

Moduł 3

Przyczyny powstania uszkodzeń maszyn, urządzeń i narzędzi rolniczych oraz rodzaje ich zużycia

- 1. Procesy starzenia i przyczyny niszczenia obiektów technicznych**
- 2. Podstawowe wiadomości o tarciu**
- 3. Przyczyny i przebieg zużycia**
- 4. Rodzaje zużycia**
- 5. Określenie, znaczenie i zastosowanie diagnostyki**

1. Procesy starzenia i przyczyny niszczenia obiektów technicznych

Maszyny urządzenia i narzędzia rolnicze, podobnie jak każdy obiekt materialny, zużywają się wraz z upływem czasu. Takie zużycie prowadzi do pogarszania się stanu obiektu, a niekiedy do jego niesprawności lub uszkodzenia. Maszyny i urządzenia techniczne przez cały okres istnienia ulegają procesom starzenia pod wpływem oddziaływania środowiska i na skutek wykonywanego działania.

Upraszczając nieco sprawę można więc stwierdzić, że wszystkie obiekty techniczne tracą z biegiem czasu początkową wartość użytkową, przy czym szybkość tego procesu zależy od intensywności użytkowania obiektu, od sposobu jego konserwacji, a także od postępu techniczno-ekonomicznego społeczeństwa, w którym obiekty są użytkowane.

Większość obiektów technicznych w rolnictwie narażona jest na szkodliwe oddziaływanie otoczenia zarówno podczas pracy, jak również w okresach przechowywania pomiędzy sezonami agrotechnicznymi.

Przyspieszone zużycie wielu mechanizmów następuje na skutek zanieczyszczenia par kinematycznych pyłem lub ziemią. W okresie pracy na maszyny oddziałują ponadto różne czynniki dynamiczne. Dla grupy maszyn uprawowych opory pracy zależą nie tylko od rodzaju gruntu i jego wstępnej spistości, ale także od wilgotności, stopnia zakamienienia, zawartości korzeni poprzedniej uprawy i wielu jeszcze innych czynników zmieniających się nawet na tym samym polu. Dla grupy maszyn zbierających obciążenia dynamiczne zależą od ilości masy przerabianej w jednostce czasu, a więc od plonu, wilgotności masy itd. Wszystkie maszyny przemieszczające się po polu narażone są na dynamiczne oddziaływanie nierówności terenu, na działanie dużych oporów toczenia po sypkim lub grząskim podłożu.

Niezmiernie istotnym czynnikiem niszczącym jest oddziaływanie korozyjne środowiska. Wpływ zjawisk atmosferycznych jest stymulowany obecnością, takich środków chemicznych, jak nawozy sztuczne i naturalne, środki ochrony roślin czy produkty rozpadu roślinności.

Utrata wartości użytkowej może następować stopniowo na skutek działania procesów starzenia lub też nagle z powodu zniszczenia.

Nagle zniszczenie (awaryjne) ma miejsce wtedy, jeżeli całe urządzenie lub jego istotna część zostanie uszkodzona na skutek działania losowego, np. nieprzewidzianego niszczącego przeciążenia, wypadku drogowego, zalania wodą, pożaru itp.

Powolną utratę wartości użytkowej urządzenia eksploatowanego nazywamy **starzeniem naturalnym**. **Starzeniem przedwczesnym** określamy utratę zdolności do prawidłowego działania, występującą znacznie prędzej niż ma to miejsce dla licznej grupy urządzeń tego samego rodzaju. Przyczynami przedwczesnego starzenia są najczęściej błędy obsługi, np. zaniedbanie smarowania, przeciążanie elementów roboczych maszyny, złe zabezpieczenie przed korozją itp. Oprócz niewłaściwej eksploatacji przyspieszone starzenie może być powodowane nieodpowiednią jakością elementów składowych urządzenia.

Bardzo istotne bywa niekiedy **starzenie ekonomiczne** (moralne) maszyny lub urządzenia. Wynika ono z postępu technicznego, który eliminuje używanie przestarzałych modeli maszyn, niedostosowanych do nowych, bardziej ekonomicznych technologii pracy lub nie spełniających aktualnych wymagań ochrony pracy. Starzenie ekonomiczne dotyczy zarówno maszyn eksploatowanych jak też zupełnie nie używanych, np. zabezpieczonych w magazynach. Przykładem takiej deaktualizacji urzą-

dzeń w rolnictwie naszego kraju może być kierat wyeliminowany obecnie powszechnie przez nowocześniejszy napęd od silnika elektrycznego czy spalinowego.

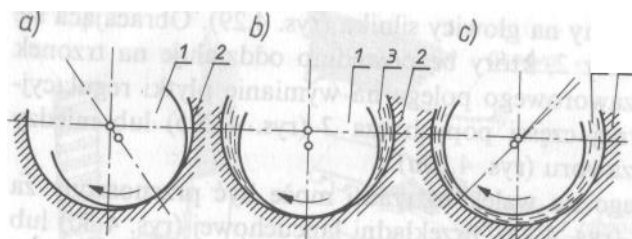
W wymienionym podziale uwzględniono tylko efekty działania bardzo różnorodnych czynników powodujących utratę właściwości użytkowych. Najczęściej działa tutaj jednocześnie zespół czynników fizykochemicznych prowadzący w efekcie do ubytku materiału, zmiany jego struktury oraz deformacji kształtu części. Zrozumiałe jest, że elementy maszyn, a szczególnie pary kinematyczne, mogą być użytkowane aż do osiągnięcia zużycia granicznego, tj. takiego ubytku materiału, przy którym, wystąpią zakłócenia działania.

2. Podstawowe wiadomości o tarcia

Czynnikiem powodującym zużycie elementów urządzeń mechanicznych, jest tarcie. Przy tarcia wzajemnym ruchomych elementów maszyny oprócz zjawisk cieplnych występują procesy niszczące strukturę wierzchniej warstwy materiału. Niszczenie takie może mieć bardzo różny charakter oraz intensywność. Prowadzi ono zawsze do powstania ubytków materiału, tj. do zużycia.

Tarciem nazywamy zjawisko występujące podczas wzajemnego przesuwania się po sobie dwóch ciał obciążonych siłą prostopadłą do powierzchni ich styku. Zjawisku tarcia towarzyszy opór zwany *siłą tarcia*. Rozróżnia się tarcie ślizgowe oraz toczne. **Tarcie ślizgowe** występuje podczas ślizgania się po sobie powierzchni dwóch stykających się ze sobą ciał stałych. **Tarcie toczne** występuje podczas toczenia się jednego ciała po drugim (np. koła po drodze, kulki po bieżni łożyska).

Parametrem charakteryzującym tarcie ślizgowe jest **współczynnik tarcia**, wyrażony stosunkiem siły tarcia do siły obciążającej.



Rys. 3.1 Rodzaje tarcia

a) tarcie suche, b) tarcie półpłynne, c) tarcie płynne

Źródło: Skrobaccki A. Pojazdy rolnicze WSiP, Warszawa 1999

Zależnie od warunków smarowania wyróżnia się tarcie suche, mieszane (półpłynne) i płynne (Rys. 3.1).

Tarcie suche występuje wtedy, gdy między przesuwającymi się ciałami nie ma środka smarnego (oleju). Współczynnik tarcia suchego dla stali wynosi 0,3-0,55. **Tarcie płynne** zachodzi wtedy, gdy przesuwające się ciała są całkowicie oddzielone od siebie środkiem smarnym. Współczynnik tarcia płynnego wynosi ok. 0,003. Natomiast w przypadku **tarcia mieszanego** przesuwające się ciała są tylko częściowo oddzielone od siebie środkiem smarnym. Aby uzyskać tarcie płynne, należy oddzielić ciała współpracujące, tzn. pokonać siłę obciążającą. Efekt ten można uzyskać przez wytworzenie odpowiedniego ciśnienia oleju zawartego między tymi ciałami. Tarcie płynne uzyskuje się w wyniku powstawania klina olejowego.

W łożyskach ślizgowych przejście od tarcia suchego do tarcia płynnego zależy od

prędkości obwodowej czopa wału. Wartość prędkości granicznej, poniżej której pojawia się tarcie mieszane zależy od jakości (chropowatości) powierzchni ciernych i od właściwości smarnych stosowanego oleju.

Dzięki smarowaniu następuje spowolnienie procesu zużywania się współpracujących części (par ciernych). Praca par kinematycznych w warunkach tarcia suchego powoduje jego zatarcie; dłuższe lub częste okresy pracy w warunkach tarcia mieszanego przyspieszają zużycie maszyny.

3. Przyczyny i przebieg zużycia

Zużycie jest to proces powodujący pogarszanie się stanu technicznego i użyteczności elementów maszyny. Proces zużycia elementów i zespołów, a w konsekwencji całej maszyny zachodzi na skutek wykonywania przez nią pracy, oddziaływania korozji i warunków otoczenia.

Tempo narastania zużycia przebiega odmiennie dla każdego z wymienionych rodzajów zużycia. Nawet dla danego rodzaju zużycia jego przebieg w różnych okresach czasu następuje też z różnym nasileniem.

Do innych jeszcze cech znamienych procesu zużycia należy zaliczyć jego niejednoczesność i nierównomierność. Niejednoczesność zużycia oznacza różne tempo jego narastania dla poszczególnych elementów maszyny. Łożyska zużywają się znacznie szybciej niż takie elementy maszyn jak korpusy i ramy. Nierównomierność zużycia jest to zjawisko geometrycznej niesymetryczności zużywania się powierzchni tej samej części maszyny.

Ogólnie zużycie części maszyn dzieli się na zużycie naturalne (normalne), awaryjne i ekonomiczne.

Zużycie naturalne jest to proces, który w normalnych warunkach pracy, tj. przy właściwej eksploatacji oraz wykonywaniu koniecznych zabiegów obsługi między remontowej, powinien zachodzić stopniowo.

Objawami zużycia naturalnego elementu maszyny są powolnie narastające:

- zmiany początkowych wymiarów i kształtów,
- zmiany początkowej wagi,
- zmiany właściwości materiału – strukturalne i wytrzymałościowe.

Intensywność i postęp normalnego zużycia maszyny zależy od następujących czynników:

- warunków użytkowania,
- jakości obsługi technicznej,
- rodzaju i jakości materiałów, z jakich maszyna została wykonana,
- wielkości nacisków jednostkowych i obciążeń dynamicznych,
- dokładności obróbki i montażu,
- rodzaju konstrukcji.

Zużycie naturalne najczęściej występuje w połączeniach kinematycznych, gdzie na skutek ścierania i ugniatania współpracujących powierzchni powiększają się luzy początkowe. Powiększanie się luzów w pracujących zespołach jest zjawiskiem normalnym, którego nie da się uniknąć.

Luzy w połączeniach ruchowych maszyny po krótkim okresie prawidłowego przebiegu pracy są większe niż nominalne luzy fabryczne. Nie można więc stawiać warunku, aby pracowały jedynie takie maszyny, które mają luzy nie większe niż przewidują tolerancje produkcyjne. Praktyka dowodzi, że wszystkie maszyny pracują

zupełnie prawidłowo z luzami przekraczającymi luzy nominalne do pewnej granicy. Granica ta jest różna dla różnych połączeń - zależy od rodzaju konstrukcji i przeznaczenia maszyny.

Zużycie awaryjne. Przebiega ono w sposób gwałtowny, powodując nagłe pogarszanie warunków pracy maszyny lub jej wyłączenie z pracy.

Do najczęstszych przyczyn awarii elementów maszyn rolniczych należy zaliczyć:

- nieprzestrzeganie zasad prawidłowej eksploatacji (użytkowania i obsługi),
- niedostateczne zabezpieczenie przeciwkorozyjne,
- nieprawidłowo wykonane prace remontowe,
- przekroczenie granicznego zużycia naturalnego,
- przedostanie się przedmiotów obcych do strefy działania mechanizmów,
- wady konstrukcyjne,
- wady materiałowe i technologiczne.

W zużyciu awaryjnym można wyróżnić dwa okresy.

Okres pierwszy charakteryzuje się tym, że przyrost zużycia w jednostce czasu jest znacznie większy niż podczas zużycia naturalnego. Wtedy następuje bardzo szybkie osiągnięcie zużycia granicznego. Usunięcie w odpowiednim czasie szkodliwej przyczyny, jak np. regulacja połączenia lub uzupełnienie smaru może uchronić przed awarią i wydłużyć czas osiągnięcia zużycia granicznego.

Okres drugi następuje wtedy, gdy zostanie przekroczone zużycie graniczne i rozpocznie się niszczenie połączeń lub mechanizmów.

W zależności od rodzaju i przeznaczenia części maszyn, zużycie graniczne występuje w różnych formach, jak: nadmierne luzy w połączeniach ruchowych, zmęczenie powierzchniowe współpracujących elementów, zmiany spowodowane przez korozję, utrata sprężystości itp. Zespołowi pracującemu dalej w takich warunkach nie można już przywrócić normalnego stanu za pomocą regulacji lub konserwacji. Zachodzi więc konieczność wycofania zespołu lub całej maszyny z eksploatacji.

Uszkodzone awaryjnie połączenia lub elementy wymagają naprawy o większym zakresie lub wymiany na nowe.

Na skutek zużycia awaryjnego w drugim okresie występują takie uszkodzenia jak:

- zatarcie połączeń ruchowych,
- wybite połączeń spoczynkowych,
- nadmierne niesymetryczne zmiany wymiarów geometrycznych, zgięcie i skręcenie,
- pęknięcie, złamanie i wyłupanie materiału,
- miejscowe uszkodzenie powierzchni roboczych w formie rys, wgnieceń, odprysków i wżerów.

Ograniczenie uszkodzeń awaryjnych w okresie między remontowym maszyn można osiągnąć przez prowadzenie szczegółowej analizy przyczyn awarii i zapobiegania im.

Poszczególne przyczyny uszkodzeń awaryjnych dla maszyn rolniczych przedstawiają się w następujący sposób:

- niewłaściwe użytkowanie - 22%,
- brak smarowania, konserwacji i zabezpieczenia przed korozją - 32%,
- niewłaściwa naprawa - 18%,
- wady konstrukcyjne i materiałowe - 15%,
- przekroczenie normalnego zużycia granicznego - 13%.

Zużycie ekonomiczne często nazywane też jest zużyciem moralnym. Musi ono być brane pod uwagę w kompleksowej ocenie stopnia zużycia maszyn. Występuje ono

wówczas, gdy wskaźniki eksploatacyjne i produkcyjne maszyn kształtują się niekorzystnie w porównaniu do odpowiednich wskaźników maszyn nowoczesnych, aktualnie produkowanych.

Przy kwalifikowaniu ekonomicznie zużytych maszyn do kasacji należy brać pod uwagę roczne koszty utrzymania maszyny, koszty na jednostkę wykonanej pracy i koszty zakupu nowej maszyny.

4. Rodzaje zużycia

Ze względu na rodzaj oddziałującego czynnika, zużycie części dzieli się na:

- zużycie mechaniczne,
- zużycie (i zniszczenie) korozyjne,
- zużycie korozyjno-mechaniczne.

Można też równolegle wyodrębnić nieliczne wypadki zużycia samoistnego, cieplnego lub elektrycznego. Zużycie cieplne występuje na skutek zmian temperatury, powodujących zmniejszenie wytrzymałości maszyn, ich wytopienie lub uszkodzenie, a zużycie elektryczne zachodzi w związku z erozyjnym działaniem prądu elektrycznego.

Zużycie mechaniczne. Zjawisko zużycia mechanicznego części maszyn powstaje najczęściej w tych miejscach, gdzie dwa poruszające się elementy stykają się ze sobą, przenosząc obciążenie i wykonując ruch, a więc wynika ono przede wszystkim z istnienia między nimi tarcia. Przy występowaniu tarcia ślizgowego zachodzi wycieranie się materiału z dwóch współpracujących ze sobą powierzchni, co powoduje zmianę wymiarów części i następnie wadliwe działanie mechanizmu.

Żywotność elementów maszyn zależy od tego, czy między ruchowymi powierzchniami występuje tarcie ślizgowe czy toczne. Wartości współczynników tarcia ślizgowego są wyższe niż współczynników tarcia tocznego. Szkodliwe działanie tarcia ślizgowego można obniżyć do minimum przez dobór odpowiednich smarów. Nawet cienka warstewka smaru, pozbawiona zalet powinowactwa do powierzchni metalicznej, może skutecznie zmniejszać tarcie, a tym samym zużycie.

Duży wpływ na intensywność zużywania mechanicznego ma nagrzewanie się powierzchni trących podczas pracy. Wskutek wielokrotnego nagrzewania się współpracujących elementów występuje niepożądane zjawisko zwiększenia objętości części, które powoduje przedwczesne, uszkodzenie połączenia, np. w postaci zatarcia oznaczającego zahamowanie wzajemnego ruchu. Ponadto pod wpływem wysokich temperatur, powyżej temperatury normalnej pracy, następuje zmiana struktury metali - zmiana właściwości wierzchniej warstwy części (zmniejszenie twardości, zmniejszenie wytrzymałości).

Gładkość powierzchni elementów współpracujących ma również duży wpływ na zużycie - im powierzchnie są gładziej (o lepszym współczynniku przylegania do siebie), tym bardziej odporne są na zużycie zmęczeniowe.

W procesie zużywania się części maszyn przy tarcu ślizgowym (Rys. 3.2) należy wyróżnić trzy okresy:

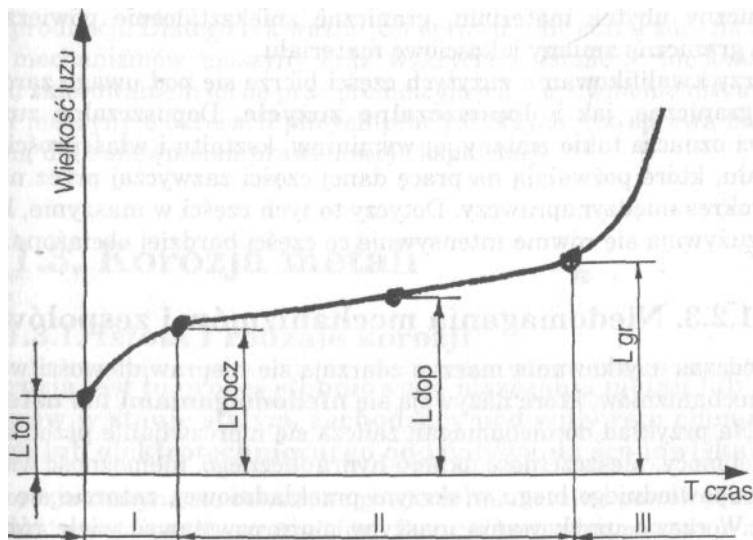
- docieranie,
- normalne zużywanie,
- nadmierne zużywanie.

W okresie docierania, bezpośrednio po założeniu nowych części, następuje stosunkowo szybki wzrost zużycia części współpracujących (zwiększenie luzów) na skutek wzajemnego dopasowywania się powierzchni trących oraz wyrównywania

nierówności pochodzących z obróbki.

Okres **normalnego zużycia** odpowiada normalnej współpracy wzajemnie dotartych części. Powstające wówczas zużycie jest niewielkie. Wzrost luzu jest na ogół proporcjonalny do czasu pracy. Okres ten trwa do osiągnięcia **luzu granicznego**. Z chwilą, gdy w wyniku normalnego zużycia części przewidziane warunki pracy ulegną zmianie, np. gdy przekroczony zostanie luz graniczny, następuje trzeci okres.

Okres **nadmiernego zużycia**, zwany też okresem mszczenia mechanizmu, charakteryzuje się gwałtownym wzrostem zużycia współpracujących części.



Rys. 3.2. Przebieg zużycia się części współpracujących:

I - okres docierania, II - okres normalnej eksploatacji, III - okres nadmiernego zużycia; L_{tol} - luz zakładany przez konstruktora, L_{pocz} - luz początkowy po dotarciu, L_{dop} - luz dopuszczalny w okresie II, L_{gr} - luz graniczny maksymalny

Źródło: Kozłowska D. Mechanizacja rolnictwa cz. I Hortpres 1996r.

Po przekroczeniu luzu granicznego pogarszają się warunki smarowania, pojawiają się obciążenia o charakterze uderzeniowym, następuje nadmierne nagrzewanie się części, co doprowadza w konsekwencji do niszczenia części i grozi awarią całej maszyny.

Dlatego też po przekroczeniu luzu granicznego współpracujące części powinny być wymienione lub poddane naprawie.

Okres użytkowania części maszyn obejmujący okres docierania i okres normalnej eksploatacji nazywa się **okresem międzynaprawczym**. Okres międzynaprawczy współpracujących par kończy się w zasadzie po osiągnięciu zużycia (luzu) granicznego.

Wartość luzu granicznego jest różna dla różnych mechanizmów. Zależy przede wszystkim od prędkości poruszania się części oraz od przenoszonych obciążeń. Przy większych prędkościach obracających się części, np. czopów wałów, kół zębatych, i przy większych obciążeniach luzy graniczne są mniejsze. W czasie procesu zużycia się części nie tylko następuje powiększanie się luzów. Zmieniają się także kształty części i narastają zmiany jakościowe materiałów. Dlatego do parametrów ograniczających okres użytkowania należy zaliczyć także graniczny ubytek materiału, graniczne zniekształcenie powierzchni oraz graniczne zmiany jakościowe materiału.

Przy kwalifikowaniu zużytych części bierze się pod uwagę zarówno graniczne, jak i **dopuszczalne zużycie**. Dopuszczalne zużycie części oznacza takie zmiany jej wymiarów, kształtu i właściwości materiału, które pozwalają na pracę danej części zazwyczaj przez następny okres międzynaprawczy. Dotyczy to tych części w maszynie,

które nie zużywają się równie intensywnie co części bardziej obciążone.

W procesie eksploatacji maszyn wyróżniamy dwa zasadnicze rodzaje *zużycia*. Pierwszy rodzaj zużycia, zwany **zużyciem quasi-statycznym**, charakteryzuje się stopniowym ubytkiem materiału z powierzchni współpracujących. Takie zużycie występuje z reguły przy tarcia ślizgowym; jest ono charakterystyczne np. dla tulei cylindrowej silnika. Drugi rodzaj zużycia, zwany **zużyciem dynamicznym**, charakteryzuje się brakiem, przez dłuższy czas, istotnego ubytku materiału, a następnie wskutek zmiennych naprężeń następuje stan zmęczenia materiału i bardzo szybki jego ubytek. Ten rodzaj zużycia zachodzi w łożyskach tocznych (łuszczenie, pitting).

Rodzaje zużycia zostały sklasyfikowane. Najczęściej, zgodnie z klasyfikacją, wyróżnia się następujące rodzaje zużycia elementów maszyn:

- zużycie adhezyjne (przez sczepianie I rodzaju),
- zużycie cieplne (przez sczepianie II rodzaju),
- zużycie ściernie,
- zużycie z udziałem utleniania,
- zużycie przez łuszczenie,
- zużycie gruzełkowe (pitting),
- zużycie korozyjne,
- zużycie erozyjne.

Zużycie adhezyjne (przez sczepianie I rodzaju) występuje w mikroobszarach odkształcenia plastycznego warstwy wierzchniej, a zwłaszcza w najwyższych wierzchołkach chropowatości. Powstaje ono podczas tarcia ślizgowego przy małych prędkościach względnych i dużych naciskach oraz słabym smarowaniu. Przyczyną powstawania tego zużycia jest tworzenie mikrozłączy między trącymi materiałami. Złącza te mają zwykle większą wytrzymałość niż materiały rodzime, a więc rozrywanie zachodzi nie na ich powierzchni, lecz w głębi słabszego materiału. Zużycie to jest związane z bardzo intensywnym procesem uszkodzenia powierzchni. W wyniku intensywnego przebiegu zużycia adhezyjnego (ok. $10 \div 15 \mu\text{m/h}$ pracy) następuje rozluźnienie struktury warstwy wierzchniej i zmniejszenie twardości mikroobszarach, a więc spadek odporności powierzchni na zużycie. Powierzchnie elementów maszyn zużywających się w ten sposób rozpoznaje się po nierównomiernie rozłożonych na powierzchni wżerach lub wyrwach o ostrych krawędziach. Zużycie adhezyjne występuje w łożyskach ślizgowych, przegubach maszyn rolniczych, tłokach i cylindrach silników oraz w ubogo smarowanych przekładniach zębatych.

Zużycie cieplne (przez sczepianie II rodzaju) jest spowodowane nagrzewaniem stref tarcia do temperatury zmiękczenia metali występującego np. przy zatarciu tłoka i tulei cylindrowej. W następstwie tego powstaje bardzo intensywne uszkodzenie płaszczyzn tarcia i warstwy wierzchniej. Wskutek wzrostu współczynnika tarcia zwiększa się również temperatura, co powoduje coraz intensywniejsze zużywanie aż do wystąpienia sczepień na całej powierzchni tarcia. Zużycie cieplne prowadzi do zużycia awaryjnego. Parę kinetyczną wykazującą objawy zużycia cieplnego należy koniecznie wymienić. Procesowi zużycia cieplnego towarzyszą bardzo duże opory tarcia. Intensywność zużycia jest bardzo duża, powierzchnia elementów współpracujących jest nierówna, a warstwa wierzchnia wykazuje ślady odkształceń plastycznych.

Zużycie ściernie powstaje wtedy, gdy ubytek materiału w warstwie wierzchniej jest spowodowany oddzielaniem cząstek wskutek mikroskrawania, rysowania i bruzdowania. Występuje ono w przypadku obecności między powierzchniami trącymi twardych cząstek ściernych lub przy znacznych różnicach twardości trących powierzchni (nierówności twardszego materiału spełniają funkcję mikroostrzy). Jest to

zużycie intensywne i na ogół przebiega szybciej niż zużycie adhezyjne. Występuje ono głównie w warunkach tarcia suchego, ale też czasami przy intensywnym smarowaniu, np. olejem zanieczyszczonym cząstkami stałymi. *Zużycie* ścierne jest typowym zużyciem elementów roboczych pracujących w glebie; występuje też często w przegubach gąsienic ciągnikowych, jak również w takich elementach, jak łożyska i koła zębate w obecności twardych cząstek w oleju smarującym. Intensywność zużycia ściernego może się zmieniać w szerokich granicach w zależności od warunków pracy rozpatrywanego elementu i osiąga ona wartość $10 \div 50 \mu/h$ pracy. Zużyciu ściernemu można zapobiegać przez stosowanie materiałów o dużych twardościach.

Zużycie przez utlenianie polega na niszczeniu warstwy wierzchniej wskutek adsorpcji tlenu w obszary tarcia i jego dyfuzji w odkształcone plastycznie i sprężyste mikroobjętości metalu. Tworzące się warstwy tlenków metalu na skutek tarcia są oddzielane od współpracujących powierzchni. Powierzchnie zużywane w wyniku utleniania są gładkie i czyste, czasami ze śladami zakolorowania, lub lekko matowe. Na ten rodzaj zużycia wpływa prędkość względna trących elementów oraz warunki pracy sprzyjające utlenianiu. Zużycie to występuje bardzo często w przypadku tarcia ślizgowego, np. w łożyskach.

Zużycie przez łuszczenie (spalling) należy do procesów zużycia zmęczeniowego. Zużycie to zachodzi przy tarcu tocznym i dużych naciskach jednostkowych. Zmienny stan naprężeń w warstwie wierzchniej powoduje sprężysto-plastyczne odkształcenia materiału i jego zmęczenie. W początkowym okresie nie występuje ubytek materiału; następuje on po znacznym okresie pracy, prowadząc do mikropęknięć zmęczeniowych i łuszczenia materiału warstwy wierzchniej. Zużycie przez łuszczenie występuje w niedostatecznie smarowanych łożyskach tocznych i przekładniach zębatych.

Zużycie gruzełkowe (pitting) jest również zużyciem zmęczeniowym, przebiega podobnie jak zużycie przez łuszczenie, lecz występuje w obecności cieczy smarującej: smar łagodzi naciski i opóźnia łuszczenie materiału warstwy wierzchniej. Z chwilą powstania mikropęknięć wciskany olej powoduje mechaniczne wrywanie cząstek metalu. Cykliczne ściskanie i rozciąganie warstw granicznych smaru - znajdujących się na powierzchni powoduje wrywanie z warstwy wierzchniej cząstek metalu w postaci gruzełków. Na powierzchni pojawiają się liczne małe kratery powodujące osłabienie materiału. Miejscami występowania zużycia gruzełkowego są bieżnie i elementy toczne łożysk oraz, przekładnie zębate (w okolicy średnicy podziałowej).

Zużycie korozyjne elektrochemiczne. Korozja taka powstaje wówczas, gdy między różnymi obszarami metalu znajdującego się w elektrolicie wystąpi różnica potencjału. Przyczynami powstania tego typu ogniwa są niejednorodności chemiczne lub fizyczne w metalu, np. wtrącenia metaliczne czy naprężenia. Ogniwa powstają również tam, gdzie są połączone ze sobą dwa różnego rodzaju metale.

Korozja może występować pod różnymi postaciami:

- korozji ogólnej,
- korozji wżerowej,
- korozji punktowej,
- korozji międzykrystalicznej,
- korozji śródkrystalicznej,
- korozji podpowłokowej.

Rozpoczyna się ona na powierzchni materiału i postępuje w głąb, tworząc niejednolite warstwy. Najważniejszymi czynnikami określającymi szybkość *korozji atmosferycznej* są: wilgotność powietrza, stężenie zanieczyszczeń w powietrzu

i temperatura. Maszyny rolnicze pracujące sezonowo są szczególnie narażone na korozję, co wymaga zabezpieczenia antykorozyjnego po zakończeniu prac agrotechnicznych.

Zużycie korozyjne chemiczne jest to proces niszczenia metali wskutek bezpośredniego działania gazów suchych w wysokich temperaturach lub cieczy nieprzewodzących elektryczności. W wyniku takiego działania tworzy się na powierzchni materiału warstwa związków gazów z metalem. Z korozją tego typu mamy do czynienia na rusztach pieców.

Zużycie erozyjne występuje w przypadku mechanicznego oddziaływania strumienia cieczy na powierzchnię materiału. Występuje ono na powierzchni wirników.

Występują również innego rodzaju zużycia, które mają mniejsze znaczenie w odniesieniu do maszyn rolniczych. W praktyce warsztatowej jest konieczna znajomość omówionych rodzajów zużycia, aby ustalić przyczyny niszczenia materiału i określić sposoby przeciwdziałania zużyciu.

Czynniki wpływające na zużycie.

Do czynników zmniejszających i opóźniających zużycie a związanych z budową części maszyn należą:

- wytrzymałość materiału,
- właściwy rodzaj materiału,
- rodzaj półfabrykatu i dokładność jego obróbki,
- mikrostruktura warstwy wierzchniej części,
- technologiczność remontowa,
- właściwe, odpowiednie warunki pracy części,
- jakość prac remontowych.

Wytrzymałość materiału charakteryzuje się tym, że zmniejsza i opóźnia zużycie, a także ogranicza uszkodzenia części. Szczególne znaczenie ma sztywność ram i kadłubów spawanych, które chronią przez zużyciem osadzone na nich elementy. Trwałość części oznacza ich odporność na działanie korozji i na wpływ innych rodzajów zużycia.

Rodzaj materiału. W remontach maszyn i urządzeń należy starannie dobierać materiały uzupełniające wg ich właściwości i wymagań, jakim mają sprostać. W pewnych wypadkach może być wymagana twardość materiału, w innych jego plastyczność, spawalność itp.

Do najważniejszych cech użytkowych wpływających na trwałość części zamiennych maszyn zalicza się: odporność na ścieranie, wytrzymałość na obciążenia i przeciążenia, odporność na działanie korozji i zmiany temperatury, małą wrażliwość na zmęczenie powierzchniowe i działania drgań.

Rodzaj półfabrykatu i dokładność jego obróbki. Podstawowe rodzaje części maszyn i urządzeń wykonywane są z odlewów, półfabrykatów obróbki plastycznej i elementów spawanych.

Odlewy odznaczają się dużą sztywnością konstrukcji i w znacznym stopniu pozbawione są własnych naprężeń wewnętrznych. Wadami odlewów są: konieczność sezonowania, duży ciężar, stosunkowo niska wytrzymałość (szczególnie udarowa), występowanie wad ukrytych (jamy skurczne, pęcherze gazowe, pęknięcie na gorąco).

Półfabrykaty obróbki plastycznej charakteryzują się dużą wytrzymałością i znaczną odpornością na obciążenia dynamiczne - nie dotyczy to obróbki plastycznej na zimno, podczas której nie zostają usunięte naprężenia wewnętrzne materiału.

Elementy spawane odznaczają się znaczną wytrzymałością przy stosunkowo niskim ciężarze. Ujemną cechą tych elementów jest powstawanie podczas spawania odkształceń cieplnych i naprężeń wewnętrznych, powodujących samoistne odkształcenia trwałe wyrobów nawet po upływie dłuższego czasu od spawania. W związku z tym części spawane powinny być wyżarzane lub bardzo długo naturalnie sezonowane w celu zapewnienia normalnego przebiegu zużycia elementów osadzanych w ramach i korpusach spawanych.

W wyniku dalszej obróbki półfabrykatu zostaje uformowany gotowy element ze wszystkimi wymaganiami i właściwościami geometrycznymi i fizycznymi. Obróbka wykańczająca części maszyn ma na celu podwyższenie: wytrzymałości, twardości, właściwości przeciwciernych, odporności na korozję i wysokie temperatury oraz dokładne jej wykonanie. Na dokładność wykonania elementu składają się następujące czynniki:

- dokładność kształtu i ciężaru,
- dokładność wymiarów i tolerancji,
- jakość powierzchni użytkowej elementów maszyn.

Dokładność kształtu i ciężaru decyduje o stopniu wymienności części oraz łatwości zrównoważenia statycznego i dynamicznego - w odniesieniu do elementów wirujących. Dokładne wykonanie kształtów eliminuje operacje ręcznego dopasowywania, usprawnia montaż w czasie produkcji jak również demontaż i montaż podczas napraw.

Dokładność wymiarów i tolerancji zapewnia dobrą pracę połączeń maszyn zarówno ruchowych, mieszanych, jak i też spoczynkowych. Połączenia ruchowe - na skutek pracy mogą wykazywać minimalną zmianę luzów w porównaniu do luzów fabrycznych, a dokładnie skonstruowane i wykonane połączenia spoczynkowe nie powinny ulegać zużyciu ani uszkodzeniu podczas eksploatacji maszyn w przeciętnych warunkach. Jeśli uszkodzenia takie występują, należy je uważać za awaryjne.

Jakość powierzchni użytkowej elementów maszyn powinna zapewniać między innymi takie warunki eksploatacyjne, jak:

- odporność na ścieranie,
- odporność na działanie korozyjne,
- odporność na działanie cieplne,
- przydatność do przenoszenia nacisków,
- wzajemne współdziałanie cierne z inną powierzchnią.

Oddziaływanie stanu powierzchni na uzyskiwane pasowanie wyraża się przede wszystkim w tym, że im mniejsza jest gładkość powierzchni stykających się części, tym bardziej luźne pasowanie uzyska się w porównaniu do założonego. W pasowaniach wciskanych spowodowane jest to wygładzaniem powierzchni przy włączaniu elementu obejmowanego. W częściach wykonujących ruchy względne następuje wygładzanie powierzchni na skutek docierania i zużycia.

Mikrostruktura warstwy wierzchniej części. Na właściwą i trwałą współpracę elementów w procesie tarcia ma wpływ mikrostruktura warstw wierzchnich połączenia. Warstwę wierzchnią stanowi warstwa materiału położona na powierzchni elementu, która oddziela rdzeń materiału od otoczenia i ma właściwości różne od właściwości rdzenia elementu. Stan warstwy wierzchniej określają takie czynniki, jak: grubość i budowa, struktura, utwardzenie i umocnienie, naprężenia własne i wady warstwy.

Budowa warstwy wierzchniej składa się z trzech podstawowych stref o grubości:

zewewnętrznej 0,001-0,02mikrona, środkowej 0,5-500mikronów, wewnętrznej do kilku milimetrów. Utwardzenie jej osiąga się w wyniku obróbki cieplnej, cieplno-chemicznej, plastycznej lub w sposób samoistny - przy wydzielaniu się dużych ilości ciepła na skutek tarcia przy obróbce i podczas eksploatacji. Zasadniczymi przyczynami powstawania naprężeń własnych w tej warstwie są siły wewnętrzne powodujące nierównomierność odkształceń, przemiany strukturalne, podczas których powstają elementy strukturalne o różnej objętości właściwej i duże nagrzewanie się lokalnych obszarów. Wpływ naprężeń własnych na trwałość części jest ujemny i dodatni. Naprężenia własne rozciągające obniżają twardość materiału i wartość użytkową powierzchni, a naprężenia własne ściskające zapobiegają przedostawaniu się środków korodujących przez mikropęknięcia w głąb warstwy wierzchniej i podwyższają twardość materiału pod względem naprężeń ściskanych. Na wytrzymałość zmęczeniową również dodatnio wpływają naprężenia ściskające, a ujemnie naprężenia rozciągające. Wady jej stanowią odstępstwa od normalnej struktury danego materiału. Wady te najczęściej spowodowane są: obróbką części, nieprawidłową eksploatacją i nieprawidłowym wykonywaniem prac remontowych.

Technologiczność remontowa. Czynniki technologiczności remontowej, zmniejszającymi i opóźniającymi zużycie, są:

- łatwa wykrywalność uszkodzeń,
- technologiczność demontażu i montażu,
- naprawialność zespołów,
- możliwość regeneracji części.

Podczas przeglądów okresowych i remontów często dokonuje się też jednocześnie demontażu maszyn na zespoły i elementy składowe. Powoduje to niszczenie dużej ilości części, zwłaszcza trudnych do demontażu - nietechnologicznych. Przykładami nietechnologicznego kształtowania części w demontażu są: osadzanie łożysk tocznych w korpusach o otworach nieprzelotowych, spoczynkowe osadzanie kilku elementów na wałku niestopniowanym, brak otworów w kołach zębatych i pasowych do zaczeplania ściązaczy itp. Zużycie zmniejsza montaż technologiczny, tj. taki, w którym ograniczono czynności indywidualnego dopasowywania części i czynności pomocnicze. Naprawialność zespołów i możliwość regeneracji części oznacza, że po przeprowadzeniu zabiegów przywracających im pełną sprawność użytkową mogą one być w dalszym ciągu wykorzystywane.

Warunki pracy części. Przeciążenia (nagłe wzrosty obciążeń nominalnych) mogą powodować częste uszkodzenia i zmniejszać żywotność maszyn. Przeciążeniom tym przeciwdziała się przez:

- ograniczenie ruchów roboczych maszyny po osiągnięciu położenia granicznego,
- zabezpieczenie przed przedostawaniem się ciał obcych do wewnętrznych organów roboczych maszyn, powodujących awarie,
- automatyczne wyłączenie napędu w razie przekroczenia naprężenia dopuszczalnego,
- ciągłą obserwację sygnalizacji kontrolnej o przeciążeniu i wadliwej pracy.

Szkodliwe i niszczące działanie tarcia między współpracującymi elementami można wyeliminować lub obniżyć do minimum przez dobór odpowiednich smarów. Właściwą efektywność przeciwciernego działania smarów uzyskuje się najczęściej przez powinowactwo do powierzchni smarnej, co pozwala na utworzenie trwałej warstewki smarnej. Zadaniem każdego smaru jest rozdzielenie szczytów nierówności trących powierzchni nieprzerwaną warstewką płynnego, mazistego lub stałego materiału

smarowego i zmiana tarcia ciała twardego na tarcie wewnętrzne smar.

Smarowanie nie tylko obniża zużycie elementów maszyn, ale przez obniżenie współczynnika tarcia wydatnie zmniejsza straty energetyczne maszyn. Ponadto smary odprowadzają nadmiar ciepła, jaki wytwarza się podczas pracy połączeń ruchowych. Największe znaczenie smarowania polega na utworzeniu nośnej warstewki hydrodynamicznej smar, która w dostateczny sposób chroni elementy maszyn przed nadmiernym zużywaniem. Występują jednak trudności utrzymania ciągłości warstewki smar, gdy prędkości współpracujących części są małe, a wzajemny ruch jest nieustabilizowany. Stan taki występuje szczególnie wyraźnie przy rozruchu, zatrzymywaniu lub zmianie kierunku obrotów albo wtedy, gdy prędkość spada poniżej pewnego minimum. W razie zaistnienia takich warunków warstewka smar ulega przerwaniu. Wówczas tarcie płynne przechodzi w tarcie półpłynne lub półsuche.

Żywotność elementów maszyn zależy w głównej mierze od tego, czy między ruchowymi powierzchniami występuje tarcie toczne czy ślizgowe. Wartość współczynników tarcia tocznego (od 0,004) są znacznie niższe od współczynników tarcia ślizgowego (do 0,9).

Zużywanie się powierzchni elementów roboczych w czasie tarcia tocznego objawia się zmęczeniem materiału pod wpływem zmiennych obciążeń. Zjawisko zmęczenia powierzchniowego łatwo poznać po łuszczeniu się materiału, co występuje powszechnie w łożyskach tocznych i kołach zębatych. Zużywanie się elementów przy tarcu tocznym jest jednak znacznie wolniejsze niż przy tarcu ślizgowym. Tarcie ślizgowe - w zależności od obecności smar między powierzchniami trącymi — dzieli się na tarcie płynne, graniczne, półpłynne i półsuche.

Tarcie płynne jest najbardziej korzystne dla właściwego użytkowania maszyn. Ta odmiana tarcia występuje wtedy, gdy powierzchnie trące oddzielone są nośną warstewką smar.

Tarcie graniczne ma miejsce wówczas, gdy warstewka smar jest bardzo mała. Tym niemniej jednak aktywnie zmniejsza tarcie współpracujących elementów. Grubość warstewki granicznej nie powinna być mniejsza niż 0,1 mikrona.

Tarcie półpłynne podobnie jak i tarcie półsuche występuje wtedy, gdy na skutek działania czynników mechanicznych lub „niedostateczności” smarowania zostaje przerwana jednolita warstewka smarowa, a tym samym następuje bezpośrednie stykanie się powierzchni trących.

Niezależnie od połączeń ruchowych o tarcu ślizgowym smarowanym występują również połączenia ruchowe o tarcu ślizgowym niesmarowanym, tj. tarcie suche i tarcie ściernie.

W warunkach tarcia suchego pracują takie połączenia jak: ogniwa gąsienic, tarcze sprzęgieł, bębny hamulców i inne. W mechanizmach tych smarowanie jest niewskazane ze względu na warunki pracy.

W warunkach tarcia ściernego pracuje wiele elementów maszyn rolniczych, np. lemiesz i odkładnice pługów, zęby i talerze bron, łapy i gęsiostopki kultywatorów i wieloraków, przyrządy tnące maszyn zniwnych, części robocze maszyn do zbioru okopowych. Ten rodzaj tarcia jest najbardziej typowym przykładem niszczenia powierzchniowych warstw trących elementów roboczych. Niszczenie związane jest tu z mikroplastycznymi zmianami, ścinaniem mikro obojętnościowych cząstek materiału pod wpływem twardych cząstek ściernych. Ponieważ zużycie ściernie powodowane jest wyłącznie mechanicznym skrawaniem twardymi cząstkami trących się materiałów, dlatego można mu zapobiegać, stosując materiały o dużej odporności na to działanie, czyli materiały twarde wytrzymałe i odporne na odkształcenie plastyczne.

Wielkość zużycia przy tarciu ślizgowym w zależności od rodzaju elementu i jego pracy określa się na podstawie następujących zmian:

- luzów w połączeniach,
- tolerancji wymiarów,
- kształtów geometrycznych,
- objętości i ciężaru.

Jakość prac remontowych. Znaczna ilość części maszyn ulega zużyciu lub zniszczeniu w wyniku złej jakości wykonania prac remontowych. Przyczyny tego są następujące:

- przedwczesne lub spóźnione zakwalifikowanie zespołów maszyn do naprawy, bez uprzedniego sprawdzenia stopnia zużycia i sprawności tych zespołów,
- zbyt częste wykonywanie operacji demontażowo-montażowych (Rys. 3.3) zwłaszcza bez specjalnego oprzyrządowania,
- stosowanie nieodpowiednich środków myjących do części precyzyjnych i części z metali kolorowych,
- niefachowa weryfikacja części i zespołów, powodująca przedwczesne złomowanie części lub dopuszczenie do dalszego montażu elementów nadmiernie zużytych,
- niestosowanie wszystkich obowiązujących zabiegów technologicznych podczas regeneracji części,
- nieprzestrzeganie warunków odbioru technicznego po remoncie całej maszyny,
- pomijanie lub niewłaściwe wykonanie docierania,
- niewłaściwe wykonanie renowacji powłok ochronnych w procesach naprawczych.

Niska jakość prac przy wykonywaniu remontów obniża trwałość części, zespołów i całych maszyn a może nawet powodować występowanie awarii maszyn podczas pracy.

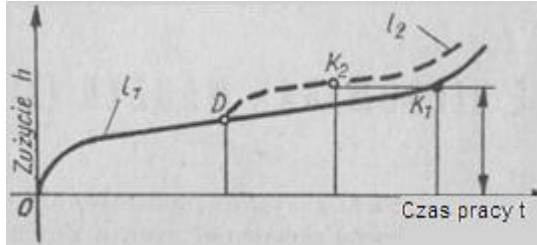
5. Określenie, znaczenie i zastosowanie diagnostyki

Na czym polega diagnostyka? Diagnostyka silników czy też maszyn polega na wykrywaniu niedomagań i przyczyn ich powstania oraz na wstępnym planowaniu wykonania niezbędnego zakresu przeprowadzenia naprawy w oparciu o dokładne sprawdzenie działania mechanizmu, najczęściej przez wykonanie pośrednich pomiarów za pomocą specjalnych przyrządów i aparatów bez uciekania się do demontażu. Charakterystyczne dla diagnostyki jest więc to, że wykrywanie niedomagań i ustalanie stopnia zużycia mechanizmów odbywa się za pomocą przyrządów pomiarowych bez potrzeby wykonania demontażu maszyny na zespoły. Przykładowo, jeżeli chcemy wykryć nieszczelność cylindra hydraulicznego lub mechanizmu pneumatycznego, to podłączamy do układu manometr i sprawdzamy spadek ciśnienia. Stopień nieszczelności zespołu czy układu jest w naszym wypadku określony spadkiem ciśnienia wskazywanego przez manometr.

Przy zastosowaniu diagnostyki w obsłudze ciągników i maszyn uzyskuje się szereg korzyści. Przede wszystkim unika się zbędnych demontaży. Każda rozbiórka maszyny i następnie składanie pociąga za sobą dodatkowe zużycie części maszyny. Można to zobrazować na wykresie zużycia mechanicznego danej części (Rys. 3.3). Linia kreskowa jest wykresem zużycia części zespołu maszynowego, który był poddany najpierw demontażowi, a następnie powtórnemu montażowi. Zjawisko dodatkowego

zużycia części wynika m.in. z tego, że powtórne pasowanie elementów jest inne od pierwotnego i zachodzi potrzeba ponownego ich docierania.

Dalszymi przesłankami przemawiającymi za szerokim stosowaniem diagnostyki są: możliwość utrzymania sprzętu rolniczego w pełnej sprawności i bezawaryjna jego praca w okresie eksploatacyjnym.



Rys. 3.3. Wykres zużycia części maszynowej z uwzględnieniem demontażu i montażu

l_1 - normalna krzywa zużycia bez demontażu, l_2 - krzywa po demontażu

Źródło: praca zbiorowa Naprawa maszyn rolniczych, PWRiL 1973

Poprzez diagnostykę przedłuża się również okres użytkowania maszyn oraz obniża koszty ich naprawy. Osiąga się to między innymi dlatego, że wszelkie usterki podczas badań diagnostycznych wykrywane są i usuwane na początku ich powstania. Zapobiega się tym samym szybkiemu zużyciu i uszkodzeniom elementów.

Badania diagnostyczne mogą być przeprowadzane w celu:

- oceny przydatności eksploatacyjnej maszyny,
- ustalenia zakresu czynności naprawczych, które trzeba wykonać,
- sprawdzenia jakości wykonania naprawy.

Pierwsze dwa zadania osiąga się przeprowadzając badania diagnostyczne w ramach odpowiednich przeglądów technicznych lub jako oddzielne badania. Natomiast badania sporządzane na naprawionej maszynie mają na celu wykrycie usterek powstałych podczas regeneracji lub montażu.

Podczas badań diagnostycznych mogą być sprawdzane wszystkie mechanizmy maszyny lub tylko ich część. Samo sprawdzanie i wykrywanie usterek może być pobieżne lub bardzo szczegółowe, przy użyciu dokładnych przyrządów. W związku z tym zakres badań diagnostycznych może być różny i dlatego mamy do czynienia z badaniami diagnostycznymi pełnymi i badaniami diagnostycznymi o ograniczonym zakresie.

Bibliografia:

1. Bocheński I., Klimkiewicz M., Kojtych A., (2001): *Wybrane zagadnienia z technicznej obsługi pojazdów i maszyn*. Warszawa: Wyd. SGGW
2. Lisowski A., (2008): *Mechanizacja rolnictwa*. Warszawa: wyd. Hortpress
3. Gaworski M., Korpysz K., (2009): *Mechanizacja rolnictwa*, Warszawa: wyd. Hortpress
4. Otmianowski T., (1983): *Procesy odnowy maszyn i ciągników rolniczych, państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne*. 1983
5. Kulka A., (2009): *Technika w rolnictwie część 1*. Warszawa: wyd. REA
6. Kulka A., (2009): *Technika w rolnictwie część 2*. Warszawa: wyd. REA
7. Lorenc W., (1975): *Organizacja warsztatów, Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne*. Warszawa
8. Hołubowicz Z., Lorenc W., Żak S., (1973): *Naprawa maszyn rolniczych, Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne*.
9. Waszkiewicz C., (1999): *Maszyny rolnicze*. Warszawa: WSiP
10. Waszkiewicz C., Kuczewski J., (1998): *Maszyny rolnicze, Wydawnictwo szkolne i pedagogiczne*. Warszawa
11. Kuczewski J., Majewski Z., 1983: *Eksploatacja maszyn rolniczych, Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne*. Warszawa
12. Dolewka L., Regulski S., (1983): *Eksploatacja maszyn rolniczych, Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne*. Warszawa
13. Kuczewski J., Majewski Z., (1999): *Eksploatacja maszyn rolniczych*. Warszawa: WSiP, wydanie pierwsze
14. Kuczewski J., Majewski Z., (1998): *Podstawy eksploatacji maszyn rolniczych*. Warszawa: WSiP, wydanie drugie
15. Lorenc W., Pokrzywa B., (1982): *Naprawa ciągników rolniczych, Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne*.
16. Bocheński C., (1995): *Naprawa maszyn i urządzeń rolniczych*. Wydawnictwa szkolne i pedagogiczne. Warszawa
17. Skrobaccki A., (1999): *Pojazdy rolnicze*. Warszawa: WSiP
18. Kozłowska D., (1996): *Mechanizacja rolnictwa część I*. Warszawa: wyd. Hortpress
19. Kozłowska D., (1997): *Mechanizacja rolnictwa część II*. Warszawa: wyd. Hortpress
20. Nowacki T., (1970): *Pojazdy rolnicze*. Warszawa: PWRiL
21. *ATR aktualności techniki rolniczej, dwutygodnik*, Kościelec: BoomgaardenMedien sp. z o.o.
22. *Technika Rolnicza, Ogrodnicza i Leśna*, dwumiesięcznik, Poznań: PIMR
23. *Agrotechnika*, miesięcznik, Warszawa: Hortpress
24. *RPT Rolniczy Przegląd Techniczny*, miesięcznik, Myślecinek: APRA