

Uszkodzenia łożysk i ich przyczyny

Część IV

Eksploatacyjne przyczyny uszkodzeń

• Zmęczenie materiału (zapoczątkowane pod powierzchnią)

Podczas pracy obciążenie jest przenoszone z jednego pierścienia łożyskowego na drugi przez elementy toczne. Za każdym razem, gdy element toczny wchodzi do strefy obciążenia, obciążenie przenoszone w miejscu styku zmienia się od zera do maksimum i z powrotem do zera, co prowadzi do powstawania naprężeń szczytkowych w materiale. Te naprężenia będą prowadziły do zmian strukturalnych w materiale, a ich skutkiem będzie tworzenie się pęknięć pod powierzchnią materiału. Ostatecznie pęknięcia te będą przemieszczać się do powierzchni i dojdzie do łuszczenia (rys. 1).



Rys. 1

Łożysko jest uszkodzone, gdy tylko pojawi się początek łuszczenia. Nie oznacza to, że łożysko nie może dalej pracować. Rozmiar złuszczeń będzie się stopniowo powiększał (rys. 2) i będzie ich coraz więcej, co spowoduje wzrost poziomu hałasu i drgań w urządzeniu. Maszyna powinna zostać zatrzymana i naprawiona, zanim dojdzie do katastroficznej awarii łożyska.

Aby uniknąć przedwczesnych uszkodzeń łożysk spowodowanych zmęczeniem materiału zapoczątk-



Rys. 2

kowanym pod powierzchnią, muszą być spełnione trzy główne warunki:

- czysta stal łożyskowa – łożysko najlepszej jakości,
- dobre warunki smarowania (brak zanieczyszczeń),
- prawidłowy rozkład obciążenia na elementy toczne i wzdłuż linii styku elementu tocznego z bieżnią.

• Nieskuteczne smarowanie

Jednym z głównych założeń przyjmowanych przy obliczaniu przewidywanej trwałości łożyska jest jego prawidłowe smarowanie. Oznacza to, że właściwy środek smarny, w odpowiedniej ilości, jest na czas dostarczany do łożyska. Wszystkie łożyska wymagają odpowiedniego smarowania, aby mogły niezawodnie pracować. Środek smarny rozdziela elementy toczne, koszyk i bieżnie, zarówno w strefach styku tocznego, jak i ślizgowego. Bez skutecznego smarowania dochodzi do kontaktu metal-metal między elementami tocznymi i bieżniami oraz innymi stykającymi się powierzchniami, co powoduje uszkodzenie tych powierzchni.

Termin „uszkodzenie związane ze smarowaniem” jest zbyt często używany do zasugerowania, że w łożysku nie było oleju lub smaru. Mimo że sporadycznie może wystąpić taka sytuacja, analiza uszkodzenia łożyska nie jest taka prosta. Wiele przypadków uszkodzeń jest rezultatem niewystarczającej lepkości środka smarnego, zbyt dużej lepkości środka smarnego, nadmiernego smarowania, niedostatecznej ilości środka smarnego, zanieczyszczeń w środku smarnym lub zastosowania niewłaściwego środka smarnego w określonej aplikacji. Dlatego dokładne zbadanie własności środka smarnego, ilości środka smarnego dostarczanego do łożyska oraz warunków pracy jest właściwe dla każdej analizy uszkodzenia mającego związek ze smarowaniem.

Kiedy smarowanie jest nieskuteczne, nastąpi uszkodzenie w postaci zmęczenia materiału zapoczątkowanego na powierzchni. To uszkodzenie może się szybko roz-

wijać i prowadzić do awarii, które często trudno odróżnić od awarii spowodowanych zmęczeniem materiału zapoczątkowanym pod powierzchnią. Dochodzi do łuszczenia, które często niszczy dowody nieefektywnego smarowania. Jednak, jeśli uszkodzenie zostanie wykryte odpowiednio wcześniej, będą widoczne ślady wskazujące na prawdziwą przyczynę uszkodzenia.

Etapy uszkodzenia spowodowanego niedostatecznym smarowaniem (mikropęknięcia powierzchniowe) są pokazane na rys. 3. Pierwszym widocznym objawem



Etap 1: Na powierzchni dochodzi do wygładzania mikronierówności lub pojawia się falistość.



Etap 2: Następuje rozwój mikropęknięć powierzchniowych. Następnie pojawiają się mikrołuszczenia.



Etap 3: Po oderwanych od powierzchni cząstkach materiału przetaczają się elementy toczne i pojawia się prawdziwe łuszczenie.



Etap 4: Jeśli łożysko pracuje w tym stanie zbyt długo, łuszczenie występuje na całej bieżni; nie można już zauważyć uszkodzenia pierwotnego.

Rys. 3. Etapy rozwijania się łuszczenia (mikropęknięć powierzchniowych) spowodowanego nieskutecznym smarowaniem; klasyfikacja ISO: Zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni

problemu jest zwykle wygładzenie lub falistość powierzchni. Potem drobne pęknięcia rozwijają się, aż nastąpi łuszczenie.

Na rys. 4 przedstawiono bieżnię pierścienia wewnętrznego dużego łożyska baryłkowego. Z powodu niewystarczającego smarowania wystąpiło zmęczenie materiału zapoczątkowane na powierzchni. Rozpoczęło się już łuszczenie na brzegach powierzchni styku. Na rys. 5 pokazano pierścień zewnętrzny łożyska baryłkowego. Tutaj łuszczenie jest zaawansowane.

Inną formą uszkodzenia zapoczątkowanego na powierzchni jest zacieranie (zużycie przylgowe). Zacieranie (poślizg) może wystąpić, gdy występuje jedna z następujących sytuacji:

- stosunkowo wysokie prędkości,
- niewystarczające obciążenie,
- środek smary jest zbyt sztywny,
- nadmierny luz,
- niedostateczna ilość środka smarnego w strefie obciążenia.

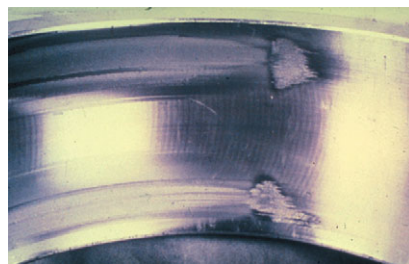
Gdy elementy toczne są narażone na wysokie przyspieszenia przy wchodzeniu do strefy obciążenia, może dojść do poślizgu. Ciepło wytwarzane przez te ślizgające się powierzchnie może być tak duże, że dojdzie do roztopienia powierzchni w miejscach styku metal-metal. Ten proces zgrzewania powoduje przenoszenie materiału z jednej powierzchni na drugą, co prowadzi także do wyższego tarcia i miejscowej koncentracji naprężeń przy wysokim ryzyku, a w rezultacie do pęknięć i przedwczesnej awarii łożyska. Na rys. 6 przedstawiono pierścień zewnętrzny łożyska baryłkowego. Na obu bieżniach widać zatarcia – dwa ślady w strefie obciążenia.

Zatarcia mogą także wystąpić w aplikacjach, gdzie obciążenie jest zbyt niskie w stosunku do prędkości obrotowej. Ślizganie się elementów tocznych prowadzi do gwałtownego wzrostu temperatury, co może wywołać miejscowe roztopianie i przenoszenie materiału z jednej powierzchni na drugą (rys. 7).

Do zacierania może również dojść na obszarach takich jak obrzeża ustalające i powierzchnie czołowe baryłek w łożyskach baryłkowych oraz strona oporowa baryłek i bieżni łożysk baryłkowych wzdłużnych.



Rys. 4



Rys. 6



Rys. 5



Rys. 7