

Wpływ temperatury na osuszacze nafionowe

Maksymalna temperatura robocza

Jonomer nafionowy toleruje stosunkowo wysokie temperatury, ponieważ jego temperatura topnienia przekracza 200°C. Wytwórca jonomeru, firma DuPont, podaje maksymalną temperaturę roboczą dla swoich membran na poziomie 190°C. Firma Perma Pure produkująca przewody rurowe z tego materiału określa dla nich maksymalną temperaturę roboczą na poziomie 150°C. Ta niższa wartość temperatury została przyjęta zachowawczo z tego względu, że membrany DuPont są związane z materiałami wzmacniającymi i stosowane do cieczy, podczas gdy osuszacze gazu Perma Pure przeznaczone są do gazów i nie są dodatkowo wzmacniane. Braliśmy także pod uwagę tolerancję na ciśnienie w wyższych temperaturach ze względu na mięknięcie materiału, ale z całą pewnością Nafion będzie tolerował temperatury przekraczające tę, która została podana powyżej.

Minimalna temperatura robocza

Osuszacze nafionowe absorbują wodę na wewnętrznej powierzchni rurek, a następnie odparowują ją do przepływającego przez nie suchego gazu (najczęściej jest to powietrze). Woda absorbowana jako para wodna w takiej samej postaci jest desorbowana, zatem nie występuje zjawisko zmiany faz, a w konsekwencji sumaryczna energia absorpcji i desorpcji ma wartość zerową. Jeżeli woda występuje w postaci ciekłej to zostaje zaabsorbowana w tej postaci natomiast desorbowana jest w postaci pary wodnej; w tym jednak wypadku następuje zmiana fazy z ciekłej na gazową, co wymaga dostarczenia energii.

Jeżeli dozwolone jest, aby do osuszacza wprowadzona została woda w postaci cieczy to przekształcenie cieczy w parę wodną spowoduje pobranie energii z osuszacza, a tym samym jego oziębienie. Oziębienie osuszacza spowoduje wykroplenie większej ilości wody. Zaabsorbowanie tej dodatkowej ilości wody spowoduje dalsze gwałtowne jego oziębienie. W konsekwencji osuszacz staje się zimny i wilgotny i zaczyna działać jako wykrapłacz zamiast jako przepuszczalna membrana. Osuszacz zostaje uszkodzony i musi zostać wyłączony z pracy; przywrócenie jego pierwotnej funkcji następuje po dokładnym osuszeniu. W celu zabezpieczenia przed opisanym powyżej uszkodzeniem zalecane jest, aby w czasie pracy osuszacza nie było dozwolone wprowadzanie do niego wody w postaci ciekłej. Zatem minimalna temperatura robocza osuszacza limitowana jest temperaturą punktu rosy próbki. W czasie przechodzenia próbki gazowej przez osuszacz następuje usuwanie z niej wody, zatem temperatura punktu rosy próbki stopniowo obniża się. Minimalna temperatura robocza jest temperaturą punktu rosy próbki w danym punkcie osuszacza i jest gradientem temperatury (wyższym przy wlocie próbki i niższym na jej wylocie).

Szybkość absorpcji wody

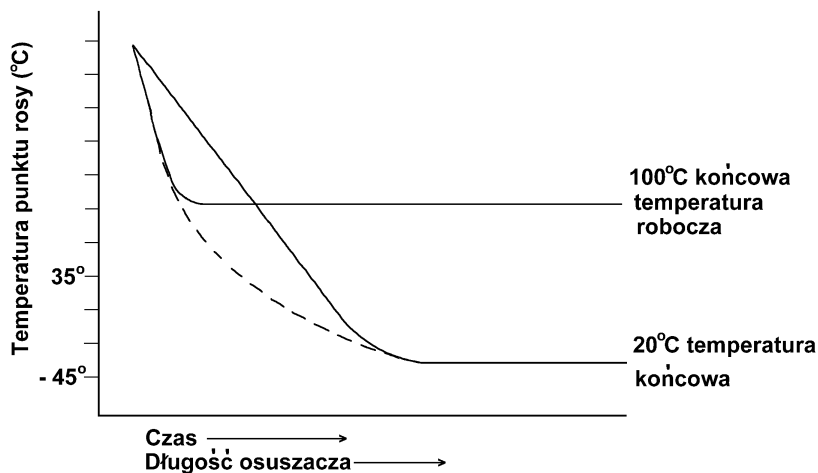
Nafion jest przede wszystkim obojętnym polimerem fluorowęglowym. W matrycy fluorowęglowej rozproszone są kanały jonowe zawierające kwasowe grupy sulfonowe (dlatego nazwa jonomer). W stosunku do przewodów rurkowych wspomniane kanały rozciągają się poprzecznie (od powierzchni wewnętrznej do zewnętrznej). W reakcji odwracalnej (woda hydratacyjna) kwasowe grupy sulfonowe bardzo łatwo wiążą wodę. Molekuły wody związane z kwasowymi grupami sulfonowymi w wewnętrznej powierzchni rurek szybko są transportowane wzdłuż kanałów jonowych do powierzchni zewnętrznej, gdzie następuje odparowanie wody (przy założeniu, że ciśnienie pary wodnej przy powierzchni zewnętrznej rurki jest niższe od ciśnienia przy powierzchni wewnętrznej). Takie wiązanie wody jako wody hydratacyjnej gwarantuje kinetykę reakcji charakterystyczną dla reakcji pierwszego rzędu, zatem szybkość reakcji jest proporcjonalna do temperatury. Podwyższona temperatura spowoduje wzrost początkowej szybkości usuwania wody, zatem osuszacz szybciej osiągnie końcową równowagę temperatury punktu rosy. Dla osuszaczy nafionowych początkowa szybkość absorpcji wody rośnie dwukrotnie dla każdego wzrostu temperatury roboczej o 10°C.

Równowaga końcowa temperatury punktu rosy

Podstawową funkcją nafionu jest działanie jako membrany przepuszczalnej dla wody, gdzie siłą napędową zapewniającą transport wody jest gradient ciśnienia cząstkowego pary wodnej wzdłuż membrany. Usunięcie wody z próbki powoduje zanik tego gradientu. Czas przebywania próbki w rurce jest wystarczający do osiągnięcia końcowej równowagi temperatury punktu rosy. Punkt ten determinowany jest przez temperaturę punktu rosy gazu oczyszczającego lub minimalnych ilości wody znajdujących się w ściankach rurki, w zależności od tego która z tych wartości jest większa.

Część wody jest mocno związana z grupami sulfonowymi znajdującymi się w strukturze rurek nafionowych i zazwyczaj w takiej postaci pozostaje; ilość zaabsorbowanej wody zależy od zawartości wody w próbce lub gazie oczyszczającym.

Kiedy temperatura punktu rosy gazu oczyszczającego jest odpowiednio niska to woda związana w ściankach rurek nafionowych określa równowagę końcową temperatury punktu rosy dla próbki. Obniżenie zawartości wody w próbce do ilości odpowiadającej wodzie zaabsorbowanej w rurce powoduje zanik gradientu stężeń, a tym samym przerwanie osuszania. W temperaturze 20°C ilość wody związanej z kwaśnymi grupami sulfonowymi odpowiada temperaturze punktu rosy próbki na poziomie -45°C (około 75 ppm wody).



Ilość wody związanej w rurkach jest proporcjonalna do temperatury. Osiągana końcowa równowaga temperatury punktu rosy wzrasta o 1°C przy wzroście temperatury pracy osuszacza (na jego końcu) o 1°C.

Reaktywność Nafionu

Kwaśne grupy sulfonowe nafionu są stabilizowane obecnością matrycy fluorowęglowej, która je otacza, jak również obecnością innych kwaśnych grup sulfonowych znajdujących się w kanałach jonowych. Kwas sulfonowy bardzo łatwo przekazuje proton (działający jako kwas) i w takim wypadku Nafion zachowuje się jak superkwas. Skala Hammetta ustala wartość mocy kwasów według wzrastającej wartości liczbowej. Według tej skali kwasowość Nafionu mieści się w przedziale 11-13 (przykładowo, kwasowość stężonego kwasu siarkowego w tej skali ma wartość 11). Nafion działa bardzo efektywnie jako silny katalizator kwasowy i takie jest jego handlowe przeznaczenie.

Zadaniem osuszaczy nafionowych jest usuwanie wody przy zachowaniu minimalnego wpływu na inne własności osuszanej próbki. W temperaturze pracy osuszaczy nafionowych większość związków nieorganicznych jest obojętna na zjawisko katalizy kwasowej, jednak niektóre związki organiczne przy kontakcie z nafionem w podwyższonej temperaturze mogą ulegać niepożądanym reakcjom. Dlatego też nie zalecana jest praca z osuszaczem w temperaturach wyższych niż jest to konieczne. Zwykle temperatura pracy poniżej 100°C nie powoduje żadnych komplikacji, natomiast podwyższenie jej powyżej 120°C może powodować problemy opisane powyżej. Temperatura pracy osuszacza w zakresie 100° do 120°C powinna być wybierana tylko w przypadkach koniecznych, natomiast temperatury wyższe powinno się stosować w sytuacjach wyjątkowych.

Podsumowanie

Na podstawie informacji podanych powyżej, firma Perma Pure zaleca, aby jej osuszacze pracowały w temperaturze, która na wejściu przekracza początkową temperaturę punktu rosy próbki, natomiast na wyjściu była odpowiednio niska. W praktyce oznacza to pracę w temperaturze otoczenia z próbkami, które w tej temperaturze nie ulegają kondensacji. Dla próbek, których temperatura punktu rosy przekracza temperaturę otoczenia wejście osuszacza powinno być ogrzane o 10°C powyżej temperatury punktu rosy, natomiast wyjście powinno pozostać w temperaturze otoczenia (czynnikiem oziębiającym będzie przepływający gaz); takie rozwiązanie zapewnia ustalenie odpowiedniego gradientu temperatury wzdłuż rurek osuszacza. Układ próbkowania Perma Pure typu GASS™ zapewnia określoną kontrolę temperatury w celu optymalizacji warunków pracy osuszacza dla próbek wymagających podgrzanego osuszacza.



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