

PODSTAWY EKSPLOATACJI MASZYN

Laboratorium · Ćwiczenie 2

Konserwacja i naprawa łożyska tocznego lub przekładni zębatej

Narzędzia · materiały eksploatacyjne · plan konserwacji



**Akademia
Techniczno-Artystyczna**
Nauk Stosowanych w Warszawie

Opracował: dr inż. Radosław Gościński

Akademia Techniczno-Artystyczna Nauk Stosowanych w Warszawie

Rok akademicki 2026/2027

1. Cel i założenia ćwiczenia

Cel. Zapoznanie się z teoretycznymi podstawami konserwacji i naprawy wybranego zespołu maszyny: dobór narzędzi i materiałów eksploatacyjnych oraz opracowanie kompletnego, bezpiecznego planu konserwacji i naprawy.

Założenia. Ćwiczenie ma charakter analityczny – bez dostępu do rzeczywistych narzędzi. Zespół korzysta z katalogów producentów i dokumentacji technicznej dostępnych w sieci.

Warianty. Zespoły o numerze nieparzystym realizują **wariant A – łożysko toczne**, zespoły o numerze parzystym **wariant B – przekładnię zębatą**.

Organizacja.

- Zespoły 3–4-osobowe; jeden raport na zespół.
- Na zajęciach (ok. 80 min): analiza stanu zespołu (zadanie 1), obliczenia (zadanie 2) i wstępny dobór narzędzi (zadanie 3).
- W domu: plan konserwacji i naprawy oraz raport.
- Raport w formacie PDF, nazwa pliku: PEM_Cw2_<numer zespołu>.pdf.

2. Wstęp teoretyczny

Łożysko toczne umożliwia ruch obrotowy z minimalnym tarcie (łożyska kulkowe, walcowe, stożkowe). Jego trwałość zależy od smarowania, obciążenia, zanieczyszczeń i jakości montażu.

Przekładnia zębata to mechanizm złożony z dwóch lub więcej kół zębatach, służący do przenoszenia mocy oraz zmiany prędkości i momentu obrotowego (przekładnie walcowe, stożkowe, ślimakowe). Koła zębate zużywają się wskutek tarcia, obciążeń dynamicznych i niewłaściwego smarowania.

Konserwacja profilaktyczna obejmuje smarowanie, czyszczenie, kontrolę zużycia i okresową wymianę elementów. **Naprawa** to wymiana zużytych łożysk, kół zębatach, wałów lub uszczelnień, z użyciem specjalistycznych narzędzi do demontażu i montażu.

Trwałość nominalna łożyska tocznego (PN-ISO 281), ilość smaru do uzupełnienia oraz częstotliwość zazębienia przekładni:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p [10^6 \text{ obr}] \quad L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10} [\text{h}] \quad G = 0,005 \cdot D \cdot B [\text{g}] \quad f_z = z \cdot \frac{n}{60} [\text{Hz}]$$

C – nośność dynamiczna łożyska, P – obciążenie zastępcze, $p = 3$ dla łożysk kulkowych i $10/3$ dla wałeczkowych, n – prędkość obrotowa [obr/min], D – średnica zewnętrzna [mm], B – szerokość łożyska [mm], z – liczba zębów koła.

3. Materiały do ćwiczenia

3.1 Dane wejściowe

Wariant	Zespół	Warunki pracy
A	napęd wentylatora: łożysko kulkowe zwykle 6310 (d = 50 mm, D = 110 mm,	1 500 obr/min, obciążenie promieniowe P = 6 kN, 16 h/dobę,

Wariant	Zespół	Warunki pracy
	B = 27 mm), C ≈ 61,8 kN	zapylenie, 60 °C
B	przekładnia przenośnika: dwustopniowa walcowa, 15 kW, przełożenie 20, smarowanie zanurzeniowe	wejście 1 450 obr/min, uderzenia przy rozruchu, praca dwuzmianowa, 45 °C

Brakujące dane uzupełnijcie na podstawie katalogów producentów i podajcie jako założenia.

3.2 Przykładowe narzędzia i materiały eksploatacyjne

Grupa	Wariant A – łożysko toczne	Wariant B – przekładnia zębata
Demontaż	ściągacz mechaniczny lub hydrauliczny, nakrętka hydrauliczna	ściągacz do kół zębatach, prasa hydrauliczna
Montaż	podgrzewacz indukcyjny, zestaw tulei montażowych, młotek gumowy	prasa hydrauliczna, podgrzewacz indukcyjny
Mocowanie	klucze nasadowe i płaskie, klucz dynamometryczny	klucz dynamometryczny (śruby obudowy)
Pomiary	suwmiarka, mikrometr, termometr, miernik drgań	suwmiarka, mikrometr, szczelinomierze, pasta do śladu przylegania, czujnik luzu
Osiowanie	laserowy przyrząd do osiowania wałów	laserowy przyrząd do osiowania wałów
Materiały	smar do łożysk (np. litowy kompleksowy, NLGI 2, wysokotemperaturowy), odtłuszczacz, uszczelnienia	olej przekładniowy (np. CLP ISO VG 220), smar przekładniowy, odtłuszczacz, komplet uszczelek

Źródła katalogów: SKF (narzędzia, smary), Schaeffler (FAG), Timken, Facom, Loctite, Shell lub Mobil (oleje przekładniowe), Rexnord, Bosch Rexroth.

4. Zadania

Zadanie 1: Analiza stanu zespołu

Na podstawie dokumentacji i warunków pracy opracujcie analizę przyczyn zużycia. Wariant A: zmęczenie (łuszczenie), zużycie ściernie od zanieczyszczeń, korozja, wadliwe smarowanie, niewspółosiowość, erozja elektryczna, uszkodzenia montażowe. Wariant B: pitting, zatarcie (scuffing), zużycie ściernie, wyłamanie zębów, uszkodzenia łożysk, wycieki oleju. Dla każdego uszkodzenia podajcie objaw, przyczynę, sposób wykrycia (drgania, temperatura, analiza oleju, oględziny) i środek techniczny zapobiegający.

Wynik: tabela uszkodzeń: objaw, przyczyna, metoda wykrycia, zapobieganie.

Zadanie 2: Obliczenia

- Wariant A: trwałość nominalna L10 w godzinach; wpływ wzrostu obciążenia o 50%; ilość smaru do uzupełnienia.
- Wariant B: wymagana klasa lepkości oleju (ISO VG) i ilość oleju wg danych producenta; okres wymiany oleju; częstotliwość zazębiania dla zębniaka z = 19 na wale wejściowym.

Wynik: obliczenia w postaci: wzór → liczby → wynik z jednostką → interpretacja.

Zadanie 3: Dobór narzędzi i materiałów

Dobierzcie narzędzia do demontażu, montażu i kontroli oraz materiały eksploatacyjne. Podajcie specyfikację (typ, rozmiar lub zakres, producent, numer katalogowy) i uzasadnienie wyboru. Skorzystajcie z co najmniej dwóch katalogów producentów.

Wynik: tabela narzędzi i materiałów z uzasadnieniem.

Zadanie 4: Plan konserwacji i naprawy

Opracujcie procedurę krok po kroku:

1. Przygotowanie i bezpieczeństwo: odłączenie i zablokowanie źródeł energii (LOTO), pozwolenie na pracę, środki ochrony indywidualnej.
2. Demontaż: ściągacze, nakrętka hydrauliczna lub prasa, podgrzewacz – nigdy uderzenia młotkiem w elementy toczne.
3. Kontrola: czyszczenie, pomiar pasowań i zużycia, dokumentacja fotograficzna.
4. Montaż: nagrzewanie łożyska (maks. ok. 110 °C) lub wciskanie przez właściwy pierścień; smarowanie; momenty dokręcania; osiowanie wałów.
5. Uruchomienie i kontrola: docieranie, pomiar temperatury i drgań.
6. Harmonogram: smarowanie, przeglądy, wymiany oleju, monitorowanie stanu (np. wymiana oleju przekładniowego co określonej liczbie godzin, kontrola zębów co 500 h).

Wynik: procedura, harmonogram konserwacji i zalecenia bezpieczeństwa.

Zadanie 5: Raport końcowy

Raport (maks. 8 stron): opis zespołu i warunków pracy, analiza uszkodzeń, obliczenia, tabela narzędzi i materiałów, procedura konserwacji i naprawy, harmonogram, zalecenia bezpieczeństwa, założenia i źródła.

Zasady bezpieczeństwa:

- Odłączcie i zablokujcie wszystkie źródła energii; sprawdźcie brak energii przed rozpoczęciem pracy.
- Stosujcie rękawice, okulary ochronne i obuwie ochronne; przy nagrzewaniu łożysk – rękawice termoodporne.
- Elementy powyżej 20 kg przenoście urządzeniami dźwignicowymi; nigdy nie stójcie pod zawieszonym ładunkiem.
- Używajcie właściwych narzędzi – prowizoryczne narzędzia uszkadzają części i powodują urazy.
- Zużyty olej i smar to odpady niebezpieczne – przekażcie je do utylizacji.

5. Ocena

Kryterium	Waga
Trafność doboru narzędzi i materiałów eksploatacyjnych	40%
Spójność i logika planu konserwacji i naprawy	40%
Jakość prezentacji wyników	20%