

mgr inż. Władysław Kraska^{1/}
mgr inż. Marek Kęciek^{2/}
mgr inż. Alfred Nowicki^{3/}
mgr inż. Zbigniew Pilat^{2/}
mgr inż. Andrzej Szawłowski^{2/}

^{1/} VIKI PLAST Pruszków, www.vikiplast.com.pl

^{2/} Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP Warszawa, www.piap.waw.pl

^{3/} ESCO Sp. z o.o. Warszawa, www.esco.waw.pl

AUTOMATYCZNA KONTROLA SZCZELNOŚCI W LINII PRODUKCYJNEJ KORKÓW Z TWORZYW SZTUCZNYCH^{*/}

Nieszczelność opakowania przeznaczonego do przechowywania płynów dyskwalifikuje taki wyrób. Dlatego producenci opakowań i ich zamknięć dążą do zapewnienia 100% kontroli szczelności w procesie produkcji. Konieczność zachowania wysokiej wydajności wymusza stosowanie automatycznych stanowisk kontrolnych. Jeśli wyrób jest przeznaczony do kontaktu z produktami spożywczymi, nakłada to dodatkowe wymagania na czystość badania. W artykule przedstawiono praktyczną realizację takiej kontroli w linii produkcyjnej korków z tworzyw sztucznych, z wykorzystaniem metody elektrostatycznej.

AUTOMATIC LEAK TESTING IN THE PLASTIC PLUGS MANUFACTURING LINE

Leakage of the package destined for liquid storage disqualify such a product. Therefore producers of packages and theirs closures aim at assurance of 100% leak testing during manufacturing. High productivity force use of automatic test stands. If the product is designed for contact with food, additional requirements for cleanness of the testing process appear. This paper presents the practical realisation such a testing in the plastic plugs manufacturing line with use of the electrostatic method.

1 WSTĘP

Szczelność wyrobów jest ważnym parametrem gwarantującym poprawność wykonania oraz bezpieczeństwo w procesie ich eksploatacji. W przypadku opakowań przeznaczonych do przechowywania płynów brak szczelności pojemników lub ich zamknięć dyskwalifikuje cały wyrób. Z tego powodu producenci opakowań dążą do wprowadzenia w procesie produkcji stuprocentowej kontroli szczelności. Opakowania są wykonywane na ogół w zautomatyzowanych liniach produkcyjnych o bardzo dużych wydajnościach. Stąd wymóg, aby proces sprawdzania szczelności odbywał się również w trybie automatycznym, w tempie dostosowanym do mocy produkcyjnej całej instalacji. W przypadku produkcji opakowań przeznaczonych do kontaktu z żywnością, proces testowania musi spełniać również odpowiednie warunki czystości.

^{*/} Referat prezentuje wyniki prac realizowanych w ramach projektu celowego FSNT-NOT nr ROW-27/2002

2 METODY KONTROLI SZCZELNOŚCI

Metody sprawdzania szczelności stanowiące podstawę budowy urządzeń do kontroli szczelności są przedmiotem badań oraz prac prowadzonych od lat w wielu ośrodkach naukowo-badawczych w kraju i zagranicą. W [1] przedstawiono ich przegląd, jak również omówiono miary szczelności wyrobów i przykłady urządzeń do jej kontroli. Do powszechnie stosowanych i opisanych tam metod sprawdzania szczelności należą:

- metoda ciśnieniowa - wykorzystywany jest pomiar zmian ciśnienia w kontrolowanym wyrobie w określonym czasie po napełnieniu go gazem – najczęściej powietrzem i po odłączeniu go od źródła zasilania,
- metoda akustyczna – wykorzystywany jest efekt powstawania fali akustycznej podczas przepływu cieczy przez nieszczelność,
- metoda cząstek znaczonych – do wnętrza sprawdzanego wyrobu wprowadza się znaczone cząsteczki gazu (najczęściej helu) i przy pomocy specjalnych detektorów sprawdza się, czy cząsteczki te wydostają się na zewnątrz.

Metoda akustyczna jest stosowana głównie przy sprawdzaniu wyrobów o dużych objętościach (np. rurociągi).

Metoda cząstek znaczonych pozwala wykryć bardzo małe nieszczelności, a jej wykorzystanie jest stosunkowo drogie. Znajduje więc zastosowanie do sprawdzania szczelności absolutnej takich obiektów jak mierniki gazu, zbiorniki paliw, itp.

Do kontroli różnego rodzaju wyrobów o niewielkich gabarytach (objętościach) najczęściej stosowane są metody ciśnieniowe. Ich wykorzystanie wiąże się jednak z całym szeregiem ograniczeń związanych z czasem trwania kontroli, wpływem zmian objętości wyrobu, temperatury, szczelności elementów odcinających źródło zasilania. Ponadto przy kontroli wyrobów, które powinny być sterylne (kontakt z produktami spożywczymi, farmaceutycznymi itp.) metody ciśnieniowe nakładają dodatkowe wymagania na konstrukcję całego zespołu sprawdzającego oraz na sterylność czynnika stosowanego do napełniania kontrolowanych wyrobów.

Przy kontroli wyrobów z tworzyw sztucznych posiadających właściwości elektroizolacyjne alternatywnym sposobem sprawdzania ich szczelności jest zastosowanie metody elektrostatycznej. Wykorzystuje się w niej ograniczoną wytrzymałość materiałów izolacyjnych na przebicie elektryczne. W miejscach nieszczelności wyrobu wytrzymałość ta zdecydowanie spada. Poziom napięcia potrzebnego do powstania przebicia elektrycznego w tym miejscu jest znacznie niższy niż w wyrobie pozbawionym nieszczelności.

3 PRAKTYCZNE WYKORZYSTANIE METODY ELEKTROSTATYCZNEJ

W praktycznych realizacjach stanowisk do sprawdzania szczelności metodą elektrostatyczną w komorach kontrolowanego wyrobu umieszcza się elektrody połączone z generatorem wysokiego napięcia. Po włączeniu zasilania, przy odpowiednim poziomie napięcia, w miejscach nieszczelności w kontrolowanym wyrobie następuje przepływ prądu pomiędzy elektrodami. Ma on na ogół charakter przebicia.

Dla większości materiałów dielektrycznych wytrzymałość elektrostatyczna zależy od grubości warstwy znajdującej się pomiędzy elektrodami. Maleje ona w miejscach przezeń i mikropęknięć, które są powodem nieszczelności. Wytrzymałość ta zależy rów-

niez od wartości przyłożonego napięcia – im wyższe napięcie tym grubsza warstwa i mniejsze mikropęknięcia zapewniają brak przebicia. Zwiększając przykładowe napięcie możemy zwiększać dokładność kontroli.

Istnieje jednak granica, do której możemy powiększać napięcia, albowiem zbyt wysokie napięcie powoduje zniszczenie materiału w kontrolowanym wyrobie, a tym samym powstanie nieszczelność. Dla każdego materiału istnieje więc kompromis pomiędzy wartością napięcia i dokładnością wykrywania nieszczelności wyznaczany na drodze eksperymentalnej.

Na skuteczność i niezawodność kontroli według metody elektrostatycznej wpływa też kształt elektrod. Musi on być każdorazowo projektowany i dopasowany do konkretnego kształtu wyrobu badanego.

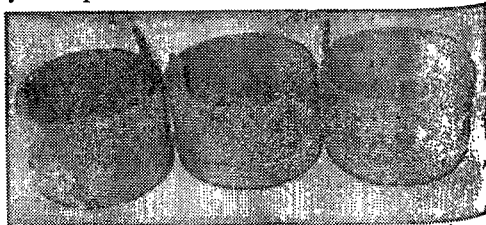
Praktycznie metoda ta pozwala na wykrywanie przewężeń materiału oraz mikroszczelin o wartościach rzędu 10µm.

4 BUDOWA STANOWISKA DO KONTROLI SZCZELNOŚCI KORKÓW

Od kilkunastu lat na świecie stale wzrasta zainteresowanie konsumentów zakupem w celach spożywczych specjalnej wody, wydobywanej z czystych, głębokich pokładów. Produkcja czystej wody to obecnie samodzielna gałąź przemysłu, o wciąż rosnących obrotach. Woda jest najczęściej przechowywana w plastikowych pojemnikach zamykanych specjalnymi korkami umożliwiającymi łatwe załadowanie butli do specjalnego dystrybutora. Firma Viki Plast, produkująca od wielu lat różnorodne wyroby z tworzyw sztucznych, dostarcza również zamknięcia do opakowań stosowanych w przemyśle spożywczym. Niedawno firma wprowadziła do produkcji nowy produkt – plastikowy kapsel MonoCap (rys. 1) do 19-litrowych (5-galonowych) butli na wodę. Unikalna konstrukcja kapsla chroniona kilkoma patentami posiada liczne zalety, m.in.:

- jest to pierwszy na świecie kapsel wykonany w całości metodą wtrysku jako jeden element, co umożliwiło wyeliminowanie w procesie produkcji montażu korka środkowego
- zapewnia doskonałą szczelność zamknięcia bez konieczności stosowania dodatkowej wkładki uszczelniającej,
- aluminiowa etykieta hermetycznie zgrzewana z czołem kapsla chroni przed zabrudzeniem otwór na trzpień dozownika wody,
- konstrukcja uniemożliwia ponowne użycie kapsla.

Produkcja kapsla MonoCap dzięki swoim walorom konstrukcyjnym stwarza firmie duże szanse ekspansji eksportowej na rynki zachodnie jak i wschodnie. Jednym z warunków powodzenia u klientów zagranicznych jest wprowadzenie 100% kontroli szczelności korka podczas procesu produkcji.

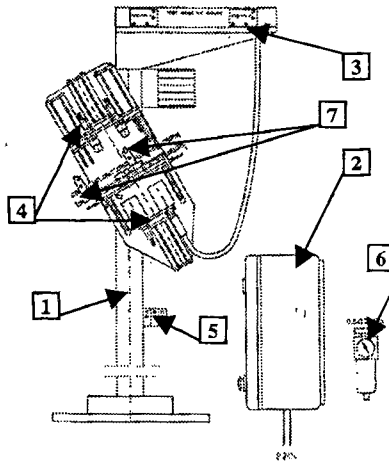


Rys. 1. MonoCap nowa generacja korków do butli z wodą

Ostatnim etapem wytwarzania korka jest przygrzanie aluminiowej etykiety. Kontrola szczelności powinna być wprowadzona właśnie w tej fazie produkcji. Ta część linii pracuje z wydajnością do 4 tys. sztuk na godzinę. Oznacza to, że pojedyncze stanowisko kontroli musi przeprowadzać cykl pomiarowy wraz z oceną i eliminowaniem złych produktów w czasie mniejszym niż jedna sekunda. Przy wykorzystaniu metody ciśnieniowej należałoby zbudować ok. 5-6 stanowisk, aby nadążyć za taktiem linii. Dodatkowe problemy związane z czystością przesadziły, że zdecydowano zastosować metodę elektrostatyczną.

Zaprojektowany automat do kontroli szczelności, którego konstrukcja jest pokazana na rys. 2, jest urządzeniem autonomicznym wbudowanym w pracującą linię technologiczną do zgrzewania etykiety aluminiowej. Urządzenie zamocowane do podłoża ma budowę modułową i składa się z następujących głównych zespołów:

- konstrukcji nośnej (1)
- układu sterowania z zespołem przycisków (2)
- detektor nieszczelności z wbudowanym generatorem wysokich napięć (3)
- napędu elektrod i stoperów (4)
- wyspy zaworów e/p (5)
- zespołu przygotowania powietrza (6)
- zespołu czujników optycznych (7)

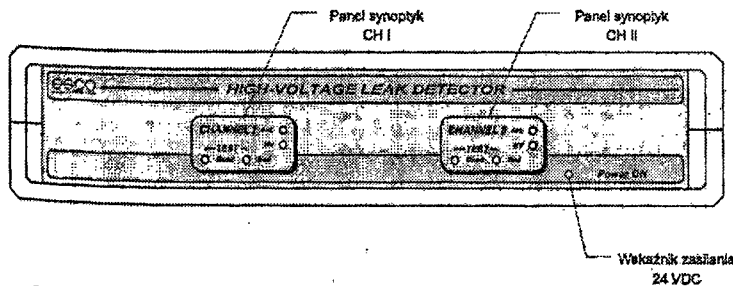


Rys 2. Konstrukcja urządzenia do automatycznej kontroli szczelności

Układ sterowania jest umieszczony w skrzynce i zawiera zasilacz, sterownik IPC typ FEC FC 600 firmy FESTO współpracujący z „wyspą” zaworów typu CPV firmy FESTO. Na płycie czołowej skrzynki znajdują się trzy przyciski operacyjne: START, STOP, STOP AWARYJNY.

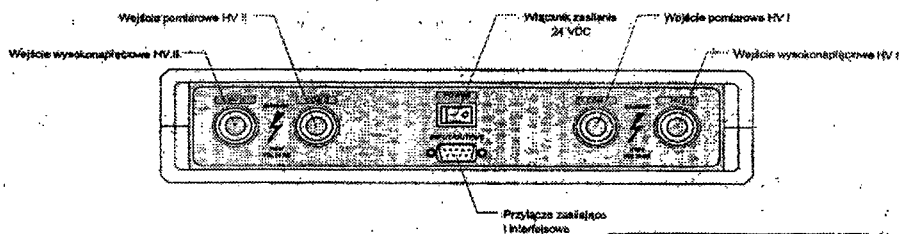
Detektor nieszczelności stanowi autonomiczny moduł, w którym zawarte są dwa niezależne kanały generujące wysokie napięcie, które jest podawane kablami wysokonapięciowymi do elektrod kontrolnych urządzenia.

Na płycie czołowej detektora (rys. 3) umieszczono lampki sygnalizacyjne informujące o: stanie pracy generatora, załączeniu zasilania, podaniu wysokiego napięcia oraz o wyniku kontroli korka – DOBRY, BRAK.



Rys 3. Detektor nieszczelności – widok z przodu

Na tylnej płycie generatora (rys. 4) umieszczono wyłącznik napięcia zasilającego, a także gniazda dla podłączenia zasilania, sond wysokiego napięcia oraz gniazda sygnałowe (załączanie wysokiego napięcia i sygnały informujących układ sterowania urządzeniem o wynikach kontroli korka). Sygnały te są podawane i pobierane z odpowiednich zacisków sterownika - INPUT, OUTPUT



Rys 4. Detektor nieszczelności – widok z tyłu

Zespół napędu elektrod kontrolnych zamocowany do konstrukcji nośnej urządzenia zawiera siłowniki pneumatyczne napędzające elektrody oraz stopery korków. W zespole tym zamocowane są również wyrzutniki korków – BRAK – eliminujące korki nieszczelne z dalszego procesu technologicznego montażu korka.

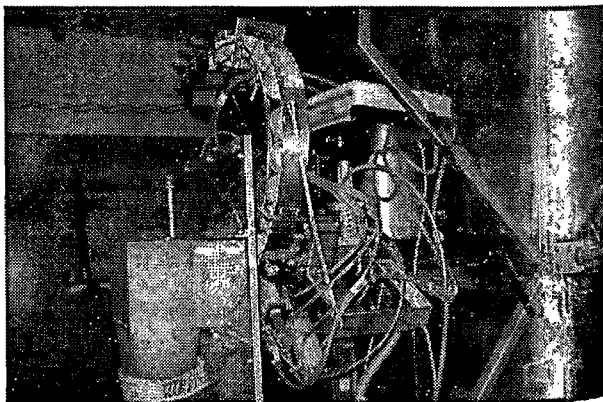
Wyspa zaworów umieszczona jest w górnej części konstrukcji nośnej urządzenia w pobliżu zespołu napędu elektrod, co umożliwia minimalizację czasów działania siłowników, a co za tym idzie zwiększenie wydajności całego urządzenia.

Z układem sterowania urządzenia współpracują czujniki światłowodowe stwierdzające obecność korka w odpowiednich pozycjach linii technologicznej

5 WDROŻENIE STANOWISKA W LINII PRODUKCYJNEJ.

Urządzenie jest zespołem dwukanałowym, działającym w sposób automatyczny pozwalającym na jednoczesną niezależną kontrolę dwóch korków. Korki na pozycję kontroli podawane są grawitacyjnie z linii do zgrzewania, która jest zasilana z podajnika wibracyjnego (rys 5).

Na pozycji kontroli korki są zatrzymane stoperami i po stwierdzeniu ich obecności automatycznie uruchamiany jest cykl kontroli szczelności korka. Elektrody kontrolne -



Rys 5. Automat do kontroli szczelności zainstalowany w linii zgrzewania etykiety aluminiowej.

górna i dolna są jednocześnie doprowadzone do wnętrza korków i załączany jest detektor. Maksymalna wartość napięcia sprawdzającego jest ustawiana potencjometrem i może mieć wartość do 17 kV. Czas narastania tego napięcia w zależności od ustawionej wartości maksymalnej, wynosi od 0,6 do 1,0 sek. Całkowity czas cyklu pomiarowego wynosi 1,8 sek. przy ustawieniu maksymalnego napięcia sprawdzającego.

W zależności od wyniku kontroli korków DOBRY pozostaje na linii i podawany jest dalej do kolejnych operacji realizowanych w linii zgrzewania, natomiast korki BRAK (nie-szczelny) zostaje wyrzucony do pojemnika BRAKÓW. Na pozycje kontroli podawane są kolejne korki i automatycznie uruchamiany jest kolejny cykl sprawdzenia.

Operator informowany jest każdorazowo o wynikach kontroli każdego korka sygnałem świetlnym z odpowiedniej lampki (CZEROWNEJ, ZIELONEJ) umieszczonej na płycie czołowej generatora wysokich napięć.

Szczegółowy opis i parametry techniczne urządzenia są zawarte [2]

6 WNIOSKI Z EKSPLOATACJI I PODSUMOWANIE.

Prototyp przedstawionego urządzenia do automatycznej kontroli szczelności korków został zestawiony w laboratorium PIAP. Po przeprowadzeniu prób i badań funkcjonalnych oraz wprowadzeniu wynikających z nich modyfikacji konstrukcji prototyp przystosowano do wymagań pracy w warunkach przemysłowych, a następnie zainstalowano i uruchomiono w docelowej linii produkcyjnej. Po okresie rozruchu przeprowadzono serię prób, a następnie w pierwszym okresie eksploatacji produkcyjnej prowadzony był nadzór autorski. W tym czasie wprowadzano drobne poprawki zmierzające przede wszystkim do uzyskania wysokiej niezawodności pracy całej instalacji. Zmianie podlegały m.in. elektrody. Ich kształt okazał się bardzo istotny dla jakości pracy urządzenia. Trzeba było poprawić mechaniczne prowadzenie elektrod dosuwanych do korka. Brak powtarzalności pozycji w momencie pomiaru powodował przekłamania. Wprowadzono także zalecenia dla obsługi okresowego czyszczenia elektrod. Dużym problemem okazał się mechanizm usuwania korka wadliwego. Jest on wydmuchiwany sprężonym powietrzem. W urządzeniu są dwie dysze, każda przypisana do jednego z dwóch badanych korków. Ponieważ korki w obszarze urządzenia do kontroli szczelności poruszają się grawitacyjnie, korek dolny jest naciskany przez górny. Okazało się, że z tego powodu, przy wydmuchu korka dolnego zdarzało się, że wypadał również korek górny. Problem ten rozwiązano wprowadzając ruchomą barierę mechaniczną. Dobrano też odpowiednie kształty dysz wydmuchujących. Konieczne były również modyfikacje oprogramowania zapewniające odpowiednią współpracę urządzenia z linią.

Obecnie urządzenie ma już za sobą ponad roczny staż przemysłowy. Pracuje w reżimie wielozmianowym. Okresowe kontrole korków usuwanych jako BRAKI potwierdzają prawidłowe działanie. Firma nie ma też reklamacji od klientów, które by świadczyły o przepuszczaniu korków wadliwych.

Metoda elektrostatyczna w pełni się sprawdziła. Potwierdziły się jej główne zalety znane z literatury, związane z szybkością, niezawodnością i czystością pracy. Dodatkowo należy stwierdzić, że całkowity koszt instalacji był znacznie niższy niż szacowany na początku koszt rozwiązania z zastosowaniem metody ciśnieniowej.

7 LITERATURA

1. Szawłowski A.: „Szczelność wyrobów. Metody urządzenia do wykrywania nieszczelności oraz oceny szczelności wyrobów”. PAR nr 1/2000 str. 31-34.
2. -Urządzenie do automatycznej kontroli szczelności korków. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa. Nr arch. 8016, PIAP 2002.