

Moduł 1

Wymagania eksploatacyjne maszyn i urządzeń elektrycznych

1. Pojęcie eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych
2. Wymagania eksploatacyjne maszyn i urządzeń elektrycznych
3. Podstawowe zasady eksploatacji maszyn i urządzeń elektrycznych
4. Dobór wymagań eksploatacyjnych maszyn i urządzeń elektrycznych

1. Pojęcie eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych

Pod pojęciem eksploatacja maszyn i urządzeń rozumie się:

- prowadzenie ruchu tych urządzeń,
- utrzymanie urządzeń w należytych stanie technicznym.

Do czynności związanych z prowadzeniem ruchu urządzeń zaliczamy:

- uruchamianie urządzenia,
- obsługa w czasie pracy,
- zatrzymanie urządzenia w czasie normalnej pracy i w stanie awaryjnym,
- prowadzenie zapisów ruchowych.

Do prac związanych z utrzymaniem urządzeń w należytych stanie technicznym zaliczamy: oględziny, przeglądy, konserwacje i napraw oraz prace kontrolno-pomiarowe umożliwiające ocenę stanu technicznego.

Eksploatacja, wg S. Legutko, to: „ciąg działań, procesów i zjawisk związanych z wykorzystywaniem obiektów technicznych przez człowieka” i obejmuje przedział czasu od chwili wyprodukowania maszyny do momentu jej likwidacji¹.

Definicja eksploatacji wg PNTTE brzmi następująco: „zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych, mających na celu umożliwienie obiektowi wypełnianie wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dostosowaniem do zmian warunków zewnętrznych”².

Eksploatacja dzieli się na:

- użytkowanie,
- obsługiwanie.

Obsługiwanie – to „utrzymywanie obiektu w stanie zdatności oraz przywracanie obiektowi technicznemu wymaganych właściwości funkcjonalnych przez przeglądy, regulacje konserwacje, naprawy i remonty”³.

Użytkowanie – „wykorzystywanie obiektu technicznego zgodnie z jego przeznaczeniem właściwościami funkcjonalnymi w celu zaspokojenia potrzeb ludzkich”⁴.

Każda maszyna powinna podczas eksploatacji realizować cele, dla których została zaprojektowana. Jej przydatność dla potrzeb człowieka nazywa się jakością eksploatacyjną, która jest zbiorem istotnych cech określających stopień spełnienia wymagań odbiorcy (użytkownika). Najważniejsze kryteria oceny jakości eksploatacyjnej maszyn i urządzeń przedstawia rysunek 1.

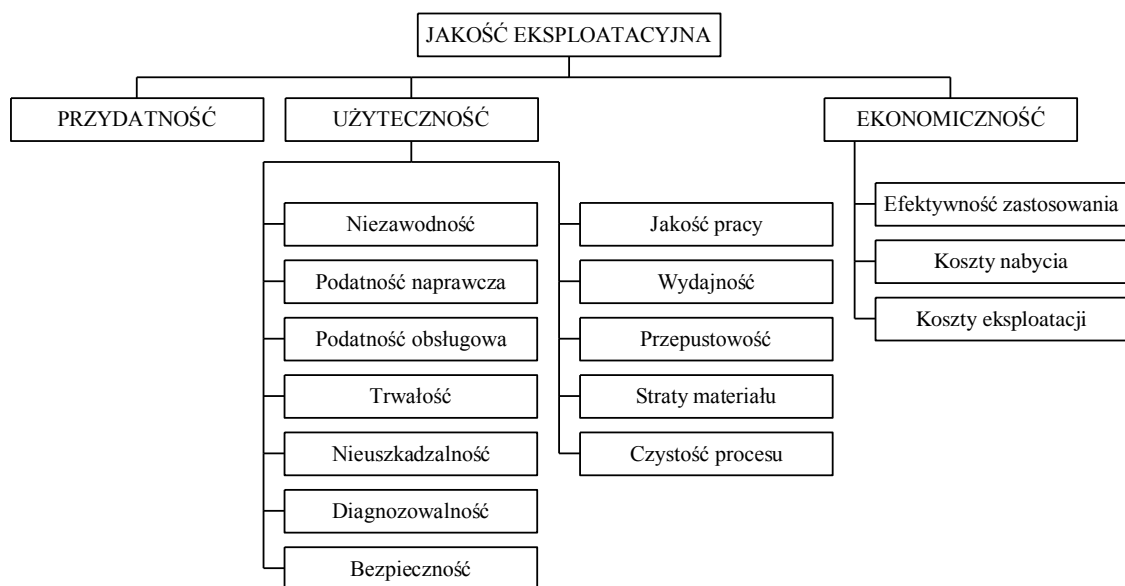
¹ Legutko S., *Eksploatacja maszyn*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.

² Strona internetowa Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego,

³ Legutko S., *Eksploatacja maszyn*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.

⁴ Tamże.

Rys. 1.1. Kryteria oceny jakości eksploatacyjnej



Źródło. Praca zbiorowa: *Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn*. Instytut Technologii Eksploatacji, Radom 1996

Efektywne działanie maszyny jest uzależnione od jej niezawodności oraz od jakości działań ludzi eksploatujących maszynę. Ocenę jakości maszyny określa się przez sprawdzenie jej cech techniczno-użytkowych. W 1987 roku ustanowiono międzynarodowe normy ISO 9000 zawierające modele zapewniające jakość w projektowaniu, produkowaniu, instalowaniu i serwisie oraz badaniu maszyn i urządzeń.

Najważniejsze cechy techniczno-użytkowe to: przeznaczenie, wielkości charakterystyczne, wyposażenie, wydajność, dokładność, niezawodność, ergonomiczność oraz bezpieczeństwo i higiena pracy.

Przeгляд techniczny – obejmuje czynności związane z regulacją zespołów i mechanizmów, usunięciem usterek i uszkodzeń, myciem i czyszczeniem, ustaleniem stopnia zużycia poszczególnych części i zespołów dla określenia szczegółowego zakresu naprawy.

Naprawa bieżąca – obejmuje naprawę lub wymianę szybko zużywających się części. W zakres naprawy bieżącej wchodzi również wszystkie czynności przeglądu technicznego.

Naprawa średnia – obejmuje naprawę lub wymianę szybciej zużywających się części zespołów w celu zapewnienia prawidłowej eksploatacji maszyny lub urządzenia do następnej naprawy średniej i głównej. Naprawa średnia obejmuje również wszystkie czynności naprawy bieżącej.

Naprawa główna – obejmuje naprawę lub wymianę wszystkich części, a nawet całych zespołów ulegających zużyciu w celu przywrócenia pierwotnej lub zbliżonej do pierwotnej wartości użytkowej maszyny lub urządzenia.

2. Wymagania eksploatacyjne maszyn i urządzeń elektrycznych

Na etapie eksploatacji koncepcja zapewnienia bezpieczeństwa maszyn realizowana jest poprzez przestrzeganie minimalnych wymagań dotyczących użytkowania i obsługi maszyn wg wskazań producenta, podejmowania przez eksploatatorów dodatkowych technicznych i organizacyjnych środków bezpieczeństwa adekwatnie do

warunków pracy maszyn, utrzymania poziomu bezpieczeństwa wprowadzonych na stanowisko pracy maszyn poprzez zapewnienie ich kontroli przewidzianych w dyrektywach społecznych, udziału operatorów maszyn w działaniach dotyczących zmniejszenia ryzyka zawodowego oraz przekazywania przez eksploatatorów producentom maszyn informacji o nieprawidłowościach ujawnionych w trakcie eksploatacji ich wyrobów.

Stosowanie triady bezpieczeństwa (rys. 2) w celu ograniczania poziomu ryzyka w procesie projektowania maszyn, jak również ocenianie zgodności maszyn z wymaganiami zasadniczymi wg procedur ustalonych z uwzględnieniem stwarzanych zagrożeń i związanego z nimi ryzyka i znakowanie wyrobów spełniających wymagania dyrektyw znakiem CE [5] – to warunkowe minimum kształtowanego bezpieczeństwa maszyn.

Rys. 1.2. Triada bezpieczeństwa



Źródło. T. Chrostowski, *Bezpieczeństwo w eksploatacji maszyn*, <http://www.zie.pg.gda.pl/>

Powyższe zasady wdrożono odpowiednimi przepisami prawnymi obligującymi do właściwej budowy oraz właściwej eksploatacji maszyn i urządzeń technicznych. Zapewnienie bezpieczeństwa oraz stworzenie warunków do tworzenia wymaganego przepisami prawnymi poziomu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia jest zadaniem wszystkich stron uczestniczących w procesie pracy.

Wszystkie osoby uczestniczące w konstruowaniu, produkcji oraz eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych ponoszą odpowiedzialność za niedopełnienie obowiązków związanych z ich konstruowaniem, produkowaniem oraz eksploatacją.

Jeżeli maszyny nie mogą być używane bez ryzyka dla bezpieczeństwa lub zdrowia pracowników, pracodawca powinien zastosować rozwiązania mające na celu zminimalizowanie ryzyka związanego z ich eksploatacją⁵.

⁵ Chrostowski T., *Bezpieczeństwo w eksploatacji maszyn*, <http://www.zie.pg.gda.pl/>

Zadaniem pracodawcy jest podjęcie działań mających na celu zapewnienie, że maszyny udostępnione pracownikom na terenie zakładu pracy lub w miejscu wyznaczonym przez pracodawcę są właściwe do wykonywania pracy lub odpowiednio przystosowane do jej wykonywania oraz mogą być eksploatowane bez pogorszenia bezpieczeństwa lub zdrowia pracowników. Dokonując wyboru maszyny, pracodawca powinien brać pod uwagę specyficzne warunki i rodzaj wykonywanej pracy, a także istniejące w zakładzie pracy lub w miejscu pracy zagrożenia istotne dla bezpieczeństwa i zdrowia pracowników, w szczególności zagrożenia występujące na stanowisku pracy.

Od 1 maja 2004 roku wraz z wejściem Polski w struktury Unii Europejskiej zaczęło obowiązywać w pełni prawo UE. Zgodnie z traktatem akcesyjnym, Polska zobowiązana została do wprowadzenia do prawa wewnętrznego europejskiego dorobku legislacyjnego, zachowując zasadę niedopuszczalności ograniczania krajowego dorobku z bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zatrudnionych.

Wdrażanie europejskiej koncepcji bezpieczeństwa maszyn realizowane jest przez dyrektywy UE, czyli akty prawne Unii skierowane do wszystkich państw członkowskich nakładające na nie obowiązek wydania własnych przepisów wprowadzających w życie treść dyrektywy, przy czym forma krajowych przepisów wprowadzających dyrektywę jest dowolna (dotychczasowe przepisy krajowe sprzeczne z dyrektywą muszą być wycofane), ale jednocześnie powstające przepisy krajowe dotyczące ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, zapewniające ochronę przed zagrożeniami związanymi z eksploatacją maszyn i urządzeń technicznych powinny być zbliżone do obowiązujących w UE celem zagwarantowania swobodnego przepływu towarów na rynku maszyn, bez obniżania istniejących, uzasadnionych poziomów ochrony.

Dyrektywy podzielić można na dwa podstawowe rodzaje. Pierwszy rodzaj stanowią dyrektywy nowego i globalnego podejścia dotyczące projektowania, budowy i wprowadzania na rynek wyrobów, wydawane w celu zapewnienia możliwie najwyższego poziomu ich bezpieczeństwa. Ich przepisy dotyczą projektantów i konstruktorów oraz producentów tych wyrobów. Tylko wyroby spełniające wymagania ujęte w tych dyrektywach mają zapewniony swobodny przepływ w Europejskim Obszarze Gospodarczym (EOG), który tworzą państwa członkowie Unii Europejskiej oraz Islandia, Lichtenstein i Norwegia – członkowie EFTA, sygnatariusze umowy EOG oraz w Szwajcarii (umowa dwustronna z UE).

Drugi rodzaj dyrektyw dotyczy pracodawców – są to tzw. dyrektywy socjalne (społeczne), określające minimalne wymagania BHP, jakie powinni oni zapewnić pracownikom podczas pracy.

Podstawową dyrektywą pierwszego rodzaju, dotyczącą zasadniczych wymagań dla maszyn, jest dyrektywa 2006/42/WE nazwana „maszynową” (tablica 1).

Do podstawowych dyrektyw społecznych należy dyrektywa 89/391/EWG, tzw. „ramowa” i wydane na jej podstawie dyrektywy szczegółowe, w tym dyrektywa 2009/104/WE. Głównym celem dyrektywy 2006/42/WE jest gwarancja przekazania na rynek UE tylko maszyn bezpiecznych poprzez ujednoczenie krajowych przepisów bezpieczeństwa z zakresu projektowania i wytwarzania opartych o wymagania zawarte w dyrektywie.

Dyrektywa stanowi, że maszyn może być umieszczone na rynku, jeśli:

- spełnia zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, tzn. jest bezpieczna sama w sobie,
- przeprowadzona została dla niej, zgodna z dyrektywą, procedura oceny zgodności,
- została wydana deklaracja zgodności (WE) lub deklaracja wytwórcy,
- została właściwie oznakowana znakiem CE.

Tabela 1.1. Dyrektywy Unii Europejskiej bezpośrednio i pośrednio wdrożone do prawaodawstwa polskiego

Lp.	Dyrektywa			Polski odpowiednik prawny
	Numer	Symbol	Tytuł	
1	2006/42/WE	MD	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE i zastępująca dyrektywę 98/37/WE	Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (<i>Dz. U. z 2010 r. nr 138, poz. 935</i>) Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (<i>Dz. U. nr 199, poz. 1228 z późn. zm.</i>)
2	89/391/EWG		Dyrektywa Rady z dnia 12 maja 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia w miejscu pracy	Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (<i>Dz. U. z 1998 r. nr 21, poz. 94 z późn. zm.</i>) Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (<i>Dz. U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650 z późn. zm.</i>)
3	2009/104/WE		Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 września 2009 r. dotycząca minimalnych wymagań w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny użytkowania sprzętu roboczego przez pracowników podczas pracy	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (<i>Dz. U. nr 191, poz. 1596 z późn. zm.</i>) Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 30 września 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (<i>Dz. U. nr 178, poz. 1745</i>)
4	2004/108/WE	EMC	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 2004 r. odnosząca się do kompatybilności elektromagnetycznej	Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o kompatybilności elektromagnetycznej (<i>Dz. U. nr 82, poz. 556 z późn. zm.</i>)
5	2009/105/WE	SPV	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 września 2009 r. odnosząca się do prostych zbiorników ciśnieniowych	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla prostych zbiorników ciśnieniowych (<i>Dz. U. nr 259, poz. 2171</i>)
6	94/9/WE	ATEX	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994 dotycząca urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (<i>Dz. U. nr 263 poz. 2203</i>)
7	2000/14/WE	NOISA	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 maja 2000 o zbliżeniu przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących emisji hałasu do otoczenia przez urządzenia używane na zewnątrz pomieszczeń	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń używanych na zewnątrz pomieszczeń w zakresie emisji hałasu do środowiska (<i>Dz. U. nr 263 poz. 2202 z późn. zm.</i>)
8	95/16/WE	LIFTS	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 czerwca 1995 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich dotyczących dźwigów	Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla dźwigów i ich elementów bezpieczeństwa (<i>Dz. U. nr 263, poz. 2198 z późn. zm.</i>)

Źródło: T. Chrostowski, *Bezpieczeństwo w eksploatacji maszyn*, <http://www.zie.pg.gda.pl/>

Spełnienie zasadniczych wymagań dla maszyn wymaga uwzględnienia w projektowaniu takich kwestii, jak zapewnienie eliminacji lub ograniczenie zagrożeń mechanicznych, elektrycznych, termicznych i innych wyzwalanych w eksploatacji maszyn, zastosowanie zasad ergonomii, przystosowanie maszyn nie tylko do bezpiecznego użytkowania, ale również obsługiwanie, poszukiwań rozwiązań technicznych ograniczających hałas i drgania w czasie pracy maszyny, wyzwalane promieniowanie, stosowanie zabezpieczeń eliminujących zagrożenia ze strony materiałów i substancji przetwarzanych, zużywanych, produkowanych i usuwanych przez maszyny, zapewnienie niezawodności stosowanego wyposażenia, mechanizacji i automatyzacji załadunku i rozładunku oraz umiejscowienie punktów nastawiania i konserwacji poza strefami niebez-

piecznymi i ograniczenia zagrożeń związanych ze środowiskiem, w którym maszyna jest eksploatowana.

W przypadku, gdy zaprojektowana maszyna sama w sobie nie zapewnia uzyskania pełnego bezpieczeństwa, w celu zmniejszenia ryzyka konieczne jest stosowanie osłon i urządzeń ochronnych służących do ochrony osób. Niezbędne może okazać się również zastosowanie uzupełniających środków ochronnych obejmujących dodatkowe wyposażenie chroniące przed częściami ruchomymi oraz ograniczające dostęp do stref zagrożenia. Środki, które można zastosować w fazie projektowania są uprzywilejowane i, najczęściej, bardziej skuteczne od środków wprowadzonych do stosowania przez eksploatatora.

Potwierdzeniem spełnienia zasadniczych wymagań dla maszyn jest przeprowadzenie przez projektanta (producenta) oceny zgodności. Dyrektywa 2006/42/WE przewiduje stosowanie kilku zasadniczo różnych procedur oceny zgodności, przyjmowanych w zależności od stopnia stwarzanych przez maszynę zagrożeń, zakresu zastosowania na etapie projektowania norm zharmonizowanych oraz możliwości zapewnienia przez producenta spełnienia wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa. Normy zharmonizowane z poszczególnymi dyrektywami to techniczne normy europejskie (EN), przyjęte w krajach członkowskich Unii Europejskiej.

Wprowadzono następującą strukturę hierarchiczną norm dotyczących bezpieczeństwa⁶:

Normy typu A – podstawowe normy dotyczące bezpieczeństwa zawierające zasadnicze pojęcia, zasady projektowania i ogólne aspekty bezpieczeństwa stosowane do wszystkich maszyn (np. PN-EN ISO 12100:2011, PN-EN 614-1+A1:2009, PN-EN 614-2+A1:2010, PN-EN 1005-1+A1:2010).

Normy typu B – mogą mieć zastosowanie do wielu różnych maszyn, a dotyczą jednego aspektu bezpieczeństwa lub jednego rodzaju urządzeń bezpieczeństwa.

Normy typu B1 – odnoszą się do poszczególnych aspektów bezpieczeństwa (np. odległości bezpieczeństwa – PN-EN ISO 13857:2010, PN-EN 349+A1:2010, PN-EN ISO 13855:2010, PN-EN ISO 13849-1:2008, PN-EN 547-1+A1:2010, PN-EN ISO 14159:2008, PKN-CENELEC/Guide 29:2008, PN-EN 1265+A1:2009).

Normy typu B2 – odnoszą się do urządzeń związanych z bezpieczeństwem (np. urządzenia sterowania oburęcznego PN-EN 574+A1:2010, urządzenia blokujące PN-EN 1088+A2:2011, urządzenia czułe na nacisk PN-EN 1760-1+A1:2009, osłony – PN-EN 953+A1:2009).

Normy typu C – zawierają szczegółowe wymagania dotyczące bezpieczeństwa dla poszczególnych maszyn lub grup maszyn (np. norma PN-EN 1870-1+A1:2010 dotycząca pilarek tarczowych składa się z 17 części uwzględniających różne rozwiązania konstrukcyjne tych maszyn).

Normy te zawierają konkretne rozwiązania i wymagania techniczne. Wytwórca może skorzystać z domniemania zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy, jeśli wyrób został wyprodukowany zgodnie z wymaganiami normy zharmonizowanej. Domniemanie zgodności dotyczy tylko tych zasadniczych wymagań, które objęte są daną normą zharmonizowaną. Istotne jest, aby zastosowane normy zharmonizowane objęły wszystkie zasadnicze wymagania, jakie dotyczą danego wyrobu. Zastosowanie norm zharmonizowanych, które dają domniemanie zgodności, jest dobrowolne.

⁶ Chrostowski T., *Bezpieczeństwo w eksploatacji maszyn*, <http://www.zie.pg.gda.pl/>

Jeśli jednak wytwórca zdecyduje się na niestosowanie norm zharmonizowanych, musi innymi środkami wykazać zgodność wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy.

Maszyny i urządzenia, w zależności od poziomu ryzyka związanego z eksploatacją, podlegać mogą:

- ocenie zgodności połączonej z kontrolą wewnętrzną wytwarzania maszyny,
- badaniu typu wraz z kontrolą wewnętrzną wytwarzania maszyny,
- procedurze pełnego zapewnienia jakości.

Wszystkie stosowane procedury kończą się wystawieniem przez producenta lub dystrybutora Deklaracji Zgodności i oznakowaniem maszyny znakiem CE.

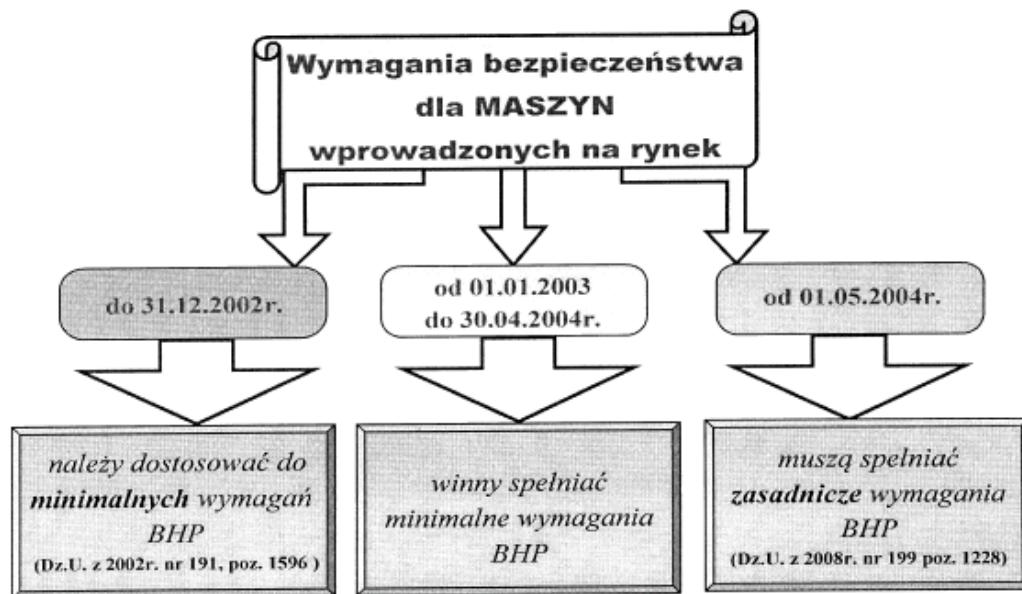
Oznakowanie CE, potwierdza przeprowadzenie z wynikiem pozytywnym oceny zgodności, symbolizuje zgodność ze wszystkimi zobowiązaniami spoczywającymi na producentach w odniesieniu do wyrobu, jego projektowania i wytwarzania oraz na mocy dyrektyw wspólnotowych, dotyczących jego umieszczania na wspólnym rynku. Oznakowanie CE jest jedynym oznakowaniem świadczącym o tym, że wyroby przemysłowe są zgodne z dyrektywami opartymi na zasadach Nowego i Globalnego Podejścia.

Znak CE umieszczony na samym wyrobie lub na tabliczce znamionowej musi znajdować się w widocznym miejscu, być czytelny i nieusuwalny. Jeśli jest to niemożliwe lub nie może być zagwarantowane ze względu na rodzaj wyrobu, oznakowanie CE powinno być umieszczone na opakowaniu (jeżeli takie istnieje) oraz w dołączonych do wyrobu dokumentach (jeżeli odpowiednia dyrektywa wymaga takich dokumentów).

Istotnym elementem wymagań zasadniczych są informacje dotyczące eksploatacji maszyn, a w tym warunki bezpiecznego użytkowania maszyny, zgodnego z przeznaczeniem, z uwzględnieniem wszystkich rodzajów jej pracy. W szczególności eksploatator powinien być poinformowany o istniejącym ryzyku resztkowym i jego wpływie na rzeczywiste bezpieczeństwo eksploatacji. Informacje dotyczące eksploatacji powinny obejmować: transport, montaż i zainstalowanie, przekazywanie do eksploatacji, użytkowanie (nastawianie, uczenie, programowanie, zmianę procesu), obsługiwanie (czyszczenie, wykrywanie defektów oraz konserwację i naprawy) maszyny oraz, jeżeli to konieczne, wycofanie z eksploatacji, demontaż i złomowanie.

Konsekwencją wdrożenia ustawodawstwa Unii Europejskiej do systemu bezpieczeństwa maszyn w Polsce, było dokonanie podziału maszyn na tzw. „stare” – wyprodukowane i wprowadzone do eksploatacji w naszym kraju po raz pierwszy przed 1 maja 2004 roku, które winny spełniać minimalne wymagania bezpieczeństwa oraz maszyny „nowe” – wprowadzone do eksploatacji po 1 maja 2004 roku winne spełniać zasadnicze wymagania bezpieczeństwa (rys. 3).

Rys. 1.3. Wymagania bezpieczeństwa dla starych i nowych maszyn w Polsce



Źródło. T. Chrostowski, *Bezpieczeństwo w eksploatacji maszyn*, <http://www.zie.pg.gda.pl/>

Uznaje się, że stare maszyny będące w eksploatacji spełniają wymagania minimalne, jeżeli nie przekraczają odpowiedniego, akceptowalnego poziomu ryzyka. Aby to osiągnąć, należało dokonać przeglądu tych maszyn pod kątem spełnienia wymagań technicznych, jak również poprawy metod bezpiecznej pracy.

Jest to możliwe poprzez ograniczenie ekspozycji na zagrożenia środkami organizacyjnymi, podwyższanie kwalifikacji, motywowanie itd., czyli przez organizację i zarządzanie bezpieczeństwem stosownie do specyfiki stanowiska pracy i wykonywanych zadań. Stworzyło to możliwość dalszego eksploataowania starego parku maszynowego, często bez konieczności ich modernizowania i przystosowywania do wymagań aktualnych norm.

Tabela 1.2. Nazwy i numery wybranych norm określających wymagania Dyrektywy Wspólnoty Europejskiej

Nr normy	Tytuł	Nr PN
EN 81-3:2000	<i>Safety rules for the construction and installation of lifts – Part 3: Electric and hydraulic service lifts</i> Przepisy bezpieczeństwa dotyczące budowy i instalowania dźwigów – Część 3: Dźwigi towarowe małe elektryczne i hydrauliczne	PN-EN 81-3:2002
EN 115:1995	<i>Safety rules for the construction and installation of escalators and passenger conveyors</i> Przepisy bezpieczeństwa dotyczące konstrukcji oraz instalowania schodów ruchomych i chodników ruchomych	PN-EN 115:1997
EN 115:1995/A1:1998	jak wyżej	PN-EN 115:1997/A1:2001
EN 201:1997	<i>Rubber and plastics machines – Injection moulding machines – Safety requirements</i> Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych, mieszanek gumowych – Wtryskarki – Wymagania bezpieczeństwa	PN-EN 201:1999
EN 201:1997/A1:2000	jak wyżej	PN-EN 201:1999/A1:2002
EN 280:2001	<i>Mobile elevating work platforms – Design calculations, stability criteria, construction – Safety, examinations and tests</i> Przejezdne podesty ruchome – Obliczenia projektowe – Kryteria stateczności – Budowa – Bezpieczeństwo – Badania i próby	PN-EN 280:200211
EN 289:1993	<i>Rubber and plastics machinery – Compression and transfer moulding presses – Safety requirements for the design</i> Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych – Prasy tłoczne i przetłoczne - Wymagania bezpieczeństwa dotyczące projektowania	PN-EN 289:1999
EN 292-1:1991	<i>Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology</i> Maszyny – Bezpieczeństwo – Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania – Podstawowa terminologia, metodologia	PN-EN 292-1:2000

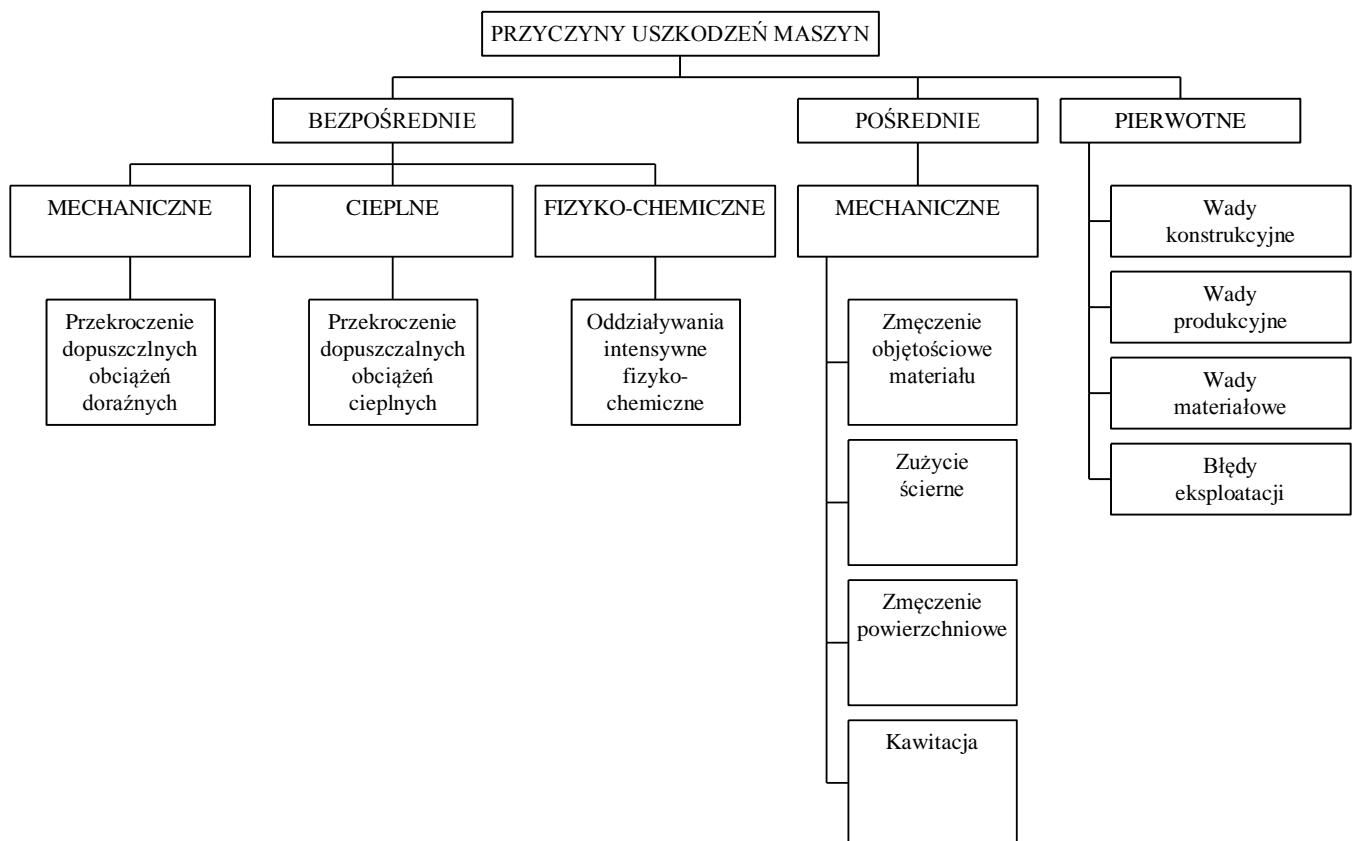
Źródło. M. Cymerys, *Użytkowanie i obsługiwane maszyn i urządzeń 723[02].Z2.03. Poradnik dla ucznia*. ITE PiB. Radom 2007

Mimo coraz bardziej szczegółowych wymagań określanych normami, trudno jest ująć w nich wszystkie procesy związane z eksploatacją. Najważniejszą częścią procesu eksploatacji maszyn jest ich użytkowanie, ponieważ tylko przez użytkowanie maszyn zaspokajane są potrzeby, dla których zostały one zaprojektowane i wytworzone. Podczas pracy maszyna jest narażona na oddziaływanie różnych czynników wymuszających. Są to:

- czynniki robocze, które oddziałują na maszynę w wyniku realizacji jej procesu roboczego,
- czynniki zewnętrzne, które oddziałują na maszynę bez względu na jej funkcjonowanie (np. czynniki atmosferyczne),
- czynniki antropotechniczne, które oddziałują na maszynę w wyniku świadomej lub nieświadomej działalności człowieka.

Praca maszyny wiąże się również z zużywaniem się jej części, co prowadzi do różnych uszkodzeń, a w końcu może dojść do całkowitego zużycia maszyny. Przyczyny uszkodzeń różnych maszyn są dość złożone, a ich typowe przypadki pokazuje rysunek 2.

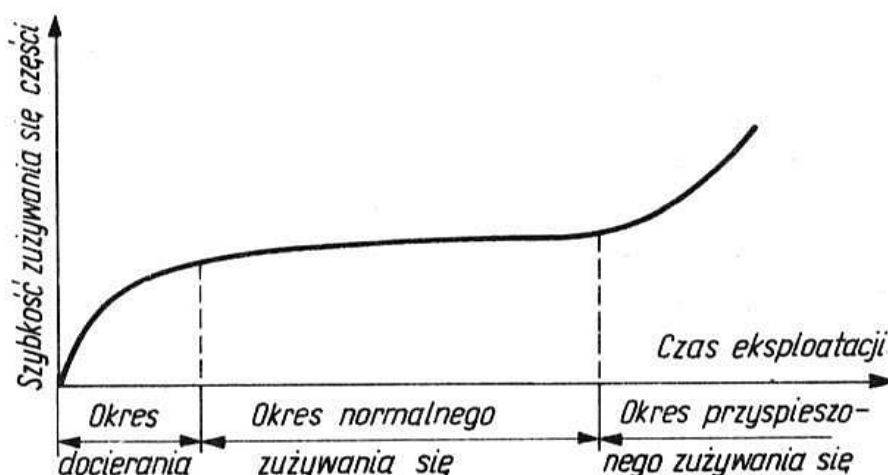
Rys. 1.4. Przyczyny uszkodzeń części maszyn



Źródło. Praca zbiorowa: *Podstawy racjonalnej eksploatacji maszyn*. Instytut Technologii Eksploatacji, Radom 1996

Przebieg zużywania się części maszyn oraz maszyn i urządzeń jako całości pokazuje wykres przedstawiony na rysunku 5.

Rys. 1.5. Zależność szybkości zużycia się części od okresu eksploatacji [2, s.127]



Źródło. M. Cymerys, *Użytkowanie i obsługa maszyn i urządzeń 723[02].Z2.03. Poradnik dla ucznia*. ITE PiB. Radom 2007

Jak widać z wykresu nowe maszyny w procesie wstępnego docierania zużywają się szybko, jednak jest to proces nieszkodliwy gdyż po dotarciu następuje długi stabilny proces pracy zwany okresem normalnego zużycia się. W celu unikania awarii maszyny, należy

Okres I, zwany docieraniem jest stosunkowo krótki, a zarazem bardzo ważny dla prawidłowego działania urządzenia. Następuje wówczas dogładzanie i dopasowywanie się współpracujących powierzchni. W początkowej fazie ubytki materiału są dość intensywne.

W końcu okresu rzeczywista powierzchnia styku obu części powiększa się, maleje intensywność zużycia oraz ustabilizuje się stan naprężeń i odkształceń w warstwie wierzchniej.

Okres II to normalna praca elementów maszyny. Charakteryzuje się powolnym przebiegiem zachodzących zjawisk oraz zmniejszoną i prawie stałą intensywnością zużycia. Trwałość części maszyn określa się na podstawie tego okresu.

Okres III zaczyna się w chwili, gdy następuje przekroczenie dopuszczalnego luzu danej pary trącej. Wówczas występuje zakłócenie normalnej współpracy części, co objawia się skutkami: nadmiernym nagrzewaniem się, obniżeniem sprawności mechanicznej, wzrostem zużycia środka smarnego, obniżeniem dokładności oraz sztywności połączenia. Dalsza eksploatacja w tych warunkach powoduje zniszczenie lub awarię pary trącej.

3. Podstawowe zasady eksploatacji maszyn i urządzeń elektrycznych

Zakład pracy jest zobowiązany do utrzymywania pomieszczeń pracy, budynków oraz terenów i urządzeń z nimi związanych w stanie zapewniającym bezpieczne i higieniczne warunki pracy.

Maszyny, urządzenia oraz narzędzia pracy muszą być konstruowane i budowane w taki sposób, aby zapewniały bezpieczne, higieniczne i dogodne warunki pracy. Muszą przede wszystkim zabezpieczać pracownika przed urazami, działaniem substancji chemicznych, porażeniem prądem elektrycznym, nadmiernym hałasem, szkodliwymi wstrząsami i działaniem szkodliwych wibracji oraz promieniowaniem.

Maszyny i inne urządzenia techniczne oraz narzędzia pracy przed dopuszczeniem do ich produkcji są poddawane ocenie pod względem wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy.

Prace związane z eksploatacją urządzeń elektroenergetycznych mogą wykonywać tylko pracownicy, którzy spełniają dodatkowe wymagania kwalifikacyjne w zakresie gospodarki energetycznej, określone w przepisach wydanych na podstawie ustawy o gospodarce energetycznej.

Do zadań obsługi urządzeń elektrycznych zalicza się takie czynności, jak:

- uruchamianie i zatrzymywanie urządzeń,
- nadzór urządzeń w czasie ich pracy,
- dokonywanie odczytów wskazań aparatury kontrolno-pomiarowych,
- oględziny i przeglądy urządzeń nie wymagające ich demontażu,
- prace porządkowe w pomieszczeniach.

Urządzenia mogą być uruchamiane tylko przez upoważnionych pracowników z zachowaniem kolejności czynności określonych w instrukcji eksploatacji. Nie dotyczy to urządzeń ogólnie dostępnych, np. urządzeń oświetlenia pomieszczeń i terenów zewnętrznych.

Urządzenia elektryczne, których ruch stwarza zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego (np. silniki elektryczne) można uruchamiać dopiero po uprzednim ostrzeżeniu osób znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie o zamierzonym uruchomieniu urządzeń. W czasie ruchu urządzeń nie wolno zdejmować osłon z części ruchomych tych urządzeń (np. w czasie ruchu maszyn wirujących). Zmiany osłon, ochron i innych istniejących zabezpieczeń urządzeń elektromagnetycznych mogą być dokonywane tylko przez osoby do tego upoważnione.

Wykonywanie oględzin urządzeń elektrycznych polega głównie na wzrokowym sprawdzeniu stanu technicznego tych urządzeń; nie wymaga się przy tym wyłączenia urządzeń spod napięcia. Podczas oględzin urządzeń zabrania się:

- wykonywania prac przy urządzeniach z wyjątkiem czynności w zakresie obsługi określonych w instrukcji eksploatacji,
- zdejmowania osłon,
- wchodzenia na konstrukcje i urządzenia,
- zbliżania się na niebezpieczną odległość do nie osłoniętych części urządzeń.

Przy dokonywaniu wszelkich prac z zakresu obsługi należy stosować odpowiedni sprzęt ochronny. Prace w zakresie konserwacji, naprawi remontów urządzeń elektrycznych należy wykonywać w zasadzie po wyłączeniu tych urządzeń spod napięcia, przy czym wyłączenia spod napięcia należy dokonać w taki sposób, aby uzyskać widoczną przerwę izolacyjną w obwodach zasilających (np. wyjęcie wkładek bezpiecznikowych, zdemontowanie części obwodu zasilającego). Nie jest konieczne, aby przerwa ta była widoczna z miejsca wykonywania prac.

Przy urządzeniach elektrycznych nie wyłączonych spod napięcia są zezwolone prace (poza pracami określonymi w instrukcji eksploatacji w zakresie obsługi):

- polegające na wymianie wkładek bezpiecznikowych i żarówek (światłówek) o nieuszkodzonej obudowie i oprawie,
- przy wykonywaniu prób i pomiarów w sposób określony w szczegółowych instrukcjach lub wskazówkach bezpieczeństwa i higieny pracy na poszczególnych stanowiskach roboczych,

- w innych przypadkach nie wymienionych powyżej, lecz wyłącznie przy zastosowaniu specjalnych środków przewidzianych w szczegółowych instrukcjach stanowiskowych, które zapewniają bezpieczne wykonywanie pracy.

Prace konserwacyjne i remontowe przy czynnych instalacjach i odbiornikach mogą być wykonywane po wyłączeniu spod napięcia całej instalacji, danego obwodu lub odbiornika, na którym są wykonywane prace, sprawdzeniu braku napięcia i uziemieniu. Prace przy elektrycznych urządzeniach wirujących mogą być wykonywane po wyłączeniu ich z ruchu i skutecznym zabezpieczeniu przed nieprzewidzianym uruchomieniem od strony urządzeń napędzających lub od strony urządzeń napędzanych, np. pomp, wentylatorów. Nie dotyczy to prac z zakresu obsługi określonych w instrukcji eksploatacji.

Wyłączenia instalacji spod napięcia należy dokonać przez wyłączenie wyłączników (jeżeli istnieją) i wyjęcie wkładek zabezpieczających w rozdzielnicie danego budynku lub na najbliższej tablicy, z której jest zasilana dana instalacja lub obwód.

W razie wykonywania prac polegających na kuciu w murze i przebijaniu otworów w ścianie przy instalacjach podtynkowych i innych, nie ułożonych na powierzchni ścian, jest wskazane wyłączyć spod napięcia wszystkie obwody instalacji w budynku lub pomieszczeniu, w którym wykonywane te prace.

Wyłączenie odbiorników spod napięcia należy dokonać przez wyłączenie wyłączników, wyjęcie wkładek bezpiecznikowych znajdujących się możliwie najbliżej danego odbiornika lub przez wyjęcie wtyczki z gniazda wtykowego.

Sprawdzenia braku napięcia w wyłączanej instalacji lub odbiorniku należy dokonać neonowym wskaźnikiem napięcia. Niezależnie od sprawdzenia braku napięcia po wyłączeniu instalacji, ponownego sprawdzenia braku napięcia należy dokonać bezpośrednio przed przystąpieniem do prac w każdym nowym miejscu pracy. Może się zdarzyć, że część instalacji lub obwód, przy których ma być rozpoczęta praca, nie należą do instalacji wyłączonej spod napięcia.

W miejscu wyłączenia instalacji spod napięcia oraz w miejscu pracy, żyły przewodów instalacji powinny być uziemione przy zastosowaniu uziemiaczy przenośnych. W instalacjach mało rozbudowanych, np. w mieszkaniach, w których założenie uziemiaczy przenośnych jest utrudnione, można nie uziemiać przewodów wyłączonej instalacji zarówno w miejscu wyłączenia, jak i miejscu pracy pod warunkiem, że:

- miejsce wyłączenia jest dostępne tylko dla osób wykonujących prace (np. rozdzielnica, z której wyjęto wkładki bezpiecznikowe, zostanie zamknięta na klucz znajdujący się u osób wykonujących prace) albo
- miejsce wyłączenia instalacji (obwodu) na tablicy ogólnie dostępnej jest skutecznie kontrolowane przez osoby wykonujące prace przed dokonywaniem na nich manipulacji przez osoby postronne, a wyjęte wkładki bezpiecznikowe znajdują się cały czas u osób wykonujących prace.

Przy wstrzeliwaniu kołków stalowych w ścianę, sufit lub inne podłoże, należy zabezpieczyć się, aby nie było nikogo z drugiej strony tego podłoża, a pistolet był przed wystrzeleniem dociśnięty ściśle w wyznaczonym miejscu. Naprężenie przewodów wielokrążkiem oraz przebijanie otworów w ścianach powinno się wykonywać, stojąc na pewnych (sztywnych) rusztowaniach. Nie wolno wykonywać tych prac z drabin.

Pracownicy układający przewody w powłoce ołowianej powinni starannie myć ręce przed każdym posiłkiem i po pracy. Przy posługiwaniu się lampą lutowniczą należy

zachować szczególną ostrożność, mając na uwadze możliwość wybuchu lub spowodowanie pożaru.

Wszelkie prace w warunkach szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego muszą być wykonywane co najmniej przez dwie osoby, przy czym jedna z nich musi mieć aktualne zaświadczenie kwalifikacyjne, a druga osoba może być osoba pomocnicza.

Prace w warunkach nie zaliczanych do szczególnego zagrożenia dla zdrowia i życia ludzkiego mogą być wykonywane jednoosobowo. Do prac należy zawsze używać odpowiednich narzędzi i sprzętu ochronnego określonych w przepisach bezpieczeństwa i higieny pracy.

4. Dobór wymagań eksploatacyjnych maszyn i urządzeń elektrycznych

Podczas przygotowywania i prowadzenia procesu użytkowania obiektów technicznych ważne jest uwzględnienie odpowiednich parametrów pracy maszyn, z których najważniejsze są parametry dotyczące obciążenia maszyn oraz prędkości roboczej ze względu na to, że mają duży wpływ na zdolności użytkowe, wydajność i koszty generowane podczas użytkowania.

Do tych parametrów należą głównie wielkości fizyczne (obciążenie, dopuszczalne zużycie energii, ciężar), chronologiczne (czas rozpoczęcia, trwania i zakończenia pracy), technologiczne, eksploatacyjne i ekonomiczne.

Do opisu procesu użytkowania i właściwej jego oceny dokonuje się podziału parametrów obiektu technicznego według kryterium ich ważności:

- **wielkości krytyczne** – ich ewentualne przekroczenie znacznie zmniejsza funkcjonalność urządzenia oraz może spowodować zagrożenie dla urządzenia lub człowieka (np. niski poziom oleju w misce olejowej silnika spalinowego),
- **wielkości ważne** – ich odchylenie w istotny sposób, jednak odwracalny, zmniejsza efektywność funkcjonowania urządzenia oraz może spowodować jego zniszczenie (np. złe ciśnienie w ogumieniu kół samochodu),
- **wielkości mało ważne** – ich zmiany powodują nieistotne i odwracalne zmniejszenie efektywności funkcjonowania urządzenia,
- **wielkości pomijalne** – nieistotne ze względu na ocenę użytkownika urządzenia (np. kolor lakieru samochodu).

Oceniając stan techniczny maszyny, oceniamy jej niezawodność, trwałość i zużycie w określonym etapie procesu zużywania.

Niezawodność jest to spełnienie przez urządzenie postawionych mu wymagań w ciągu określonego czasu i w określonych warunkach pracy. Należy przez to rozumieć zdolność urządzenia do zrealizowania postawionych mu zadań.

Do kryteriów określających niezawodność urządzenia zalicza się:

- dużą trwałość,
- pewność działania,
- bezawaryjność,
- zdolność do długotrwałej pracy bez pogarszania parametrów wyjściowych,
- stabilność działania,
- mały zakres i łatwość obsługi,
- długie okresy międzynaprawcze,
- małą pracochłonność napraw i obsług.

Teoria niezawodności, która obejmuje wszystkie zagadnienia z tym związane, oraz formułowanie teoretycznych i praktycznych wniosków opiera się na teorii prawdopodobieństwa i na zasadach statystyki matematycznej. Dostarcza informacji, które pozwalają ustalić i eliminować słabe miejsca maszyn i urządzeń.

Trwałość maszyny lub urządzenia to własność, która charakteryzuje proces zużycia się urządzenia podczas jego eksploatacji.

Wskaźnikami trwałości mogą być:

- czas pracy, określony w godzinach lub latach pracy, aż do całkowitego zużycia,
- czas użytkowania: jest to czas pracy aż do całkowitego zużycia bez uwzględniania przestojów nieuzasadnionych i uzasadnionych.

Niezawodność maszyny lub urządzenia można określić, podając częstotliwość przerw w działaniu z powodu uszkodzeń lub czas nieprzerwanej pracy między wymuszonymi przerwami.

Przymusowe zatrzymanie się urządzenia może być spowodowane usterkami konstrukcyjnymi lub technologicznymi, nieprawidłową eksploatacją lub przyczynami przypadkowymi.

Rozróżniamy trzy rodzaje zatrzymywania się urządzeń:

- lekkie, gdy usunięcie usterki może wykonać obsługa urządzenia z użyciem podręcznych narzędzi,
- średnie, gdy usunięcie usterki wymaga częściowego demontażu i wymiany uszkodzonych części lub zespołów przy współpracy pracowników służb naprawczych,
- ciężkie, gdy naprawie podlegają ważne zespoły i w celu usunięcia uszkodzeń należy odstawić urządzenie do naprawy.

Prawidłowość działania maszyny ocenia się na podstawie jej charakterystyki roboczej. Wszelkie odchylenia od charakterystyk roboczych świadczą o istnieniu jakiejś nieprawidłowości w maszynie.

Na powstanie nieprawidłowości mają zdecydowany wpływ warunki pracy poszczególnych mechanizmów maszyny, które są różne i zależą od:

- rodzaju tarcia uwarunkowanego rodzajem ruchu (ślizgowe, toczne), kształtu,
- geometrycznego powierzchni trących oraz obciążenia,
- rodzaju tarcia uwarunkowanego smarowaniem lub jego brakiem (suche, płynne, mieszane, graniczne),
- obciążenia wywołującego naprężenia wewnętrzne materiału części trących,
- prędkości poślizgu toczenia,
- temperatury otoczenia,
- obecności środowiska korozyjnego,
- wnikania między trące powierzchnie niepożądanych ciał obcych,
- jakości procesu eksploatacji (tzn. użytkowania, obsługi i zasilania płynami eksploatacyjnymi, takimi jak środki smarne i paliwa),
- przepływu prądu elektrycznego (w poszczególnych przypadkach).

W wyniku eksploatacji następuje pogorszenie się stanu technicznego i użyteczności maszyn, co objawia się zmniejszeniem ich sprawności mechanicznej, wzrostem

temperatury i natężenia hałasu podczas pracy maszyny oraz występowaniem nadmiernych drgań na skutek:

- tarcia powodującego niszczenie warstwy wierzchniej par trących,
- zmęczenia prowadzącego do powstania pęknięć w wyniku działania zmiennych obciążeń,
- korozji przeważnie obniżającej wytrzymałość i zmianę składu warstwy wierzchniej materiału,
- erozji, naruszającej powierzchnie poddaną przepływowi czynnika gazowego lub ciekłego.

Zużywanie to proces zmian stanu części, węzła kinematycznego, zespołu lub całej maszyny powodujący utratę ich właściwości użytkowych.

Zużycie to stan poszczególnych części, węzła kinematycznego, zespołu lub maszyny na określonym etapie procesu zużywania.

Zużywania nie da się uniknąć, ale można i należy je opóźniać.

Trwałość elementów maszyny zależy od tego, czy między współpracującymi powierzchniami występuje tarcie toczne czy ślizgowe. Należy dążyć do zmniejszenia tarcia ślizgowego poprzez 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, zwiększanie chropowatości, powstanie rys, pęknięć powierzchniowych i jam po wyrwanych cząstkach materiału.

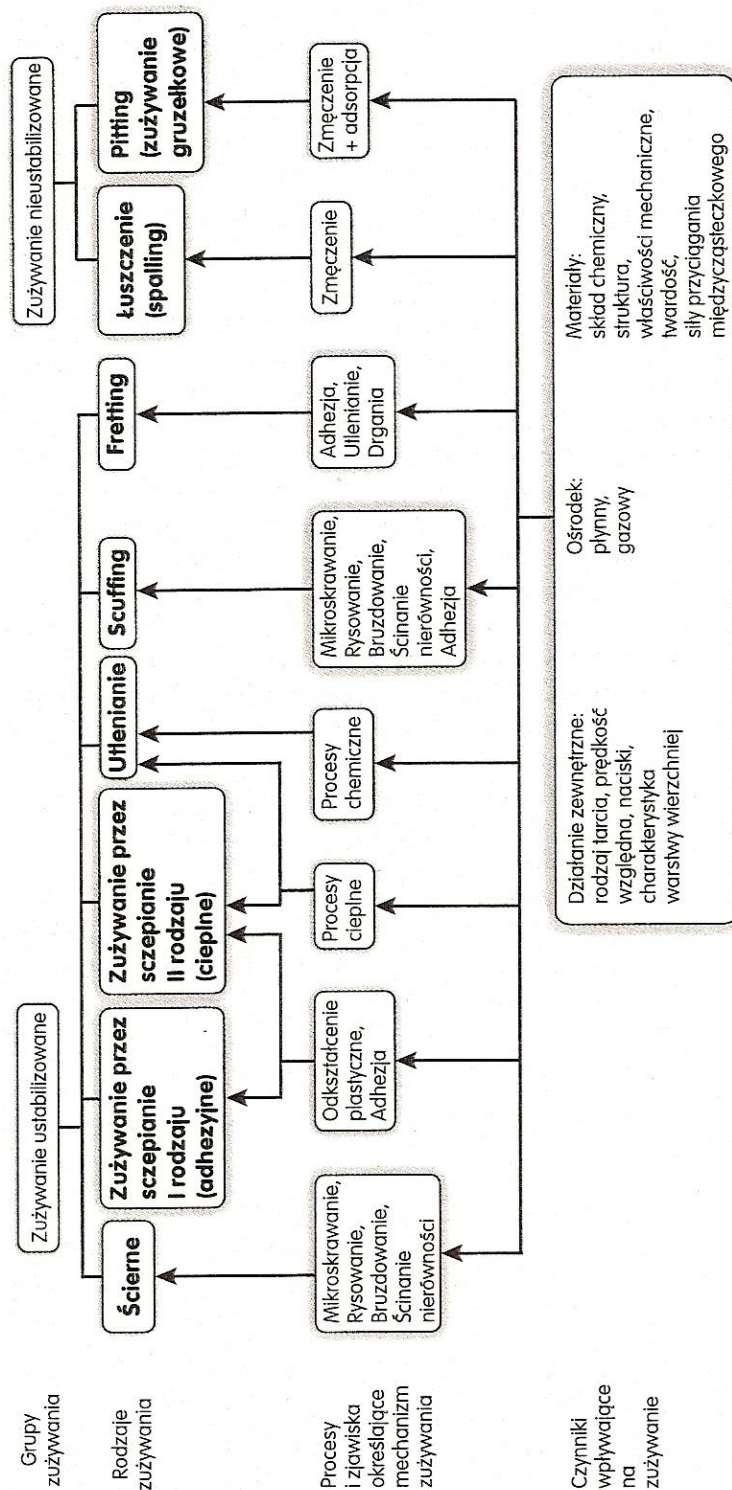
Zjawiska cieplne, które towarzyszą tarcu, powodują zmiany strukturalne w warstwach wierzchnich, w związku z czym zmniejsza się ich twardość i wytrzymałość.

W praktyce występuje głównie zużywanie mechaniczne, które można podzielić na dwie grupy przedstawione graficznie na rysunku 6:

- zużywanie ustabilizowane,
- zużywanie nieustabilizowane.

Podczas zużywania ustabilizowanego ubytek materiału z powierzchni następuje przez cały czas trwania procesu. W przypadku zużywania nieustabilizowanego w warstwie wierzchniej elementu przez pewien czas zauważa się jedynie zmiany jakościowe, takie jak zgmiot czy narastanie mikropęknięć, a zauważalny ubytek materiału występuje znacznie później.

Rys. 1.6. Grupy i rodzaje zużycia mechanicznego metalowych części maszyn w wyniku tarcia



Źródło. M. Cymerys, *Użytkowanie i obsługa maszyn i urządzeń 723[02].Z2.03. Poradnik dla ucznia*. ITE PiB. Radom 2007

Zużywanie ustabilizowane

Zużywanie ścierne to proces niszczenia warstw wierzchnich elementów współpracujących ze sobą w wyniku skrawającego, bruzdzącego, rysującego i ścinającego

cego oddziaływania nierówności powierzchni lub cząsteczek ciał obcych (ścierniwa) oraz produktów zużywania znajdujących się między tymi powierzchniami.

Zużywanie ściernie to zjawisko typowe dla tarcia suchego.

Zużywanie przez sczepianie I. rodzaju (przez sczepianie tarciove, adhezyjne) to proces intensywnego niszczenia powierzchni tarcia z plastycznym odkształceniem warstwy wierzchniej. Powierzchnia tarcia ma rysy, których kierunek odpowiada kierunkowi ruchu. Takie zużywanie występuje przy ubogim smarowaniu.

Zużywanie przez sczepianie II. rodzaju (przez zrastanie tarciove, cieplne) występuje podczas intensywnego niszczenia powierzchni metali wskutek tarcia ślizgowego i jest wywołane nagraniem strefy tarcia do temperatury zmękczenia metalu. Warstwa wierzchnia zostaje wyraźnie i głęboko odkształcona.

Utlenianie występuje na skutek reakcji metalu z tlenem, zarówno podczas tarcia ślizgowego, jak i tocznego, jest to typowe dla części obficie smarowanych. Powierzchnia tarcia jest czysta przeważnie błyszcząca, pokryta dość dużymi, czasem błyszczącymi różnobarwnymi plamami – od srebrnej do jasnoniebieskiej lub jasnobrunatnej.

Scuffing (ang. *scuff* – zdierać) to gwałtowne zużywanie ściernie i adhezyjne, spowodowane przerwaniem warstwy smarnej (w wyniku dużego obciążenia) lub zastosowania zbyt cienkiej warstwy smarnej. Scuffing może być lekki, umiarkowany i intensywny. Scuffing powoduje zachwianie równowagi termicznej i mechanicznej w węzłach tarcia, czego wynikiem jest lawinowy proces zużywania.

Fretting (ang. *frett* – wgryzać, strzępić) to zużywanie mechaniczne połączeń spoczynkowych poddanych drganiom. Powierzchnia zużyta jest podobna do powierzchni skorodowanej, dlatego fretting czasami jest mylnie klasyfikowany jako zużywanie korozyjne.

Zużywanie niestabilizowane

Łuszczenie (ang. *spalling* – odprysk) jest procesem dynamicznym, zmęczeniowym, występującym podczas tarcia tocznego przy braku lub niedostatku środka smarnego. Polega na stopniowym narastaniu naprężeń w warstwie wierzchniej, a następnie tworzeniu i rozprzestrzenianiu się mikropęknięć prowadzących do wypadania cząstek materiału z podłoża. Na powierzchni tarcia powstają kraterki i wżery.

Zużywanie gruzelkowe (*pitting* – ang. *pitt* – wgłębienie) spowodowane jest tarcieniem tocznym w obecności środka smarnego. Wskutek zmęczenia warstwy wierzchniej pod wpływem cyklicznych obciążeń powstają mikroszczeliny. Powierzchnia tarcia ma dość gęsto rozłożone ślady wyrwań, z reguły w kształcie koła. Kraterki pittingowe (miejsca wyrwań) są niebezpieczne – tworzą karby i mogą być źródłem pęknięć zmęczeniowych. Pitting występuje najczęściej w łożyskach tocznych, napędach krzywkowych i przekładniach zębatych.

Ze względu na rodzaj oddziałującego czynnika rozróżnia się zużywanie mechaniczne, korozyjne i korozyjno-mechaniczne. Podział taki przedstawiony jest na rysunku 7.

Rys. 1.7. Rodzaje zużywania części maszyn



Źródło. M. Cymerys, *Użytkowanie i obsługa maszyn i urządzeń 723[02].Z2.03. Poradnik dla ucznia*. ITE PiB. Radom 2007

Zużywanie mechaniczne

W przypadku tarcia ślizgowego powodującego zużywanie ściernie, adhezyjne, erozyjne i fretting wyodrębnia się trzy typowe okresy:

1. docieranie,
2. zużywanie umiarkowane – normalna praca, zwykle o stałej intensywności,
3. zużywanie awaryjne (patologiczne).

W przypadku tarcia tocznego zmiany zachodzące w okresie docierania i zużywania normalnego, wywołane zgniotem materiału warstwy wierzchniej, są w zasadzie niezauważalne. W skutek zmian zmęczeniowych w tej warstwie, po pewnym czasie następuje wypadanie z niej cząstek materiału (pitting lub łuszczenie), co jest początkiem zużywania lawinowego, awaryjnego.

Długość oraz intensywność poszczególnych okresów zużywania zależą od:

- cech konstrukcyjnych współpracujących części, kształtu ich powierzchni, rodzaju materiałów, obciążenia i smarowania,
- cech technologicznych współpracujących części: rodzaju ostatecznej obróbki, jakości obróbki cieplnej lub cieplno-chemicznej, chropowatości powierzchni i jakości montażu,
- cech eksploatacji: prawidłowego użytkowania, konserwacji oraz obsługi między naprawami.

Zużywanie mechaniczne wskutek przekroczenia wytrzymałości zmęczeniowej

Niszczenie mechaniczne powstaje nie tylko w wyniku tarcia, lecz również na skutek odkształceń plastycznych i zmęczenia. Odkształcenia trwałe, powodujące uszkodzenia elementów maszyn, powstają w wyniku działania obciążeń statycznych i dynamicznych, których wartości przekraczają granicę sprężystości materiału. Powstają one również po osiągnięciu przez materiał granicznej liczby cykli zmęczeniowych przy obciążeniach zmiennych, których wartość nie przekracza granicy sprężystości materiału.

Niszczeniem zmęczeniowym materiału nazywa się zmiany występujące w nim podczas okresowo zmiennych odkształceń lub naprężeń, które powodują zmniejszenie wytrzymałości i trwałości, a nawet całkowite zniszczenie. Najczęściej jest to awaryjny przypadek niszczenia i dlatego części maszyn projektuje się z dużym zapasem wytrzymałości zmęczeniowej.

Elementy konstrukcyjne pękają wskutek zmęczenia materiału. Pęknięcia te często są niezauważalne, a więc zniszczenie następuje niespodziewanie.

Pęknięcia zmęczeniowe zwykle powstają w miejscach gwałtownego wzrostu naprężeń wywołanych obecnością karbów (o charakterze konstrukcyjnym lub technologicznym – pory, wtrącenia, nacięcia, rysy powierzchniowe, korozja, podtoczenia, nawiercenia, nagłe zmiany przekroju elementu konstrukcyjnego). Pęknięcia zaczynają się zwykle na powierzchni i stopniowo postępują w głąb materiału, aż osiągną przekrój krytyczny elementu. Jeśli przekrój ten zostanie dostatecznie osłabiony, następuje nagłe pęknięcie elementu.

W przełomach zmęczeniowych można wyróżnić dwie strefy. Pierwsza, nazywana strefą zniszczenia zmęczeniowego, ma zwykle powierzchnię gładką, często błyszczącą. Druga – strefa przełomu zmęczeniowego – ma wygląd bardziej gruboziarnisty; powstaje nagle, w ostatnim okresie pracy elementu, i nazywa się strefą doraźną lub strefą dołamania.

Wytrzymałość zmęczeniową można zwiększyć przez:

- wyeliminowanie ostrych przejść i podcięć oraz obszarów gwałtownego spiętrzenia naprężeń (w tym celu stosuje się zaokrąglenia i opływowe kształty, które zapewniają łagodne, stopniowe zmiany naprężeń w przekrojach elementu),
- unikanie ostrych rys podczas obróbki powierzchni,
- zapobieganie w trakcie obróbki odwęgleniu powierzchni,
- kontrolowanie lub zapobieganie korozji, erozji i agresji chemicznej podczas pracy urządzenia,
- zmianę konstrukcji polegającą na eliminowaniu połączeń pasowanych na wcisk, kołków i innych części łączących, które zawsze wywołują zaburzenia w makroskopowym stanie naprężeń,
- wywołanie odpowiedniego zgniotu w warstwie wierzchniej, szczególnie w miejscach spiętrzenia naprężeń (powierzchnie elementu poddaje się krążkowaniu, śrutowaniu, młotkowaniu lub innego rodzaju obróbce plastycznej).

Zużywanie korozyjne

Korozja to niszczenie metali pod wpływem chemicznej lub elektrochemicznej reakcji z otaczającym środowiskiem. Przebiega ona z różną intensywnością, zależną od warunków eksploatacji metalu oraz jego składu i struktury. Korozji ulegają prawie wszystkie metale techniczne z wyjątkiem złota, srebra i platyny. Niszczenie korozyjne towarzyszy eksploatacji wszystkich maszyn i urządzeń mechanicznych, a straty nim spowodowane niekiedy wielokrotnie przewyższają skutki zużywania mechanicznego.

Korozja chemiczna to niszczenie metali w wyniku działania na nie suchych gazów lub cieczy nieprzewodzących prądu elektrycznego. Warstwa korozyjna powstaje w wyniku zaadsorbowania gazu, który następnie zostaje dysocjowany dzięki powinowactwu z metalem lub wskutek podwyższenia temperatury.

Korozja elektrochemiczna to niszczenie metalu wskutek zetknięcia się go z wodą lub roztworem, które mogą stanowić elektrolit przewodzący prąd między lokal-

nymi ogniwami znajdującymi się na powierzchni metalu. Tworzeniu się ogniw sprzyjają zanieczyszczenia występujące w metalach oraz niejednorodność ich składu chemicznego i struktury.

Objawem zniszczenia korozyjnego może być rdzewienie, pękanie lub spadek wytrzymałości mechanicznej albo ciągliwości metali. Ze względu na wygląd zewnętrzny metali lub zmianę ich właściwości fizycznych, proces korozji można podzielić na cztery grupy:

1. Korozja równomierna obejmuje całą powierzchnię materiału. Do tej grupy zalicza się rdzewienie żelaza i matowienie (utlenianie powierzchniowe) srebra.
2. Korozja wżerowa występuje tylko w pewnych miejscach w postaci plam lub wżerów często sięgających głęboko w materiał. Narazone są na nią metale, na które działa szybko przepływająca ciecz, stąd nazywa się ją też korozją uderzeniową lub korozjo-erozją.
3. Odcynkowanie (rodzaj korozji, któremu ulegają stopy cynku) i korozja selektywna (parting).
4. Korozja międzykrystaliczna, lokalna, przebiegająca na granicy ziaren metalu, powoduje spadek jego wytrzymałości i ciągliwości. Postępuje ona bardzo szybko, atakując głębiej położone warstwy, co czasem jest przyczyną katastrofalnych zniszczeń. Korozja międzykrystaliczna występuje często w nieprawidłowo obrabianej cieplnie stali kwasoodpornej i duralowych stopach aluminium (4% Cu).

Zużywanie korozyjno-mechaniczne

Zużywanie korozyjno-mechaniczne jest spowodowane korozją oraz mechanicznym oddziaływaniem współpracujących elementów. Ze względu na specyfikę czynnika mechanicznego można wyróżnić trzy główne procesy określające mechanizm tego zużywania.

Korozja naprężeniowa jest wynikiem jednoczesnego działania statycznych naprężeń rozciągających oraz środowiska. Następstwem jej są pęknięcia części maszyn.

W procesie wyróżnia się:

- okres początkowy – następuje przebicie warstewki ochronnej materiału; uszkodzenia mają charakter elektromechaniczny,
- okres rozprzestrzeniania pęknięć – przebiega bardzo szybko i głównie na drodze mechanicznej,
- okres lawinowego niszczenia.

Korozja zmęczeniowa jest wynikiem współdziałania korozji elektromechanicznej i zmiennych naprężeń spowodowanych powstawaniem ostrych wżerów przechodzących w pęknięcia wypełnione produktami korozji. Jednoczesne działania naprężeń cyklicznych i agresywnego środowiska ciekłego obniżają wytrzymałość stali na zmęczenie od 1,5 do 10 razy. Naprężenie zmienne powstające w wyniku obciążeń cyklicznych wywołują korozję międzykrystaliczną i śródkrystaliczną. Uszkodzenie spowodowane korozją zmęczeniową jest znacznie większe niż suma uszkodzeń wynikających z samego naprężenia zmiennego i korozji elektrochemicznej.

Zużywanie erozyjne (odmiana zużywania korozyjno-erozyjnego) to proces niszczenia warstwy wierzchniej elementów maszyn polegający na powstawaniu ubytków materiału w wyniku oddziaływania cząstek ciał stałych, cieczy i gazów o dużej energii kinetycznej lub prądu elektrycznego. Występuje przede wszystkim w maszynach przepływowych i wynika z przemieszczania się z dużą prędkością czynnika roboczego (w dyszach silników raketowych, silnikach helikopterów, filtrach cyklonowych, instalacjach

cyjach do przeróbki ropy naftowej) oraz w maszynach elektrycznych. Charakter zużywania erozyjnego zależy od warunków, w jakich występuje ubytek materiału.

Stan techniczny i eksploatacyjny maszyn i urządzeń (obiektu)

Stan obiektu jest skutkiem jego przeszłości, a jego znajomość jest potrzebna do ustalenia zachowania się obiektu obecnie i w przyszłości. Ocenie podlega stan techniczny oraz eksploatacyjny.

Stan techniczny obiektu zmienia się nieustannie, co oznacza, że można wyróżnić nieskończenie wiele jego stanów. W praktyce wystarczy wyróżnić dwa stany:

- stan zdatności – kiedy obiekt działa poprawnie,
- stan niezdatności – gdy obiekt nie może wykonywać założonych zadań.

Niekiedy wygodniej stosować podział na trzy stany:

- zdatności (stan dobry),
- częściowej zdatności (stan dopuszczalny, tolerowany),
- niezdatności (stan niedopuszczalny).

Zmiany stanu technicznego obiektu są skutkiem rozmaitych procesów destrukcyjnych, takich jak: starzenie, zużywanie zmęczeniowe, obciążenia udarowe itp., wywołujących odkształcenia plastyczne i sprężyste, przepalenia, stopienia oraz utratę wewnętrznej spójności tworzywa elementów obiektu. Zmiany wymiarów i przełomy powodują zmianę wzajemnego położenia elementów, co z kolei jest przyczyną nieprawidłowości działania (niesprawności, niewydolności, niezadziałania), wynikających z niewłaściwego przebiegu pracy i ruchów roboczych.

Zmiany (odwracalne lub nieodwracalne) stanu technicznego obiektu można podzielić na:

- krytyczne (bardzo istotne) – zagrażające życiu i zdrowiu ludzi oraz środowisku naturalnemu,
- graniczne (istotne) – zagrażające utracie wydajności pracy obiektu,
- dopuszczalne (mniej istotne) – zagrażające racjonalnemu sposobowi wykorzystania obiektu.

Zmiany wartości cech stanu technicznego wynikają przede wszystkim z dokonujących się w obiekcie procesów destrukcyjnych, np. zużycia elementu w wyniku tarcia oraz związanej z tym zmiany cech użytkowych, np. mocy użytecznej.

Stan eksploatacyjny obiektu technicznego określa to, co dzieje się z nim podczas eksploatacji. Wyróżnia się następujące podstawowe stany eksploatacyjne:

- użytkowania aktywnego,
- przechowywania,
- konserwacji długoterminowej,
- konserwacji stałej,
- przekazania,
- remontu głównego,
- remontu średniego,
- remontu bieżącego,
- obsługi bieżącej,
- likwidacji,
- transportu.

Uszkodzenia obiektu eksploatacji

Uszkodzenie obiektu eksploatacji to zdarzenie losowe, powodujące, że obiekt czasowo lub na stałe traci stan zdatności i przechodzi do stanu częściowej zdatności lub do niezdatności.

Uszkodzenie następuje wtedy, gdy wartości parametrów określających obciążenie obiektu (elementu, podzespołu, zespołu) przekraczają jego graniczne wartości wytrzymałości (odporności). Uszkodzenie jest więc zdarzeniem niezamierzonym (pomijając uszkodzenie celowe).

Podział uszkodzeń

Uszkodzenia stopniowe występują wtedy, gdy wartość obciążenia zewnętrznego stopniowo zwiększa się i/lub wytrzymałość obiektu stopniowo się pogarsza do chwili, aż wystąpi uszkodzenie.

Uszkodzenie nagłe – jest to nagła (niespodziewana) zmiana obciążenia lub nagły spadek wytrzymałości obiektu.

Uwzględniając kryterium zdatności uszkodzenia można podzielić na:

- uszkodzenia usuwalne (nazywane także czasowymi lub chwilowymi),
- uszkodzenia nieusuwalne (nazywane także stałymi).

Uwzględniając wpływ uszkodzenia na działanie obiektu, wyróżnia się uszkodzenia:

- krytyczne, wykluczające możliwość dalszego użytkowania obiektu,
- ważne, wymagające niezwłocznego podjęcia działań związanych z przywróceniem zdatności obiektu,
- mało ważne, gdy podjęcie działań związanych z przywróceniem zdatności obiektu może być odłożone w czasie,
- nieistotne, których wpływ na działanie obiektu można pominąć.

W ramach podziału uwzględniającego rozległość skutków uszkodzeń, wyróżnia się ich następujące rodzaje:

- usterka,
- uszkodzenie,
- awaria,
- zniszczenie.

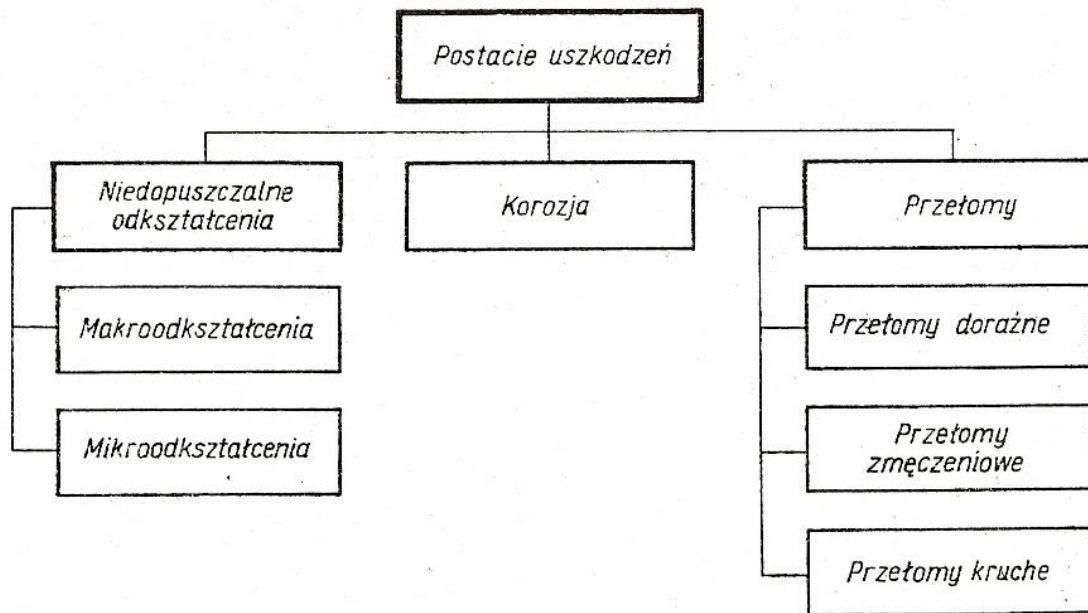
Na rysunku 8 przedstawiona jest klasyfikacja uszkodzeń w makro- i mikrostrukturze części maszyn. W przypadku makroskopowych pęknięć występują przełomy kruche i zmęczeniowe, a w mikrostrukturze występują przełomy międzyziarniste i śródziarniste.

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

Przełomy międzyziarniste (międzykrystaliczne) są to rozwarstwienia tworzywa przechodzące na granicy, ziaren krystalicznych.

Przełomy śródziarniste to rozwarstwienia tworzywa przechodzące przez ziarna krystaliczne.

Rys. 1.8. Klasyfikacja postaci uszkodzeń urządzeń w makro- i mikrostrukturze części maszyn



Źródło. M. Cymerys, *Użytkowanie i obsługiwane maszyn i urządzeń 723[02].Z2.03. Poradnik dla ucznia*. ITE PiB. Radom 2007

Przyczyny wywołujące uszkodzenia obiektów technicznych są związane bądź z samym obiektem (z realizowanymi przez obiekt działaniami), bądź z jego otoczeniem. Na podstawie przeprowadzanych badań w zakładach remontujących obrabiarki skrajające do metali można wyodrębnić następujące przyczyny powstawania uszkodzeń:

- działanie czynników zewnętrznych,
- błędy użytkownika,
- przekroczenie normatywnego czasu pracy,
- uszkodzenie współpracujących elementów,
- błędy konserwacji,
- błędy remontu,
- błędy montażu,
- błędy technologiczne.

Sposoby usuwania uszkodzeń

Zidentyfikowanie uszkodzenia podczas eksploatacji jest podstawą działań przywracających obiektowi możliwości realizacji jego zadań. Zakres tych działań jest związany z rodzajem uszkodzenia, jego lokalizacją oraz zasięgiem.

Od rodzaju uszkodzenia zależy szybkość jego usunięcia. Ma to znaczenie szczególnie w przypadku obiektów złożonych, gdyż tam można spodziewać się równoczesnego wystąpienia wielu uszkodzeń.

O rodzaju działań decydują takie czynniki jak:

- wpływ uszkodzenia na parametry użytkowe obiektu technicznego,
- wpływ uszkodzenia na bezpieczeństwo użytkownika obiektu,
- możliwość naprawy uszkodzonego elementu obiektu.

Typowe sposoby usuwania uszkodzeń to:

- wyłączenie i zastąpienie uszkodzonego elementu jego sprawnym rezerwowym odpowiednikiem; gdy uszkodzony element nie może być zastąpiony sprawnym, dopuszcza się wyłączenie go z eksploatacji (po odpowiednim zabezpieczeniu) i użytkowanie obiektu z ograniczoną wydajnością,
- wyłączenie i naprawa uszkodzonego elementu obiektu.

Procedura usunięcia uszkodzenia obejmuje następujące zadania przygotowawcze:

- identyfikację i lokalizację uszkodzenia,
- rozpoznanie zaistniałych skutków uszkodzenia,
- ocenę potencjalnych dalszych skutków uszkodzenia.

Realizacja wymienionych zadań umożliwi określenie zakresu prac naprawczych oraz potrzeb związanych z:

- personelem,
- narzędziami,
- materiałami i częściami zamiennymi,
- nakładami finansowymi,
- innymi potrzebami (np. środkami transportu, specjalistycznymi stanowiskami remontowymi).

Diagnostyka (rozpoznanie, ustalenie) jest nauką o procesach i metodach uzyskiwania informacji o obiekcie i jego otoczeniu oraz o relacjach (oddziaływaniach) występujących między nimi. Obiektem może być każdy twór materialny lub abstrakcyjny.

Diagnostyka techniczna dotyczy środków i sposobów rozpoznawania stanu technicznego obiektu na podstawie obserwacji skutków jego działania, badań prowadzonych technikami bezinwazyjnymi i bez demontażu obiektu. Diagnozę uzyskuje się w procesie diagnostycznym. Jest to ciąg czynności zmierzających do określenia bieżącego stanu obiektu technicznego oraz oceny przeszłych i przyszłych jego stanów z uwzględnieniem oddziaływań operatora i otoczenia, w którym ten obiekt działa.

Diagnostyka techniczna to również praktyczne czynności diagnostów zmierzające do określenia aktualnego stanu technicznego.

Diagnostyka niezawodnościowa to rozpoznawanie i przewidywanie przyczyn uszkodzeń oraz ocena poprawności działania urządzenia.

Rozpoznanie stanów technicznych dotyczy dowolnej chwili istnienia obiektów technicznych, czyli teraźniejszości, przeszłości i przyszłości. Badania i ocena stanów technicznych umożliwia ustalenie przyczyn, a także przewidywanie zmian tych stanów.

Obiektem badań (przedmiotem diagnozy) może być cały obiekt, zespół, podzespół, para kinematyczna, pojedyncza część, a nawet cały system.

Zakres badań diagnostycznych

Diagnoza może dotyczyć:

- oceny stanu stwierdzonego,
- prognozy rozwoju zmian stanu,
- przyczyn rozwoju zmian stanu,
- łącznie wszystkich wymienionych elementów.

Stan maszyny lub procesu można określić za pomocą wielkości fizycznych. Mierzy się wartości tych wielkości w chwili przeprowadzania badania. Przed pomiarem

należy określić, które wielkości fizyczne mogą być wykorzystane w pomiarach diagnostycznych, gdzie można umieścić czujniki pomiarowe oraz jaka jest skuteczność informacyjna pomiaru. Najważniejszy warunek, jaki musi spełnić wielkość fizyczna, aby można ją było uznać za podstawę do wyznaczania stanu maszyny (procesu), to istnienie zależności między zmianą wartości tej wielkości a zmianą stanu maszyny.

Objekt badań (przedmiot diagnozy) traktuje się jako system (np. obrabiarka), w którym wyodrębnia się zmienne:

- stanu (np. luzy, zużycie części mechanicznych),
- wejściowe (np. ilość dostarczonego paliwa, zapotrzebowanie na moc),
- wyjściowe (np. drgania, ilość produktów procesu zużywania, uzyskiwana moc),
- zakłóceń (np. temperatura otoczenia, wilgotność powietrza, zanieczyszczenie paliwa, zanieczyszczenie powietrza).

Sygnałem diagnostycznym nazywa się przebieg zmian wartości wielkości fizycznej charakteryzujący się tym, że przenosi w przestrzeni i czasie wiadomości o stanach badanego obiektu.

Symptom stanu (parametru sygnału) to miara sygnału, która zmienia się istotnie wraz ze zmianą stanu technicznego obiektu. Oznacza to, że między stanem obiektu w danej chwili a opisującą ten stan wartością zmiennej wyjściowej istnieje następująca relacja wynikania (implikacja): jeśli obiekt znajduje się w stanie *A*, to wielkość fizyczna przyjmuje wartość *B*.

Sygnał diagnostyczny to zmienna wyjściowa, której parametry muszą spełniać warunki: czułości, jednoznaczności, stabilności i jak największej pojemności informacji.

Parametry diagnostyczne wybrane do badań i oceny stanu obiektu technicznego powinny spełniać też warunek niezależności i zupełności. Im zbiory parametrów są mniejsze tym mniejsze są koszty diagnozowania obiektów.

Zbiór zmiennych wejściowych, zwanych także wymuszeniami, określa oddziaływanie, którym podlega przedmiot diagnozy podczas badań i oceny jego stanu lub/i warunków pracy.

W badaniach diagnostycznych obiektów technicznych, np. maszyn i urządzeń, wymaga się ścisłego ustalenia wejść (wymuszeń), tak żeby wszystkie zmiany sygnałów diagnostycznych były spowodowane jedynie zmianą ich stanu technicznego.

Zbiór zmiennych zakłóceń powodujących błędy diagnozy obejmuje:

- warunki otoczenia, tj. temperaturę, wilgotność powietrza, stopień zanieczyszczenia atmosfery, których dokładne ustalenie jest niemożliwe,
- warunki diagnozowania obiektu, tzn. prędkość obrotową, obciążenie, temperatury cieczy chłodzących i środków smarnych, których dokładne ustalenie nie jest możliwe,
- parametry stanu obiektu, które nie zostały uwzględnione w jego modelu diagnostycznym,
- błędy w blokach pomiarowych dopasowujących i przetwarzających oraz w innych urządzeniach diagnostycznych,
- inne zmienne.

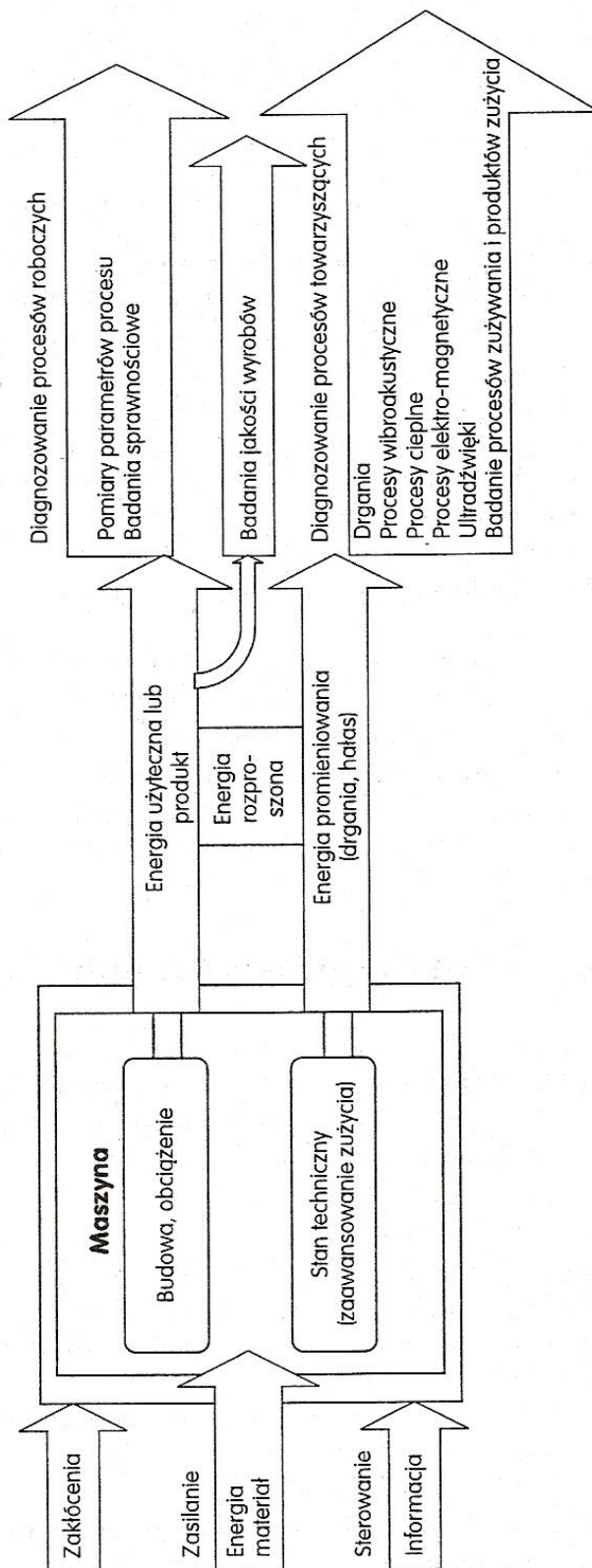
Urządzenia (w tym maszyny) to systemy otwarte, w których występuje przepływ masy, energii i informacji. Są to więc układy, które przekształcają energię z towarzyszącym jej rozproszeniem wewnętrznym i zewnętrznym. Wejściowy strumień masy (materiału), energii i informacji jest przetworzony na dwa strumienie wyjściowe. Jed-

nym jest energia użyteczna (w innej, pożądanej formie) lub produkt. Drugi strumień to energia rozpraszana – częściowo do środowiska, a częściowo zgromadzona w obiekcie jako efekt różnych procesów zużycia.

Stan techniczny obiektu możemy określić obserwując jego wyjście główne, czyli funkcjonowanie (przekształcanie energii lub wytwarzanie produktu) oraz wyjście rozproszeniowe (różnego rodzaju procesy towarzyszące – resztkowe, np. termiczne, wibracyjne, akustyczne, elektromagnetyczne). Obserwacja tych wyjść umożliwia diagnozowanie stanu technicznego obiektu.

Rysunek 9 przedstawia schemat procesów występujących w maszynie i możliwości diagnozowania. Ze schematu tego wynika, że na podstawie różnych procesów występujących w maszynie możemy określić stan techniczny obiektu poprzez diagnozę procesów roboczych: pomiary parametrów, badania sprawnościowe, badania jakości wyrobów, oraz diagnozę procesów towarzyszących takich jak: drgania, procesy wibroakustyczne, procesy cieplne, elektro-magnetyczne, ultradźwięki i badanie procesów zużycia i produktów zużycia.

Rys. 1.9. Schemat procesów występujących w maszynie i możliwości diagnozowania



Źródło. M. Cymerys, *Użytkowanie i obsługiwanie maszyn i urządzeń 723[02].Z2.03. Poradnik dla ucznia*. ITE PiB. Radom 2007

Pierwszy sposób diagnozowania obiektu to wykorzystanie parametrów procesów roboczych. Następuje w nich przenoszenie energii lub zmiana jednego rodzaju energii w inny, np. spalanie paliwa, przenoszenie energii mechanicznej w układach napędowych maszyn, zmiana energii mechanicznej na elektryczną.

Drugi sposób polega na obserwacji procesów towarzyszących, które są wtórnymi efektami procesów roboczych, np. drgania, hałas, ciepło.

Trzeci sposób obejmuje badania jakości produktów (wyrobów) obiektów technicznych, zgodności wymiarów i pasowań. Im lepsza jakość produkcji, tym lepszy stan techniczny obiektów.

Informacje o stanie obiektów technicznych można uzyskać także za pomocą procesów fizyko-chemicznych (magnetycznego, promieniowania rentgenowskiego, promieniotwórczości i innych) niezwiązanych z funkcjonowaniem obiektów, lecz wytwarzanych przez specjalne urządzenia zewnętrzne, wykorzystywane podczas diagnozowania.

Ważny jest wybór miejsca pomiaru wartości zmiennej. Można go dokonać bezpośrednio na maszynie lub poza jej obrębem.

Rodzaje badań diagnostycznych

Diagnozą nazywamy informacje o stanie obiektu technicznego, która jest potrzebna użytkownikowi do podjęcia decyzji dotyczącej użytkowania lub obsługiwanego obiektu (np. wykonywania remontu bieżącego, remontu kapitalnego, likwidacji).

Wyróżnia się następujące rodzaje badań diagnostycznych:

- diagnozowanie stanu,
- monitorowanie stanu (ciągłe diagnozowanie, dozorowanie),
- genezowanie stanów,
- prognozowanie stanów.

Diagnozowanie to ustalenie stanu obiektu technicznego w chwili t_0 , w której jest wykonywane badanie diagnostyczne.

Monitorowanie (diagnozowanie ciągłe, dozorowanie) jest bieżącą obserwacją stanu obiektu. Dostarcza informacji o aktualnym stanie obiektu, a zwłaszcza o każdej zmianie stanu z niewielką zwłoką.

Genezowanie to ustalanie przyczyn stanu w chwili t_g poprzedzającego chwilę t_0 badania obiektu ($t_g < t_0$). Inaczej mówiąc, jest to odtworzenie kolejności zaistniałych w przeszłości stanów obiektu. Prawidłowa geneza może mieć decydujący wpływ na zmianę, np. przebiegu procesu technologicznego wytwarzania lub remontu maszyny.

Podstawą genezowania są:

- diagnoza stanu obiektu w chwili t_0 ,
- znajomości przynajmniej niektórych różnych stanów obiektu poprzedzających chwilę t_0 ,
- znajomości czynników wymuszających działających na obiekt oraz skali ich oddziaływania poprzedzających chwilę t_0 ,
- znajomość rozkładu prawdopodobieństw zmian stanów obiektu w rozpatrywanym przedziale czasu Δt , poprzedzającym chwilę t_0 .

Genezowanie jest szczególnie ważne podczas ustalania pierwotnych oraz wtórnych uszkodzeń elementów maszyn. Wiarygodność genezy w dużym stopniu zależy od znajomości stanów wcześniejszych.

Prognozowanie to wyznaczanie stanów przyszłych, następujących po chwili t_0 , na podstawie:

- diagnozy stanu obiektu w chwili t_0 ,
- znajomości przynajmniej niektórych stanów obiektu poprzedzających chwilę t_0 ,
- znajomość rozkładów prawdopodobieństw oddziaływania na obiekt czynników wymuszających w przedziale czasu $(t_0 + \Delta t)$,
- znajomości rozkładów prawdopodobieństw zmian stanów maszyny w zależności od rodzaju realizowanych zadań i oddziaływania otoczenia.

Prognoza jest tym bardziej wiarygodna, im dokładniejsze są informacje, na podstawie których została opracowana oraz im krótszy jest czas prognozowania.

Wymienione rodzaje badań diagnostycznych są ze sobą ściśle powiązane i każde z nich stanowi element tzw. pełnej diagnozy.

Bibliografia:

1. Legutko S. (2007), Eksploatacja maszyn, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.

Netografia:

1. Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne
<http://www.eksploatacja.waw.pl/>
2. T. Chrostowski, Bezpieczeństwo w eksploatacji maszyn
<http://www.zie.pg.gda.pl/>