

Aleksandra REWOLIŃSKA

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

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

Problem doboru materiałów na elementy uszczelnień czołowych stosowanych w maszynach i urządzeniach przemysłu spożywczego

Wstęp

Materiały elementów uszczelnień czołowych mają istotny wpływ na ich właściwą eksploatację. Jak wiadomo z praktyki, bardzo często uszczelnienie mające nienajlepszą konstrukcję, ale wykonane z dobrych materiałów, ma przewagę nad uszczelnieniem poprawnie zaprojektowanym, ale wykonanym z niewłaściwych materiałów. W uszczelnieniach czołowych wyróżnia się materiały: pierścieni ślizgowych, uszczelnień pomocniczych, pozostałych elementów. Bardzo ważną rolę odgrywają materiały stosowane na pierścieniu ślizgowym, ponieważ tylko pierścienie powinny ulegać normalnemu zużyciu.

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na problem doboru materiałów na elementy uszczelnienia czołowego w przemyśle spożywczym. Omówiono wymagania higieniczne stawiane materiałom stosowanym na uszczelnienia czołowe. Zwrócono uwagę na zagrożenia związane z niewłaściwym doбором uszczelnień czołowych, a także zaproponowano ogólny algorytm doboru uszczelnień czołowych.

Wymagania higieniczne dotyczące wyboru materiałów na uszczelnienia czołowe

W Polsce wymagania co do higieny maszyn przemysłu spożywczego określa norma [PN-EN 1672-2:2007]. Podane są w niej wymagania dotyczące stanu powierzchni mającej kontakt z produktem spożywczym, połączeń czy rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń niemających martwych przestrzeni.

Europejska norma, zgodnie z którą są projektowane, wykonywane, a także montowane uszczelnienia czołowe [EN 12756:2004] zawiera kody materiałów poszczególnych elementów uszczelnień. Producenci uszczelnień często je stosują a niekiedy mają własne.

Ponadto opracowano procedury sprawdzenia zgodności rozwiązania ze standardami higienicznymi np. przepisy FDA, czy zalecenia EHEDG (*European Hygienic Engineering & Design Group*). Ważnym dokumentem wydanym przez EHEDG, dotyczącym uszczelnień czołowych jest przewodnik: *Konstrukcja Uszczelnień Mechanicznych dla Zastosowań Higienicznych i Aseptycznych* [EHEDG, 2013]. Porównano w nim cechy konstrukcyjne różnych uszczelnień czołowych w odniesieniu do: łatwości czyszczenia, penetracji przez mikroorganizmy, możliwości sterylizacji lub pasteryzacji, a także o wymaganiach dotyczących materiałów stosowanych na elementy uszczelnienia. Przedstawiony dokument nie stanowi normy, ale zalecane jest korzystanie z zawartych tam informacji. Z kolei cytowana norma [PN-EN 1672-2: 2007] podaje ogólne wytyczne dotyczące materiałów kontaktujących się z żywnością, które powinny być: odporne na korozję, nieszkodliwe dla uszczelnianej żywności, nieabsorbujące, nieprzekazujące żywności niepożądanych zapachów, zabarwień lub smaków, nieprzyczyniające się do zanieczyszczenia żywności, niewywierające na nią niekorzystnego wpływu.

Oprócz powyższych wymagań powierzchnie materiałów i powłok muszą być trwałe, łatwe do oczyszczenia i – jeśli jest to wymagane – także do dezynfekcji. Nie mogą mieć pęknięć i powinny być odporne na zarysowania, powstawanie odprysków i ubytków, łuszczenie, ścieranie oraz w normalnych warunkach użytkowania powinny zapobiegać wnikaniu niepożądanych substancji do wnętrza, aby uszczelnienie nie było miejscem rozwoju drobnoustrojów. Wybór materiału na uszczelnienie czołowe przeznaczone do kontaktu ze środkiem spożywczym często jest ograniczony. Materiały na pierścienie ślizgowe z natury są porowate, co wynika z ich procesu wytwórczego. Porowatość jest wskazana, gdyż zapewnia lepsze smarowanie powierzchni pierścieni, jednak zbyt duża porowatość może być niekorzystna ze względu na utrzymanie czystości procesu. Kolejnym ważnym czynnikiem wpływającym na czystość jest

chropowatość powierzchni. Na powierzchni z ostrymi występami są miejsca, gdzie mogą się gromadzić resztki produktu, co stwarza niebezpieczeństwo zanieczyszczenia przetwarzanej żywności. Ostre występy utrudniają również tworzenie się aktywnej warstwy pasywacyjnej, gwarantującej odporność materiału na korozję. Zaleca się więc wygładzanie ostrych wierzchołków przez polerowanie elektrolityczne. Uzyskuje się w ten sposób bardziej gładką, odporniejszą na korozję i łatwiejszą do czyszczenia powierzchnię.

Uszczelnienia pomocnicze są wykonywane przede wszystkim z elastomerów lub tworzyw sztucznych. Materiały te z uwagi na kontakt ze środkiem spożywczym powinny być gładkie, odpowiednio porowate, bez pęcherzy, pęknięć lub innych uszkodzeń. W skład uszczelnienia czołowego wchodzi także elementy sprężyste, przede wszystkim mieszki metalowe lub gumowe. Mieszki metalowe nie znajdują zastosowania w przemyśle spożywczym ze względu na wąskie i głębokie szczeliny między ich płytkami, w których mogłyby się gromadzić uszczelniane produkty spożywcze. Używane są natomiast mieszki gumowe, które ze względu na dużą powierzchnię kontaktu z produktem powinny być odpowiednio gładkie i nieporowate. Elementy metalowe, takie jak obudowa, powinny być wykonane z austenitycznej stali nierdzewnej lub innych metali odpornych na korozję. Ze środkiem spożywczym nie powinny mieć kontaktu sprężyny.

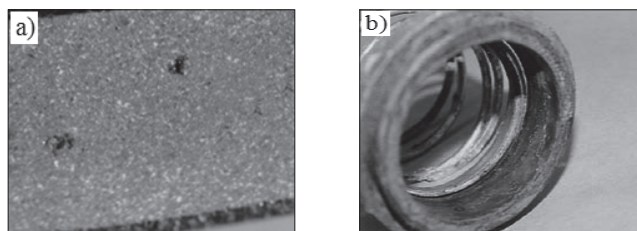
Dobór materiałów zależy przede wszystkim od przeznaczenia uszczelnienia. Podane ogólne wskazówki nie rozwiązują problemu, gdyż w każdym przypadku należy uwzględnić szereg czynników takich jak temperatura, ciśnienie robocze czy chemiczna agresywność uszczelnianego czynnika.

Problemy doboru uszczelnień czołowych

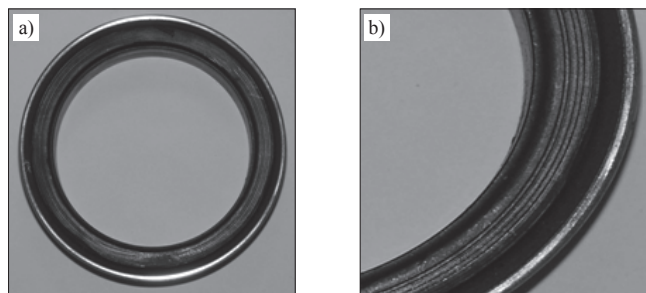
Analiza literatury [Betta i in., 2011; Huhnseal, 2011] wykazała, że problemy związane z niewłaściwym doбором uszczelnień czołowych dotyczą przede wszystkim rozwiązań konstrukcyjnych w tym doboru materiałów na ich elementy. Zastosowane uszczelnienia posiadają ostre krawędzie lub martwe przestrzenie, które uniemożliwiają oczyszczenie powierzchni. Także niewłaściwie wykończona powierzchnia pierścienia ślizgowego stwarza możliwość rozwoju mikroorganizmów (Rys. 1a). Na rys. 1b widać sprężynę, która skorodowała na skutek kontaktu z uszczelnianym czynnikiem. Produkty korozji mogą przedostać się do produkowanej żywności.

Niewłaściwie dobrane materiały ulegają także zużyciu ściernemu (Rys. 2). Między współpracującymi powierzchniami pierścieni wnikają zanieczyszczenia lub produkty zużycia, a następnie powodują zużycie ściernie. W ten sposób tworzą się szczeliny umożliwiające rozwój mikroorganizmów, a także występuje niebezpieczeństwo zanieczyszczenia produkowanej żywności produktami zużycia.

Stosowanie niehigienicznych rozwiązań uszczelnień czołowych w maszynach spożywczych spowodowane jest kilkoma czynnikami. Należą do nich m.in.:



Rys. 1. Elementy uszczelnienia czołowego dobrane niezgodnie z zaleceniami normowymi; a) fragment powierzchni ślizgowej pierścienia, b) sprężyna [Huhnseal, 2011]



Rys. 2. Przykład zużycia powierzchni pierścienia ślizgowego [Rewolińska, 2013]

- brak świadomości na temat znaczenia ważności utrzymania urządzeń technologicznych w należytej czystości,
- brak procedur doboru uszczelnień do danych zastosowań w przemyśle spożywczym,
- dobór uszczelnienia tylko na podstawie ograniczonej wiedzy i doświadczenia,
- dążenie do obniżania kosztów eksploatacji w zakładach.

Jednak jak szacują specjaliści związani z branżą spożywczą zastosowanie rozwiązań higienicznych pozwala zaoszczędzić od 25% do 50% wydatków przez wydłużenie czasu eksploatacji właściwie dobranych uszczelnień [Trelleborg Sealing Solutions, 2008]. Zastosowanie niewłaściwie dobranych lub zaprojektowanych uszczelnień może skutkować zanieczyszczeniem żywności przez mikroorganizmy wnikające do produktu spożywczego, co grozi zatruciem konsumenta lub nawet jego śmiercią. Skutkiem doboru niewłaściwych rozwiązań są również problemy eksploatacyjne obiektów w których zainstalowane są uszczelnienia czołowe [Rewolińska, 2013]. Oznaczają one przede wszystkim pracochłonne oczyszczanie maszyn i urządzeń, które generuje koszty związane, na przykład z dłuższymi przestojami, czy koniecznością stosowania ostrzejszych parametrów mycia. Czynniki te uzasadniają potrzebę utworzenia procedury doboru uszczelnień czołowych do danych zastosowań.

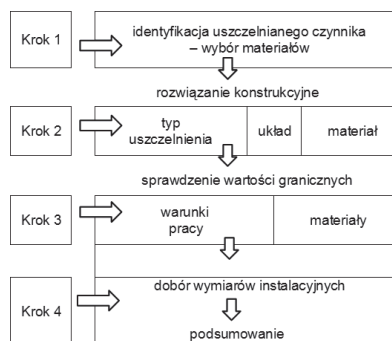
Algorytm doboru uszczelnień czołowych

Analizując literaturę oraz informacje przedstawione przez producentów uszczelnień [Grundfos, 2013; JohnCrane, 2013] zaproponowano ogólny algorytm doboru uszczelnień czołowych (Rys. 3). Ze względu na dużą różnorodność warunków pracy w przemyśle spożywczym należałoby daną procedurę stworzyć dla konkretnej gałęzi spożywczej. Przedstawiony poniżej algorytm stanowi wyjście do opracowania procedur dla określonych warunków pracy.

Krok 1 to identyfikacja uszczelnianego czynnika. Pod uwagę brane są takie parametry jak temperatura oraz stężenie czynnika. Na ich podstawie dobiera się materiał, konstrukcję uszczelnienia oraz wyposażenie instalacyjne [JohnCrane, 2013]. Zwykle producenci posiadają tabele, w których zamieszczone są podstawowe dane dotyczące uszczelnianego czynnika oraz kody materiałowe dla danych elementów uszczelnienia. Przykładowo w grupie olejów jadalnych znajduje się olej arachidowy, który może być przepompowywany w temperaturze 90 lub 120°C. Producent proponuje na pierścieniu ślizgowym materiały na bazie węglików metali, np. węglík krzemu, na uszczelnienia pomocnicze elastomer fluorowy (FPM), pozostałe elementy konstrukcyjne np. sprężynę proponuje wykonać ze stali niklowo-chromowo-molibdenowej (CrNiMo).

Krok 2 dotyczy konstrukcji. Należy podjąć decyzję jakiego rodzaju i typu ma być dane uszczelnienie, np. pojedyncze, czy podwójne. Ponadto w zależności od rodzaju uszczelnianego czynnika może wystąpić konieczność kontroli przecieków lub przepłukiwania uszczelnienia. Należy również zwrócić uwagę na dobrane materiały. Różne typy uszczelnień mogą posiadać różne materiały, ważne jest więc, aby została wybrana odpowiednia kombinacja materiałów.

Krok 3 wymaga sprawdzenia granicznych wartości parametrów eksploatacyjnych uszczelnienia jak: ciśnienie, temperatura i prędkość w odniesieniu do zastosowanych materiałów i rozwiązań. Zwykle producenci uszczelnień posiadają wykresy oraz tabele zawierające dane o możliwości zastosowania materiałów w danych warunkach. Często używanym wskaźnikiem do oceny możliwości zastosowania danego materiału



Rys. 3. Algorytm doboru uszczelnień czołowych

w określonych warunkach jest iloczyn p_0v (gdzie: p_0 – ciśnienie uszczelnianego czynnika, v – prędkość obwodowa wału). Wartości te należy przeliczyć uwzględniając między innymi ciśnienie i temperaturę czynnika, średnicę wału, jego prędkość obrotową. Nie wszyscy producenci podają w jaki sposób można wyznaczyć powyższy iloczyn. Można to jednak zrobić samemu [Rewolińska, 2011]. Sprawdzenia wymagają również elementy elastomerowe, a dokładnie ich odporność na uszczelniany czynnik oraz temperatury. W przypadku, gdy korzysta się z cieczy buforowej również należy sprawdzić jej wpływ na uszczelniany czynnik. Nie bez znaczenia jest również obecność cząstek ściernych w uszczelnianym czynniku. W tym przypadku oceniane są własności tribologiczne materiałów stosowanych na pary ślizgowe.

Krok 4 to dobór wymiarów instalacyjnych. Dla danej średnicy wału można dobrać gotowe uszczelnienie z katalogu producenta. W przypadku obliczania podstawowych wymiarów uszczelnienia tok postępowania przedstawiono w pracy [Rewolińska, 2011].

Podsumowanie i wnioski

Podsumowując przeprowadzoną analizę można stwierdzić że:

- Uszczelnienia czołowe stosowane w maszynach i urządzeniach przemysłu spożywczego nie zawsze są właściwie dobierane, dotyczy to zarówno rozwiązań konstrukcyjnych jak i materiałowych. Może to skutkować nie tylko problemami eksploatacyjnymi, ale zagrażać życiu i zdrowiu konsumenta.
- Pomimo, że producenci uszczelnień dysponują licznymi rozwiązaniami materiałowymi, to wybór materiału uszczelnienia nadal stanowi krytyczny punkt w ich doborze. Dotyczy to zwłaszcza materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością.
- Wskazane jest opracowanie procedury doboru uszczelnień czołowych do danych warunków pracy. Powstanie procedury powinno być poprzedzone między innymi analizą czynników wpływających na pracę uszczelnienia, opracowaniem i hierarchizacją kryteriów doboru uszczelnień czołowych. Przedstawiony algorytm stanowi wstęp do opracowania powyższej procedury.

LITERATURA

- Betta G., Barbanti D., Massini R., 2011. Food Hygiene in aseptic processing and packaging system: A survey in the Italian food industry. Trends in Food Science & Techn., 22, 327-334. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.02.006
- EHEDG, 2013 – Przewodnik: *Konstrukcja Uszczelnień Mechanicznych dla Zastosowań Higienicznych i Aseptycznych*. (02.2013): <http://www.ehedg.org/index.php?nr=9&lang=pl&guid=27>
- EN 12756:2004. *Uszczelnienia czołowe. Główne wymiary, oznaczenie i kody materiałowe*.
- Grundfos, 2013. *Shaft seals. Grundfos data booklet*. (02.2013): [http://www.us.grundfos.com/web/download.nsf/Pages/4B0E4D0DAD99DE5F8257171007D0046/\\$File/L-SS-PG-002.pdf](http://www.us.grundfos.com/web/download.nsf/Pages/4B0E4D0DAD99DE5F8257171007D0046/$File/L-SS-PG-002.pdf)
- JohnCrane, 2013. *Seal material and arrangement guide*. (02.2013): <http://www.kupujucpavky.cz/e-catalogue/DataSheets/Brochures/SealSelManual.pdf>
- PN-EN 1672-2: 2007. *Maszyny dla przemysłu spożywczego. Pojęcia podstawowe – Część 2. Wymagania z zakresu higieny*.
- Huhnseal, 2011. *Mechanical seals with hygienic design for biotechnology, pharmaceutical and food industry*. (10.2011): <http://www.huhnseal.se>
- Rewolińska A., 2013. *Uszczelnienia w przemyśle spożywczym. Eksploatacja uszczelnień czołowych*. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań
- Rewolińska A., 2011. Przykład doboru uszczelnienia do pompy wirowej. *Służby Utrzymania Ruchu*, nr 3, 29
- Trelleborg Sealing Solutions, 2008. (Hofmann J.) *Hygienic design for the food & processing industries*. (02.2013): <http://www.trelleborg.com/en/Media/Products-and-Solutions-News/Archive/Hygienic-design-for-the-food-processing-industries/>