

Osuszacze i nawilżacze nafionowe

Dziesięć najczęściej zadawanych pytań

1. Jaka jest struktura i własności nafionu w postaci rurek?

Nafion jest kopolimerem kwasu nadfluoro-3,6-dioxa-4-metylo-7oktenu-sulfonowego i tetrafluoroetyleny (Teflonu). Jest to nieco zaskakujące, tym niemniej Nafion zawiera szkielet teflonowy do którego dołączone są łańcuchy innego polimeru fluorowęglowego. Łańcuch fluorowęglowy zakończony jest kwasem sulfonowym ($-SO_3H$).

Za wyjątkiem grup sulfonowych cały Nafion jest polimerem fluorowęglowym. Jak większość fluoropolimerów jest chemicznie obojętny (wysoko odporny na działanie czynników chemicznych). Jego kwaśne grupy sulfonowe są unieruchomione w matrycy fluorowęglowej i nie mogą być usunięte, ale w odróżnieniu od matrycy fluorowęglowej mogą one brać udział w reakcjach chemicznych. Obecność tych grup powoduje, że Nafion wykazuje trzy ważne właściwości:

- Ze względu na silne właściwości kwasowe grup sulfonowych, Nafion zachowuje się jako katalizator kwasowy.
- Przy kontakcie z roztworami Nafion działa jako wymienniczk jonowy.
- Nafion bardzo łatwo absorbuje wodę, zarówno z fazy gazowej jak i ciekłej. Każda z grup sulfonowych jest w stanie zaabsorbować do 13 molekuł wody. Wewnątrz hydrofobowego polimeru kwasowe grupy sulfonowe tworzą kanały jonowe, co umożliwia szybki transport wody. W stosunku do pary wodnej Nafion spełnia rolę bardzo selektywnej membrany półprzepuszczalnej.

Właściwości fizyczne nafionu są podobne do tych jakimi charakteryzują się inne fluoropolimery. Jest półprzezroczysty i charakteryzuje się dużą elastycznością. Stosowany jako membrana jonowymienna może pracować (według zapewnień producenta – DuPont) w temperaturze do 190°C. Stosowany jako osuszacz gazów może pracować do temperatury 150°C (według specyfikacji firmy Perma Pure). Ciśnienie rozrywające rurki nafionowe zależy od ich średnicy i grubości ścianek, ale generalnie przyjmuje ono wartość wyższą niż 200 psig (ponad 13 bar). Nietypową właściwością nafionu jest jego skłonność do zmiany rozmiaru. Po zaabsorbowaniu wody rozmiar (pęcznienie) nafionu wzrasta do około 22% (w przypadku alkoholu wartość ta może dochodzić do 88%).

2. Jakie są aktualne zastosowania nafionu ?

Nafion stosowany jest przede wszystkim jako membrana jonowymienna przy produkcji chloru i alkaliów, gdzie roztwory soli oddzielane są elektrolitycznie na chlor i wodorotlenek sodowy. W tym środowisku Nafion narażony jest na podwyższoną temperaturę, wysokie natężenie prądu oraz substancje żrące. Nafion został opracowany z przeznaczeniem do takich zastosowań.

Firma Perma Pure oferuje szeroką gamę osuszaczy gazowych i nawilżaczy, których działanie oparte jest na selektywnym transporcie wody przez Nafion. Nafion stosowany jest także jako aktywna membrana w ogniwach paliwowych. Jego właściwości kwasowe wykorzystywane są w reakcjach katalizowanych kwasowo. Z kolei własności jonowymiennie mają wielorakie zastosowania w aparaturze naukowej. Słabe przewodnictwo Nafionu wykorzystano do tworzenia z niego powłok znajdujących się na końcówkach elektrod stymulatora serca.

3. W jaki sposób firma Perma Pure jest zaangażowana w produkcję nafionu ?

Perma Pure jest wyłącznym przedstawicielem firmy DuPont, który produkuje rurki nafionowe. Perma Pure kupuje żywicę nafionową of firmy DuPont, wytwarza z niej rurki, a następnie w wyniku kompleksowej obróbki chemicznej aktywuje je. Perma Pure wykorzystuje własności nafionu przy transporcie wody i wytwarza z niego szeroką gamę osuszaczy i nawilżaczy (poczynając od małych

zestawów laboratoryjnych po duże zestawy procesowe). Perma Pure dostarczą także rurki nafionowe do innych zastosowań, które nie są związane z suszeniem.

4. **Jakie są różnice pomiędzy standardowym osuszaniem gazu, a osuszaniem z wykorzystaniem nafionu ?**

Suszeniu towarzyszy zawsze jeden z wymienionych elementów: skraplacze, osuszacze ze środkiem osuszającym, osuszacze membranowe lub osuszacze nafionowe.

Skraplacze działają na zasadzie oziębienia strumienia gazu w celu wykroplenia wody (lub innych cieczy), następnie zebrania kondensatu i odprowadzeniu go. Ich działanie jest stosunkowo proste. Niestety nie są to urządzenia specyficzne, ponieważ w niskich temperaturach nie tylko usuwają kondensat, ale także część gazu który jest w nim rozpuszczony. Układ skraplaczy jest tak zaprojektowany, aby zminimalizować kontakt strumienia gazu z kondensatem. Tym niemniej gazy rozpuszczalne w wodzie zawsze w jakiejś ilości znajdują się w kondensacie (ilość zależy od temperatury i ich rozpuszczalności). Skraplacze nie nadają się do usuwania wody ze strumienia gazu zawierającego dwutlenek siarki (duża jego ilość przechodzi do kondensatu); nie wskazane jest ich stosowanie do osuszania gazu zawierającego chlorowodór lub chlor (chyba, że wymagane jest usunięcie tych składowych).

Osuszacze ze środkiem osuszającym działają na zasadzie wiązania wody przez adsorbat. Adsorbentem może być ciało stałe (silikażel) lub ciecz (kwas siarkowy), czyli substancja która wiąże wodę w postaci wody hydratacyjnej. Działanie tych osuszaczy jest bardzo proste. Niestety, podobnie jak skraplacze, adsorbenty nie są materiałem specyficznym, co oznacza, że mogą one usuwać nie tylko wodę ale i wiele innych związków. W odróżnieniu do skraplaczy, z adsorbatów nie można usunąć wody w sposób bezpośredni. W czasie pracy chłoną one wodę i okresowo muszą być poddawane regeneracji lub wymianie. Osuszacze pracujące w trybie ciągłym wykorzystują albo gwałtowną różnicę ciśnień otoczenia (osuszacze podatne na wahanie ciśnienia bez względu na temperaturę), albo gwałtowną zmianę w temperaturze otoczenia (osuszacze podatne na wahania temperatury). W układzie ciągłym w czasie gdy pracuje jedna komora osuszacza, druga poddawana jest regeneracji.

Działanie **osuszaczy membranowych**, zbudowanych z materiałów mikroporowatych, oparte jest o wielkość cząsteczki. Duże molekuly pozostają w strumieniu oczyszczanego gazu, a małe są przepuszczane przez membranę, a następnie usuwane. Działanie osuszaczy membranowych jest proste. Ponieważ molekuly azotu i tlenu są większe od cząsteczek wody, dlatego osuszacze membranowe nadają się przede wszystkim do osuszania powietrza (nie nadają się jednak do osuszania strumienia gazu zawierającego wiele składowych).

Osuszacze nafionowe działają na zasadzie powinowactwa w stosunku do kwasowej grupy sulfonowej. Jakkolwiek transport wody przez Nafion opisywany jest jako przepuszczanie, jednak tego typu osuszacze nie działają tak samo jak membrany przepuszczalne. Nafion nie jest materiałem mikroporowatym, który rozdziela związki na podstawie wielkości ich cząsteczek. Na przykład, osuszacze nafionowe mogą usunąć wodę ze strumienia wodoru, mimo że molekula wodoru jest dużo mniejsza od cząsteczki wody. Siłą napędową procesu nie jest ciśnienie, a prężność cząstkowa pary wodnej. W odróżnieniu od opisanych powyżej metod, osuszacze nafionowe są wysoce selektywne w stosunku do związków, które ulegają usuwaniu.

5. **W jaki sposób Nafion działa jako osuszacz lub jako nawilżacz ?**

Osuszacze nafionowe zawierają jedną lub kilka rurek nafionowych, których ścianki w większości są inertnym polimerem fluorowęglowym, który nie uczestniczy w procesie osuszania. Kwas sulfonowy ma charakter jonowy, a pozostała część nafionu jest obojętna, mimo to obydwie te składowe grupują się razem. Proces aktywacji nafionu uporządkowuje wszystkie jego grupy sulfonowe w kanały jonowe wzdłuż ścianek rurki (od strony wewnętrznej ku zewnętrznej).

Kiedy woda uderza w wyeksponowaną na powierzchni rurki kwasową grupę sulfonową, wstępnie się z nią wiąże. Pozostałe kwasowe grupy sulfonowe znajdujące się głębiej w ściance mają mniejszą ilość wody z nimi związaną, a zatem wykazują zwiększone powinowactwo do wody. Zatem molekuly wody zaabsorbowane na wewnętrznej powierzchni rurki są szybko transportowane do jej powierzchni zewnętrznej, a następnie są odparowywane do otoczenia. Proces ten trwa do czasu zaniku gradientu prężności pary wodnej na całej grubości rurki nafionowej. Niska prężność pary wodnej w otoczeniu zapewnia szybki jej transport ze strumienia osuszane go gazu (od strony wewnętrznej rurki ku stronie zewnętrznej).

Proces przebiega bardzo szybko ponieważ reakcja jest reakcją I-rzędu. Woda usuwana ze strumienia gazu jest w postaci pary i w takiej postaci przechodzi ona do otoczenia. Zatem w ciągu całego procesu nie ma zjawiska zmiany faz, a co za tym idzie przebiega on bez udziału dodatkowej energii.

6. Jakie inne związki oprócz wody są usuwane przez Nafion ? W wyniku jakiego mechanizmu ?

Nafion w postaci stosowanej w osuszaczach firmy Perma Pure przy kontakcie z cieczami działa jako żywica jonowymienna, która przepuszcza nie tylko wodę, ale także aniony znajdujące się w roztworze (kationy zostają zatrzymane).

Nafion stosowany w kontakcie z fazą gazową jest bardziej selektywny. W zakresie temperatur pracy osuszaczy związki jonowe nie ulegają dysocjacji na kationy i aniony, zatem nie ma możliwości migracji jonów ujemnych przez ścianki rurki nafionowej. Migracja oparta jest o inny mechanizm.

Jedynie związki, które w swojej strukturze mają grupę hydroksylową (-OH), i które jednocześnie występują w strumieniu oczyszczanego gazu, zdolne są do migracji przez ścianki rurek nafionowych. Jest to możliwe dzięki tworzeniu się wiązań wodorowych z kwaśnymi grupami sulfonowymi znajdującymi się w kanałach jonowych matrycy fluorowęglowej nafionu. Większość wodorotlenków to substancje stałe o wysokiej temperaturze wrzenia (wodorotlenek sodowy, wodorotlenek wapnia, itd.) zatem w warunkach pracy osuszaczy nie występują one w fazie gazowej. Przez osuszacze nafionowe usuwane są jedynie trzy związki lub klasy związków:

- a. Woda (H-OH)
- b. Amoniak (w obecności wody NH_3 ulega reakcji tworząc $\text{NH}_4\text{-OH}$)
- c. Alkohole (R-OH, gdzie R jest rodnikiem organicznym)

Dodatkowo, oprócz wymienionych powyżej, usunięte mogą zostać związki organiczne, które mogą ulec konwersji do alkoholi. Aldehydy (R-H-C=O) i ketony ($\text{R}_1\text{-R}_2\text{-C=O}$) ulegać mogą procesowi enolizacji (konwersji do alkoholu lub inaczej "enolu"). Grupa karbonylowa obecna w aldehydach lub ketonach w wyniku katalizy kwasowej może reagować z wodą tworząc alkohol zgodnie z podaną reakcją odwracalną: $\text{C=O} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HO-C-OH}$.

Ze względu na obecność kwasowych grup sulfonowych, nafion jest materiałem silnie kwasowym, który może działać jako katalizator kwasowy (czasami takie jest właśnie zastosowanie nafionu). W zależności od natury podstawników organicznych połączonych ze strukturą aldehydu lub ketonu (R_1 , R_2) oraz warunków pracy (głównie temperatury), część aldehydów i kationów przechodzących przez osuszacz nafionowy ulegnie konwersji do odpowiednich alkoholi i zostanie usunięta.

Mimo że Nafion nie jest materiałem doskonale selektywnym w stosunku do innych związków niż woda, to generalnie można powiedzieć, że w porównaniu do innych technologii osuszania jest to materiał wysoce selektywny. Użytkownik może czuć się rozczarowany, że w wyniku osuszania strumienia gazu następuje utrata amoniaku i alkoholi, ale należy podkreślić że wszystkie pozostałe składowe, które są istotne ze względu na zainteresowania związane z ochroną środowiska, pozostają w próbce (np. tlen, ozon, tlenek i dwutlenek węgla, tlenki azotu, tlenki siarki, siarkowodor, chlorowodor, wodór i większość węglowodorów).

7. W jaki sposób absorpcja wody przez rurki nafionowe wykorzystana jest w osuszaczach lub nawilżaczach ?

Podstawową funkcją nafionu jest jego zastosowanie jako wysoce selektywnej półprzepuszczalnej dla pary wodnej membrany. Osuszanie ma miejsce, jeżeli gazy wewnątrz rurki nafionowej są bardziej wilgotne niż atmosfera gazowa otaczająca rurkę. W przypadku odwrotnym ma miejsce nawilżanie.

W najprostszym przypadku rurki nafionowe znajdują się w powietrzu otaczającym. Jeżeli gazowy strumień próbki wewnątrz rurki jest bardziej wilgotny niż otaczające powietrze (np. powietrze wydychane) to próbka przyjmuje wilgotność otoczenia. Jeżeli strumień gazu wewnątrz rurki jest bardziej suchy niż otaczające powietrze (np. gazy kalibracyjne) to i w tym przypadku próbka przyjmuje wilgotność otoczenia.

Osuszenie próbki do poziomu niskiej wilgotności wymaga suchego powietrza otoczenia. Do zastosowań przenośnych rurki nafionowe umieszczone są w środku suszącym. Obecność środka suszącego zapewnia bardzo suchą, „oczyszczoną” atmosferę zewnętrzną, co zapewnia wysoką selektywność rurek nafionowych w czasie suszenia. Środek osuszający ulega nasyceniu wodą i dlatego musi być okresowo wymieniany i regenerowany.

Do działania ciągłego, jedna lub kilka rurek nafionowych umieszczana jest w specjalnej obudowie, przez którą przepuszczany jest suchy gaz oczyszczający. Jeżeli układ rurek ma działać jako nawilżacz to wspomnianą obudowę wypełnia się wodą w celu wytworzenia środowiska o wysokiej wilgotności.

8. Jakie są wpływy ciśnienia na suszenie lub nawilżanie za pomocą nafionu ?

Z wyjątkiem typowych efektów fizycznych ciśnienia na rurki nafionowe, całkowite ciśnienie nie ma w zasadzie wpływu na osuszacze nafionowe.

Rurki nafionowe są względnie twarde, ale bardzo elastyczne. Rurki mają względnie wysoki punkt rozerwania, jeżeli wystawione są na działanie nadciśnienia. Nadciśnienie wewnątrz rurek powoduje nieznaczne ich spęcznienie, co powoduje zwiększenie maksymalnej powierzchni i nieznaczną poprawę ich działania.

Ponieważ rurki są całkiem elastyczne to podciśnienie wewnątrz rurek może spowodować ich zgniecenie podobnie jak to ma miejsce w przypadku słomki. Takie zgniecenie blokuje przepływ i może spowodować uszkodzenie osuszacza. Jeżeli osuszacz jest podgrzewany to podciśnienie próbki powinno być ograniczone do wartości ≤ 5 cali wody. Większa wartość podciśnienia zawęży powierzchnię wewnętrzną rurki i ograniczy jej prawidłowe działanie lub wręcz uniemożliwi.

Jak to już zaznaczono wcześniej, całkowite ciśnienie ma jedynie fizyczny wpływ na charakterystykę nafionu; siłą napędową procesu jest gradient ciśnienia pary wodnej. Nafion działając w stosunku do pary wodnej jako membrana półprzepuszczalna doprowadza do ustalenia równowagi w poprzek ścianek rurki. Symulowanie procesu osuszania odbywa się na drodze: podwojenia ciśnienia próbki, co podwaja ciśnienie pary wodnej znajdującej się w próbce, zwiększenia lub obniżenia ciśnienia próbki.

9. Jaki jest wpływ temperatury na suszenie lub nawilżanie za pomocą nafionu ?

Temperatura ma dużo większy wpływ na działanie nafionu niż ciśnienie. Z temperaturą związane są dwa główne efekty.

Efekt zasadniczy wpływu temperatury na działanie nafionu jest efektem typowo kinetycznym. Absorpcja wody i jej transport przez Nafion jest reakcją kinetyczną I-rzędu. Szybkość takiej reakcji jest logarytmiczną funkcją temperatury. W obszarze normalnej temperatury pracy nafionowych osuszaczy/nawilżaczy szybkość absorpcji wody podwaja się z każdym wzrostem temperatury o 10°C. Oznacza to, że przy wyższych temperaturach ciśnienie cząstkowe pary wodnej wewnątrz rurki szybciej osiąga stan równowagi z ciśnieniem cząstkowym pary znajdującej się na zewnątrz rurki. Oznacza to także szybsze suszenie lub nawilżanie.

Efekt drugorzędny wpływu temperatury na działanie nafionu odnosi się do końcowego punktu równowagi. Niezależnie od procesu (suszenie lub nawilżanie) w poprzek ścianki musi istnieć gradient ciśnienia cząstkowego pary wodnej. Suszenie lub nawilżanie zostaje przerwane z chwilą zaniku tego

Biuro Handlowe: 20-064 Lublin ul. B. Prusa 8 Tel/fax: 0-81-740 33 45

e-mail: info@atut.lublin.pl, www.atut.lublin.pl

gradientu, co oznacza osiągnięcie punktu równowagi. Mogłoby to oznaczać, że jeżeli ciśnienie cząstkowe pary wodnej po zewnętrznej części rurki wynosi zero to takie samo ciśnienie wewnątrz rurki powinno także spaść do zera. Nie jest to niestety prawda.

Ścianki rurki zawsze zatrzymują szczątkową część wody, ponieważ kwasowe grupy sulfonowe polimeru nafionowego nigdy nie oddają jej w całości. Ilość szczątkowej wody jest zależna od temperatury. Przy wyższych temperaturach więcej wody pozostaje przy ściankach i nie może być ona usunięta. To stężenie wody w ściance odpowiada poziomowi ciśnienia cząstkowego pary wodnej po jej zewnętrznej stronie. Kiedy ciśnienie pary wodnej znajdującej się w próbce dochodzi do poziomu odpowiadającego wodzie szczątkowej w ściankach rurki następuje zakończenie suszenia (zanika gradient stężeń, osiągnięty zostaje punkt równowagi). Ten poziom wody szczątkowej zawarty w rurkach polimeru określa najniższy poziom wody (temperatura punktu rosy) jaki może zostać osiągnięty przez osuszacz. W temperaturze pokojowej (20°C) szczątkowa woda związana ze ściankami rurek odpowiada temperaturze punktu rosy na poziomie ok. -45°C (jest to równoważne ok. 75 ppm wody). Wzrost temperatury pracy o każdy stopień powyżej temperatury pokojowej powoduje wzrost temperatury punktu rosy także o jeden stopień (°C).

Połączenie tych dwóch efektów oznacza, że przy wyższych temperaturach pracy osuszacze nafionowe początkowo usuwają wodę szybciej, ale przerywają osuszanie (osiągany jest stan równowagi) przy wyższej temperaturze punktu rosy. Dla lepszych osiągnięć wydajności suszenia wzdłuż osuszacza powinien występować gradient temperatury. Na wejściu próbki powinna być wyższa temperatura, aby woda występowała w stanie pary i była szybko usuwana. W kolejnych sekwencjach osuszacza temperatura powinna być obniżana, ponieważ próbka zawiera mniej wody do usunięcia, a tym samym jej temperatura punktu rosy jest niższa (pozwala to na utrzymanie temperatury próbki powyżej jej temperatury punktu rosy). Wyjście próbki powinno być zimne, czyli utrzymane w temperaturze pokojowej (niższa temperatura byłaby lepsza, ale wymagana jest wtedy obecność systemu chłodzącego) co gwarantuje utrzymanie na odpowiednio niskim poziomie końcowej równowagi temperatury punktu rosy.

10. Jakie są ograniczenia i najczęściej występujące przyczyny uszkodzenie osuszacza ?

Nafion wykazuje dużą odporność chemiczną. Nie są znane związki, które w postaci pary i w warunkach pracy osuszacza byłyby w stanie naruszyć jego inercyjność chemiczną (dotyczy to także fluorowodoru lub innych stężonych kwasów). Inercyjność chemiczna nafionowych osuszaczy i nawilżaczy ograniczają jedynie materiały z których wykonane są obudowy i połączenia gazowe. Dostępne modele urządzeń są w stanie tolerować niemal każde warunki.

Ograniczenia spowodowane ciśnieniem dotyczą także jedynie materiałów z których wykonane są obudowy i połączenia gazowe. Dostępne modele urządzeń są w stanie tolerować nadciśnienie do 150 psig (10 barów); jest to zależne od przeznaczenia urządzenia.

Mimo że Nafion jest w stanie znosić temperatury do 190°C, to w przypadku osuszaczy i nawilżaczy nafionowych, jako maksymalna, zalecana jest temperatura 150°C. Nafion jest silnym katalizatorem kwasowym i wzrost temperatury powyżej 110°C może spowodować w próbce gazowej zachodzenie niepożądanych reakcji ubocznych. Z tego też powodu większość osuszaczy pracuje w temperaturach 110°C i poniżej.

W przypadku osuszaczy nafionowych nie ma limitu wstępnej zawartości wody. Charakterystyka końcowa osuszacza zależy od początkowego stężenia wody, szybkości przepływu próbki oraz temperatury pracy osuszacza. Przy wysokiej zawartości wody szybkość przepływu próbki na wejściu powinna być większa na wyjściu mniejsza.

Jak już wspomniano, amoniak, alkohole i niektóre inne związki organiczne mogą być przekształcone do alkoholi, a następnie usunięte przez osuszacze nafionowe. Inne gazy są osuszane bez powodowania strat w ich zawartości.

Brak przeszkód, zarówno w zewnętrznej jak i wewnętrznej powierzchni rurek nafionowych, gwarantuje ich efektywne działanie. Filmy olejowe lub osady powodują ograniczenie osiągnięć osuszaczy lub nawilżaczy. W czasie pracy następuje nagromadzenie się osadów jeżeli: oczyszczające powietrze jest zanieczyszczone olejem, próbka jest źle przefiltrowana lub próbka uległa niepożądanym reakcjom. Wymienione powyżej zjawiska dają zauważalne efekty po kilku miesiącach lub nawet roku pracy, a ich występowanie można ograniczyć poprzez okresowe czyszczenie.

Najczęstszymi, dwoma uszkodzeniami osuszaczy nafionowych jest zaciśnięcie rurek nafionowych lub wprowadzenie ciekłej wody do osuszacza.

a. Zaciśnięcie rurek spowodowane jest przez podciśnienie występujące wewnątrz rurek. Omówiono to szczegółowo przy okazji innego pytania. Najczęstszą przyczyną jest przeciąganie strumienia próbki przez osuszacz za pomocą pompy w czasie, gdy przez obudowę przepuszczany jest gaz oczyszczający. Sytuację bardzo łatwo można skorygować, ale zabezpieczyć się przed występowaniem tego problemu należy pompę z gazem oczyszczającym umieścić za osuszaczem, a nie przed nim. Takie postępowanie usuwa niemal zawsze powstały problem.

b. Wprowadzenie ciekłej wody do osuszacza powoduje jego uszkodzenie w wyniku niekontrolowanego mechanizmu. Zgodnie z przeznaczeniem osuszacze nafionowe usuwają parę wodną z próbki i „odprowadzają” ją do otoczenia. Nie mają miejsca przejścia fazowe, dlatego sumaryczna energia równa jest zero. Jeżeli do osuszacza wprowadzona zostaje ciekła woda to jest ona nadal absorbowana, a następnie odparowywana do otoczenia. W takim wypadku wymagany jest nakład energii (przejście fazowe) – następuje oziębienie osuszacza. Oziębiając się powoduje zwiększoną kondensację wody co prowadzi do dalszego oziębienia, itd. Jak widać jest to reakcja kaskadowa, w której osuszacz coraz bardziej się oziębia i wilgotnieje do momentu aż całkowicie nasiąknie woda i przestanie pracować.

W większości przypadków, kiedy osuszacz staje się fizycznie mokry, należy przerwać przepływ próbki i umożliwić gazowi osuszającemu wysuszenie urządzenia. Po takim zabiegu osuszacz powraca do swoich pierwotnych zdolności działania. Niestety w niektórych przypadkach próbka może zawierać w fazie gazowej związki jonowe. Jeżeli taka sytuacja ma miejsce to związki jonowe rozpuszczą się w ciekłej wodzie i nastąpi ich nagromadzenie w osuszaczu. W konsekwencji jony mogą uczestniczyć w wymianie jonowej z rurkami nafionowymi, zmieniając ich właściwości tak, że będą one wykazywały niższą zdolność absorpcyjną w stosunku do wody. Z chwilą pojawienia się takiego problemu niezbędna będzie regeneracja rurek nafionowych przez potraktowanie ich kwasem (do czasu aż odzyskają one pierwotne właściwości absorpcyjne).

Jeżeli zachowane zostaną środków ostrożności gwarantujące utrzymanie próbki i osuszacza w odpowiednio wysokiej temperaturze, co zabezpieczy przed przedostaniem się ciekłej wody do osuszacza i ograniczone zostanie nadmierne podciśnienie próbki to jest to gwarancja bezawaryjnej i długotrwałej pracy urządzenia.



Biuro Handlowe: 20-064 Lublin ul. B. Prusa 8 Tel/fax: 0-81-740 33 45
e-mail: info@atut.lublin.pl, www.atut.lublin.pl