

Akira Sasaki

Dokładniej nie znaczy lepiej

Techniczne ograniczenia filtracji mechanicznej oleju

Szybko postępujący rozwój w zakresie technologii konstrukcji maszyn produkcyjnych, dzięki któremu do producentów trafiają maszyny o coraz wyższej wydajności i operatywności, pozwalające produkować więcej, taniej i lepszej jakości wyroby, wymagają również zmiany podejścia do sposobu ich eksploatacji i konserwacji. Kiedyś wystarczyło kilku pracowników zatrudnionych w ramach warsztatu (remontowego, mechanicznego czy o jeszcze innej nazwie), którzy w razie powstania usterki usuwali ją w miarę swoich możliwości. Poza tym wykonywano planowe remonty w zakresie określonym zazwyczaj w DTR.

Zaostrzająca się konkurencja na globalnym rynku i postęp technologiczny wymusiły zmianę podejścia do zagadnienia eksploatacji i konserwacji maszyn. Warsztaty przekształciły się w Działy Utrzymania Ruchu, dalej pojawiły się nowe, szczegółowo opisane sposoby usprawniania procedur związanych z UR, takie jak TPM czy KAINZEN. Jednak poprawa samej tylko organizacji działań związanych z opieką nad maszyną oczywiście nie wystarczyła.

Nowe, bardziej precyzyjnie zbudowane maszyny, składające się z coraz większej liczby ściśle dopasowanych detali, są bardziej wrażliwe na „nieprzyjazne” warunki pracy. Pracują prawidłowo tylko w określonych warunkach otoczenia, gdzie panuje odpowiedni poziom temperatury, wilgotności, niski poziom zapylenia itp. W wypadku maszyn wymagających stosowania olejów jako środków przeniesienia siły czy napędu lub jako środków smarnych wymagana jest ich coraz wyższa czystość. Ponieważ luzy technologiczne są coraz mniejsze, cząstki zanieczyszczeń o wielkości $<5 \mu\text{m}$, które kiedyś z powodu swojej wielkości nie były przedmiotem uwagi służb odpowiedzialnych za prawidłową pracę maszyn, zaczynają być postrzegane jako źródło coraz częstszych awarii maszyn. Większe cząsteczki ($>5 \mu\text{m}$) są stosunkowo łatwo usuwalne z olejów.

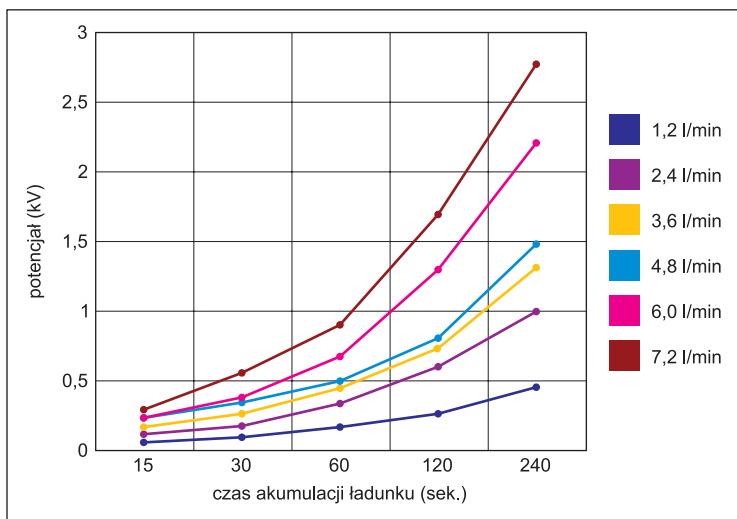
Z najmniejszymi cząsteczkami zanieczyszczeń związany jest dodatkowo inny problem, wynikający ze skali ich występowania w oleju. Już od dawna wiadomo, że ilość zanieczyszczeń w oleju jest odwrotnie proporcjonalna do ich wielkości. Cząstki mniejsze od $5 \mu\text{m}$ stanowią 85% wszystkich cząsteczek zanieczyszczeń występujących w olejach. Skoro mają negatywny wpływ na pracę maszy-

ny, to trzeba je usunąć. Okazuje się, że nie jest to takie proste jak dotychczas, kiedy wystarczające były filtry zainstalowane w układzie olejowym maszyny.

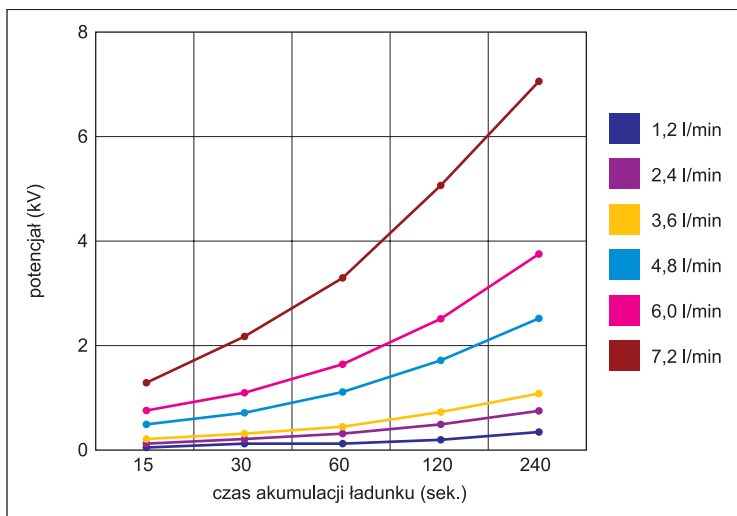
Już filtry o porowatości $10 \mu\text{m}$ dość szybko ulegają zalepieniu, utrudniając przepływ oleju i powodując dławienie pomp. Zainstalowanie w ich miejsce filtrów $5 \mu\text{m}$ czy jeszcze dokładniejszych spowoduje drastyczne skrócenie już i tak krótkiego okresu eksploatacji, a przecież każda wymiana filtrów wiąże się z zatrzymaniem pracy maszyny. Z tym problemem poradzić sobie może tzw. filtracja bocznikowa. Co prawda wiąże się ona z dodatkowymi kosztami, materiały eksploatacyjne są kosztowne i wymagają częstej wymiany, ale z powodu tych czynności nie trzeba już zatrzymywać maszyny. Tak więc użytkownik nowoczesnej maszyny pozbywa się cząsteczek zanieczyszczeń o wielkości $5, 4, 3, 2 \mu\text{m}$. Czy to wystarczy, jeżeli odległość pomiędzy tłokiem a cylindrem wynosi z reguły $1-4 \mu\text{m}$?

Wieloletnie doświadczenia wskazują na to, że cząsteczki zanieczyszczeń, odpowiadające wspomnianemu luzowi lub mniejsze oddziałują w sposób najbardziej szkodliwy. Warstwa smarna (EHD), o ile chodzi o oleje smarne, wynosi ok. $0,2-0,6 \mu\text{m}$. Zanieczyszczenia działają negatywnie na tę właśnie warstwę. Ilość cząsteczek zanieczyszczeń w oleju wzrasta geometrycznie w stosunku do zmniejszającej się ich wielkości. Wspomniana, duża ilość zanieczyszczeń tworzy stosunkowo rozległą płaszczyznę na powierzchni. Wynikiem jest reagowanie z kwasami, które są zawarte w oleju (działanie katalizatora \Rightarrow utlenianie). Jeżeli olej oprócz tego zawiera wodę – nawet w małej ilości – powyższe negatywne reakcje przebiegają o wiele szybciej. Ale to nie jest jedyny problem.

Okazuje się, że filtracja mechaniczna z zastosowaniem filtrów o porowatości $5 \mu\text{m}$ i mniej nie tylko nie usuwa zanieczyszczeń w wystarczającym zakresie, ale znacząco przyspiesza degradację oleju. Badania olejów oczyszczanych mechanicznie filtrami o przepuszczalności mniejszej niż $5 \mu\text{m}$ wykazały gwałtowny wzrost ilości oksydantów – produktów utleniania i termoutleniania. Okazało się, że im przepuszczalność materiału filtrującego jest mniejsza, tym szybciej przebiega proces starzenia się oleju.



Wykres 1. Wartość potencjału elektrycznego w oleju przy porowatości materiału filtracyjnego o wielkości 5. Źródło: Akira Sasaki



Wykres 2. Wartość potencjału elektrycznego w oleju przy porowatości materiału filtracyjnego o wielkości 2 μm. Źródło: Akira Sasaki

Drugim czynnikiem mającym wpływ na przyspieszenie procesów starzenia się olejów jest prędkość jego przepływu przez filtr. Im większa prędkość, tym szybsze starzenie się oleju. Zgłębienia przyczyn tych zjawisk podjął się prof. Akira Sasaki, a wyniki swojej pracy w tym zakresie przedstawił m.in. na międzynarodowej konferencji poświęconej eksploatacji olejów, która odbyła się w listopadzie 2006 r. w Pradze. Podstawowy wniosek z jego badań jest taki, że przyczyną gwałtownego przyspieszenia procesów starzenia się olejów przy filtracji mechanicznej z zastosowaniem materiałów o przepuszczalności <math>< 5 \mu\text{m}</math> jest zjawisko polaryzacji cząstek zanieczyszczeń, która jest wynikiem wytwarzania się ogromnej energii przy przepływie oleju przez

tak małe otwory/szczeliny. Wartość potencjału elektrycznego jest funkcją porowatości materiału filtracyjnego i prędkości przepływu oleju (wykr. 1 i 2). Jak pokazują wykresy, cząsteczki zostają naładowane potencjałem o wartości od 3 do nawet 8 kV(!), w zależności od porowatości tkaniny filtracyjnej (odpowiednio 5–2 μm) i szybkości przepływu oleju. Skutki takiej sytuacji są oczywiste dla wszystkich, którzy nie opuszczali lekcji fizyki w szkole podstawowej, ale mimo to zostały potwierdzone poprzez przeprowadzenie doświadczeń.

Do bocznikowego filtra dokładnego o przepuszczalności 3 μm wsunięto drut miedziany i wyprowadzono go na zewnątrz w kierunku uziemienia, pozostawiając centymetrową przerwę pomiędzy końcem drutu a uziemieniem. Po uruchomieniu pompy oleju pomiędzy końcówką drutu a uziemieniem, co parę sekund przeskakiwała iskra. To samo zjawisko ma miejsce pomiędzy cząsteczkami zanieczyszczeń o przeciwnych potencjałach oraz metalowymi elementami filtra. W oleju również następują iskrowe wyładowania elektryczne, których temperatura wynosi co najmniej 10 tys. °C (rys. 2, 3, 4). Ma to fatalny wpływ na olej, ponieważ ulega on termoutlenianiu – mówiąc prościej, ulega przepalaniu.

Produkty utleniania i termoutleniania zakwaszają olej, a następstwem ich polimeryzacji jest wzrost lepkości. W układzie olejowym tworzą się osady (rys. 5) powodujące zakłócenia pracy wszystkich elementów układów, których prawidłowa praca zależy od stanu oleju. Ponadto wzrost liczby kwasowej jest głównym czynnikiem powodującym degradację dodatków uszlachetniających, a przecież ich ubytek powoduje, że olej traci swoje właściwości. Są to rezultaty sprzeczne z oczekiwaniami, jakie stawia się przed nowoczesnymi systemami filtracyjnymi, które przecież mają poprawiać parametry eksploatowanych olejów. Wyniki opisanych w artykule badań nasuwają jednoznaczne wnioski: stosowanie filtrów o porowatości 5 i mniej μm przyspiesza degradację olejów, skracając ich żywotność. Co prawda klasa czystości oleju określana wg. NAS1638 czy ISO4406 ulega poprawie, ale właściwości fizyczno-chemiczne oleju ulegają pogorszeniu, co w oczywisty sposób ma negatywne oddziaływanie na prawidłowe funkcjonowanie maszyn. Dlatego decydując się na zainstalowanie filtrów bocznikowych (filtry zainstalowane w układach olejowych maszyn rzadko mają porowatość mniejszą niż 10 μm), które mają usunąć z oleju cząsteczki zanieczyszczeń o wielkości <math>< 5 \mu\text{m}</math>, należy częściej wykonywać szczegółowe analizy parametrów fizyczno-chemicznych oleju, ze szczególnym zwróceniem uwagi na lepkość i liczbę kwasową oraz liczyć się z koniecznością częstszej ich wymiany, w związku ze znacznym skróceniem czasu przydatności do eksploatacji tak oczyszczanych olejów.

Dr inż. Akira Sasaki jest członkiem Society of Tribologists and Lubrication Engineers (STLE), Japonia.

