

Aleksandra REWOLIŃSKA, Karolina PERZ

e-mail: aleksandra.rewolinska@put.poznan.pl

Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska, Poznań

Zużycie tribologiczne wężła uszczelniającego na przykładzie pierścieni ślizgowych uszczelnień czołowych stosowanych w przemyśle spożywczym

Wstęp

Uszczelnienia czołowe są stosowane w wielu rozwiązaniach konstrukcyjnych węzłów uszczelniających maszyn i urządzeń pracujących w przemyśle spożywczym. Cechą charakterystyczną uszczelnienia czołowego jest płasko-równoległa szczelina, w której zachodzi proces uszczelniania. Zlokalizowanie tarcia w szczelinie pozwala wyeliminować zużycie powierzchni wału, które występuje we wszystkich innych uszczelnieniach stykowych [Gawliński, 2002; Blachura i in., 2003]. Dochodzi jednak do zużycia pierścieni ślizgowych, które pracują w różnych zestawieniach materiałowych [Rewolińska, 2013]. Uznaje się, że naturalną formą zużycia typowych pierścieni ślizgowych jest zużycie utleniające, pozostałe procesy zużycia należy traktować jako uszkodzenia [Antoszewski, 2007]. Jako najważniejsze procesy zużycia uszczelnień czołowych wymienia się: zużycie utleniające, adhezyjne, ściernie, zmęczeniowe oraz korozyjne [Mayer, 1976; Antoszewski, 2007; Czachórska, 2000]. Na powierzchni tarcia pierścieni może dominować jeden rodzaj zużycia, jednak zwykle nakładają się kilka mechanizmów zużycia [Lawrowski, 1993].

Celem pracy była identyfikacja rodzajów i postaci zużycia tribologicznego pierścieni ślizgowych pracujących w pompach wirowych w przemyśle spożywczym.

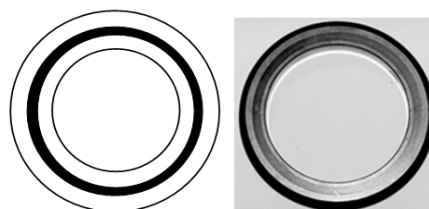
Badania pierścieni ślizgowych

Do badań wytypowano 50 uszczelnień czołowych, które zdemontowano na części i kolejno poddawano obserwacji. Obserwacje wykazały, że w zdecydowanej większości przypadków niecała szerokość pierścienia brała udział w tarcu lub że ślad ten miał niewłaściwy kształt. Nie wszystkie pierścienie z przebadanych 50 uszczelnień miały zużyte powierzchnie, nie zawsze było możliwe odczytanie śladów ich współpracy, ponieważ powierzchnie były zbyt uszkodzone lub ślady były trudne do zbadania gołym okiem. Do badań wybrano 30 uszczelnień, w których ślady te były dość dobrze widoczne (Tab. 1). Dziewięć z nich miało właściwy ślad, w pozostałych przypadkach ślady świadczyły o niewłaściwej współpracy pierścieni ślizgowych.

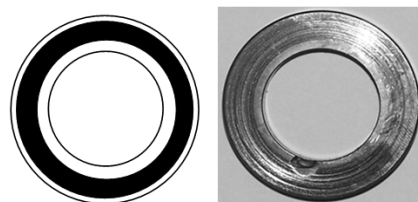
Tab. 1. Rodzaje śladów współpracy badanych pierścieni ślizgowych

Ślady współpracy na powierzchni czołowej pierścieni ślizgowych	Liczba pierścieni
Poprawne	9
Zbyt szerokie	2
Nierównomierne	18
Mimośrodowe	1

Przykłady śladów współpracy na powierzchniach oporowych pierścieni ślizgowych współpracujących z obrotowymi pierścieniami węglowymi przedstawiono na poniższych zdjęciach. Porównano je ze zdjęciem prawidłowego śladu, który charakteryzował się równomiernym rozmieszczeniem na powierzchni oraz taką samą szerokością jak obrotowy pierścień węglowy (Rys. 1). Gdy eksploatacja była nieprawidłowa, ślad współpracy powierzchni uszczelniających był zbyt szeroki na powierzchni pierścienia oporowego (Rys. 2), mimośrodowy lub nierównomierny.



Rys. 1. Ślad prawidłowej współpracy pierścienia oporowego z pierścieniem węglowym: a) schemat, b) obraz rzeczywisty



Rys. 2. Niewłaściwy, zbyt szeroki ślad współpracy pierścienia oporowego z pierścieniem węglowym: a) schemat, b) obraz rzeczywisty

Następnie przeanalizowano poszczególne rodzaje uszkodzeń pierścieni ślizgowych. Najczęstszymi uszkodzeniami były wykruszenia, odpryski i zużycie adhezyjne, występujące zarówno na oporowych jak i obrotowych pierścieniach ślizgowych (Tab. 2).

Tab. 2. Rodzaje i liczba uszkodzeń oporowych i obrotowych pierścieni ślizgowych

Rodzaj uszkodzenia:	Liczba uszkodzeń pierścieni ślizgowych	
	oporowych	obrotowych
Wykruszenie, odprysk:		
– na powierzchni czołowej	10	35
– na powierzchni tylnej	15	-
Zużycie:		
– adhezyjne	12	24
– ściernie	8	8
– zmęczeniowe	15	19
Pęknięcie	6	7

Jednak to zużycie ściernie było najbardziej intensywnym rodzajem zużycia i przyczyniało się do wystąpienia największych przecieków. Występuje ono najczęściej w przypadku niewłaściwego doboru materiałów pary ślizgowej, a także przedostania się cząstek ściernych do uszczelnianego czynnika. Ten drugi przypadek jest dosyć częsty. Uszczelnienia pomp przetłaczających gorącą wodę mogą być uszkodzone przez kamień kotłowy, którego cząstki mogą wnikać w przestrzeń uszczelniającą i niszczyć powierzchnie ślizgowe. Największemu zużyciu ulega powierzchnia pierścienia od strony tłoczzonej cieczy, ponieważ tu trafia najwięcej zanieczyszczeń. Im dalej w głąb pierścienia, tym zużycie jest mniejsze, ponieważ rozdrobione zanieczyszczenia nie powodują klasycznego mikroskrawiania współpracujących powierzchni, lecz jedynie ich ewentualne matowienie. Strefa wewnętrzna jest zatem najmniej zużyta i od niej zależy skuteczność uszczelniania.

Tab. 3. Kształty śladów współpracy występujące na powierzchniach pierścieni ślizgowych uszczelnienia czołowego

Kształt śladu	Charakterystyka śladu		Prawdopodobna przyczyna śladu
	prawidłowy	równomierny	prawidłowa współpraca pierścieni ślizgowych, równy ślad na całej powierzchni
		zbyt szeroki	zły stan techniczny pompy, która może być niewyważona dynamicznie, mieć skrzywiony wał lub zużyte łożysko
	nieprawidłowy	zbyt wąski	praca przy zbyt wysokich ciśnieniach
		Mimośrodkowy	niewłaściwy montaż – uszczelnienie nie zostało wycentrowane na wale
		nierówny, przerywany	pierścienie nie są wystarczająco płaskie lub brak współosiowości wału w stosunku do komory uszczelnienia, niewłaściwe ułożenie pierścienia oporowego podczas montażu
		brak śladu	zbyt słaby docisk powierzchni uszczelniających, niewłaściwy montaż lub dobór uszczelnienia
		głęboki rowek na powierzchni pierścienia	niewystarczające smarowanie lub wniknięcie twardego zanieczyszczenia w bardziej miękką pierścień i wyżłobienie rowka w twardszym pierścieniu

Z kolei zużycie zmęczeniowe pierścieni, spowodowane cyklicznymi obciążeniami mechanicznymi lub cieplnymi warstwy

wierzchniej, występuje w postaci złuszczeń, odprysków lub rys ciepłych. Ich przyczyną może być nieodpowiedni stan techniczny pompy, spowodowany niewłaściwym montażem, którego wynikiem jest między innymi bicie promieniowe i osiowe wału czy jego ugięcie. Graniczne wartości tych wielkości są podane w instrukcji montażu uszczelnienia czołowego, jednak nie zawsze są one uwzględniane.

Nieprzestrzeganie zasad montażu jest przyczyną między innymi drgań pompy, które niekorzystnie oddziałują na funkcjonowanie uszczelnień i są przyczyną ich uszkodzeń. Uszkodzenia zmęczeniowe pierścieni są również spowodowane uszkodzeniami statycznych pierścieni pomocniczych, których zadaniem jest między innymi tłumienie drgań.

W tab. 3 zestawiono kształty śladów współpracy pierścieni, ponieważ na podstawie śladu na powierzchni pierścienia ślizgowego można wnioskować o możliwej przyczynie uszkodzenia uszczelnienia

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić że:

- Na zdecydowanej większości powierzchni pierścieni występowało kilka rodzajów uszkodzeń, np. wykruszenie i zużycie. Przyczyną wymiany uszczelnienia mogło być połączenie zużycia z innymi uszkodzeniami.
- Zużycie ściernie okazało się najbardziej dokuczliwym rodzajem zużycia pierścieni ślizgowych. Spowodowane było przede wszystkim przez niewłaściwy dobór materiału do danych warunków pracy.
- Powstałe uszkodzenia były skutkiem błędów popełnionych w różnych fazach istnienia uszczelnienia: projektowania, doboru i montażu oraz użytkowania.

Na etapie projektowania całego węzła uszczelniającego konstruktor powinien zwrócić uwagę na warunki wymiany ciepła. Często konieczne jest dodatkowe chłodzenie pierścieni uszczelniających. Nie odprowadzanie nadmiaru ciepła powstałego w wyniku współpracy pierścieni może być przyczyną ich zniszczenia.

Podczas doboru należy szczególną uwagę zwrócić na materiał pierścieni. Zły wybór może doprowadzić do intensywnego zużycia powierzchni uszczelniających na skutek braku odporności na uszczelniany czynnik.

LITERATURA

- Antoszewski B., Sęk P., 2007. *Teksturowanie powierzchni roboczych uszczelnień czołowych*. Materiały XI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej; Uszczelnienia i technika uszczelniania maszyn i urządzeń, Wrocław – Kudowa Zdrój, SIMP, Wrocław, 44-53 (ISBN 83-87982-17-2)
- Błachura J., Gawliński M.; 2003. Czym jest technika uszczelniania? *Uszczelnianie. Powrót do podstaw. Pompy Pompownie*, nr 2, 32-34
- Czachórska E, 2000. Analiza uszkodzeń pary ślizgowej uszczelnienia czołowego w aspekcie jego niezawodności. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*, 35, nr 4, 23-33
- Gawliński M., 2002. Uszczelnienia czołowe, cz. I. *Pompy Pompownie*, nr 3, 35-37
- Rewolińska A., 2013. *Uszczelnienia w przemyśle spożywczym. Eksploatacja uszczelnień czołowych*. Wyd. Pol. Poznańskiej, Poznań
- Rewolińska A., 2013. Problem doboru materiałów na elementy uszczelnień czołowych stosowanych w maszynach i urządzeniach przemysłu spożywczego. *Inż. Ap. Chem.* 52, nr 2, 105-106