas rozruchu maszyn, których skojarzenia trące są bardzo silnie obciążone. Zapobiega to zużyciu powierzchni trących wału i panwi w początkowym okresie pracy. Smarowanie hydrostatyczne występuje w różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych, a także w warunkach naturalnych. Przykładem smarowania hydrostatycznego jest tarcie płynne, jakie ma miejsce między płynącą krą i dnem rzeki.

Smarowanie hydrodynamiczne- Zasada smarowania hydrodynamicznego polega na rozdzieleniu współpracujących powierzchni skojarzenia trącego samoistnie powstającym klinem smarowym, w którym ciśnienie równoważy istniejące siły (obciążenia). W stanie spoczynkowym wał leży na panwi, zanurzony w środku smarnym. W tym położeniu występuje tarcie spoczynkowe. Siły wyporu hydrostatycznego nie równoważą sił ciężkości. Początkowy obrót wału powoduje powstanie klina smarującego. Następuje uniesienie wału z jednoczesnym przemieszczeniem środka obrotu wału, na jedną ze ścian panwi. Dalszy obrót wału powoduje przemieszczenie klina smarującego, zgodnie z kierunkiem obrotu wału i jednoczesne przemieszczenie środka obrotu na drugą ze ścian panwi. Przy pewnych obrotach wału, klin smarujący rozłoży się w miarę równomiernie tak, że obracający się wał nie będzie dotykać żadnej ze ścian panwi. W wyniku działania siły wyporu klina smarującego, wał zostaje uniesiony. Środek obrotu wału tylko nieznacznie jest przemieszczony względem geometrycznej osi panwi. W smarowaniu hydrodynamicznym siła wyporu, unosząca wał łożyska, powstaje samoistnie w rezultacie ruchu współpracujących wzajemnie przemieszczających się powierzchni wału i panwi. Przedstawiona zasada smarowania hydrodynamicznego dobrze tłumaczy fakt, że wał zużywa się na całej powierzchni walca, natomiast panew zużywa się tylko na powierzchni ograniczonej odcinkiem X-Y-Z. Jest to istotna wada tego rodzaju smarowania. Mimo tej wady, ze względu na prostotę

Rys. 21-5. Smarowanie hydrostatyczne:



Rys. 21-6. Powstawanie klina smarowego przy hydrodynamicznym smarowaniu powierzchni płaskich: a) w stanie spoczynku, b) w ruchu
N — obciążenie zewnętrzne działające na powierzchni styku

Zapobieganie nadmiernemu zużyciu części maszyn

Przeciwdziałanie zużyciu części maszyn polega na stworzeniu możliwości złagodzenia owych procesów. Na przykład zamiast zużycia wskutek szepiania pierwszego rodzaju węzły tarcia należy zaprojektować tak, aby zużycie następowało w wyniku utleniania.

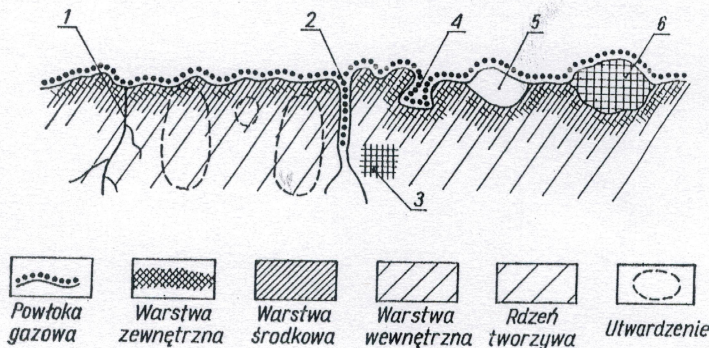
Już na etapach projektowania i wytwarzania urządzenia należy:

- dobierać pary tarcie i materiały do ich wyprodukowania,
- projektować układy smarowania,
- zapewniać wysoką jakość warstw wierzchnich współpracujących części,
- dobierać pary montażowe i zapewniać czysty montaż,
- przewidywać i zapewniać odpowiednią regulację.

Powszechnie stosuje się metody fizycznego i chemicznego nanoszenia twardych, cienkich warstw na współpracujące powierzchnie. Według dotychczasowego stanu wiedzy im twardsza jest warstwa wierzchnia, tym staje się ona odporniejsza na zużycie ściernie. Materiałami stosowanymi na te warstwy są: TiN, TiC, Al₂O₃, syntetyczny diament oraz różne kompozycje wielowarstwowe wymienionych i innych związków.

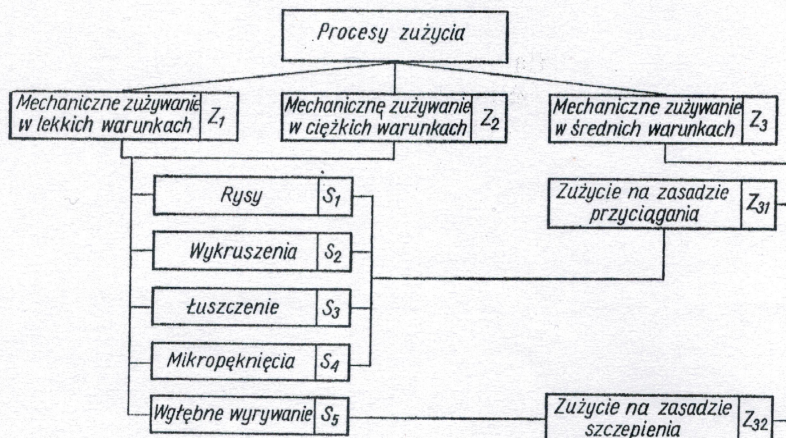
Przełomy zmęczeniowe charakteryzują się wyraźnymi odkształceniami plastycznymi w części przełomu, czego nie ma w przełomach kruchych.

Przełomy międzyziarniste (tzn. międzykrystaliczne) są to rozwarstwienia tworzywa przechodzące na granicy ziarn krystalicznych, a **przełomy śródziarniste** — przechodzące przez ziarna krystaliczne.



Rys. 22-3. Schemat poprzecznego przekroju warstwy wierzchniej [9]

1 — mkropęknięcia, 2 — szczeliny, 3 — rzadziły, 4 — pory, 5 — wyrwy, 6 — wtrącenia



Rys. 22-4. Podział uszkodzeń [9]

28.2. Prace blacharskie

W wypadkach nadwozia ulegają różnorodnym uszkodzeniom, do których można zaliczyć:

- zarysowania, otarcia i uszkodzenia powłoki lakierowej,
- odkształcenia, pęknięcia, rozerwania lub przebicia blach poszycia,
- odkształcenia, załamania i rozerwania elementów szkieletu nadwozia,
- zniszczenia elementów kontrolowanych stref zgniotu,
- uszkodzenia połączeń elementów szkieletu i poszycia nadwozia,
- uszkodzenia elementów niemetalowych,
- korozję elementów nadwozia.

O *technologii naprawy* decyduje dzisiaj producent samochodu. Zgodnie z instrukcją producenta elementy nadwozia mogą być poddane *wymianie* lub *naprawie*. W ściśle określonych miejscach producenci dopuszczają wymianę elementów lub ich częściową naprawę.

Do wymiany należy kwalifikować części nadwozia:

- pęknięte i rozdarte, wymagające czasochłonnego spawania, prostowania oraz uzupełniania ubytków;
- z ostrymi załamaniami na znacznych powierzchniach, które podczas prostowania mogą pękać, co spowoduje konieczność ich spawania;
- pokryte powłokami galwanicznymi, jeżeli po naprawie wymagałyby obróbki galwanicznej;
- wymagające cięcia i ponownego spawania dla ułatwienia prostowania;
- których naprawa nie gwarantuje przywrócenia pełnej wartości użytkowej.

Do naprawy nadają się elementy uszkodzone, które nie mają ostrych zagięć, zerwań lub otworów.

O zaliczeniu elementu do wymiany lub naprawy decydują dwa kryteria (oddzielnie lub łącznie):

- techniczne, tj. zakres i charakter uszkodzenia,
- ekonomiczne, tj. porównanie kosztów naprawy elementu z kosztem jego wymiany.

Naprawa elementu nadwozia, zależnie od uszkodzenia, może polegać na prostowaniu lub kształtowaniu jego fragmentów, niewielkim uzupełnianiu ubytków materiału metodami spawalniczymi oraz na wycinaniu fragmentów uszkodzonych.

Znacznie uszkodzone elementy nadwozia zastępuje się częściami zamiennymi wykonanymi przez producenta. Bardzo rzadko zdarza się, że zniszczoną część trzeba dorobić w zakładzie naprawczym.

Aby wybrać najwłaściwszy sposób naprawy nadwozia, trzeba uprzednio dobrze poznać jego konstrukcję, sposoby połączeń poszczególnych części, określić miejsca pokryte materiałami wykończeniowymi oraz rolę poszczególnych elementów w przenoszeniu obciążeń. O jakości napraw w znacznym stopniu decyduje wiedza i doświadczenie pracowników w stosowaniu technologii, materiałów i narzędzi.