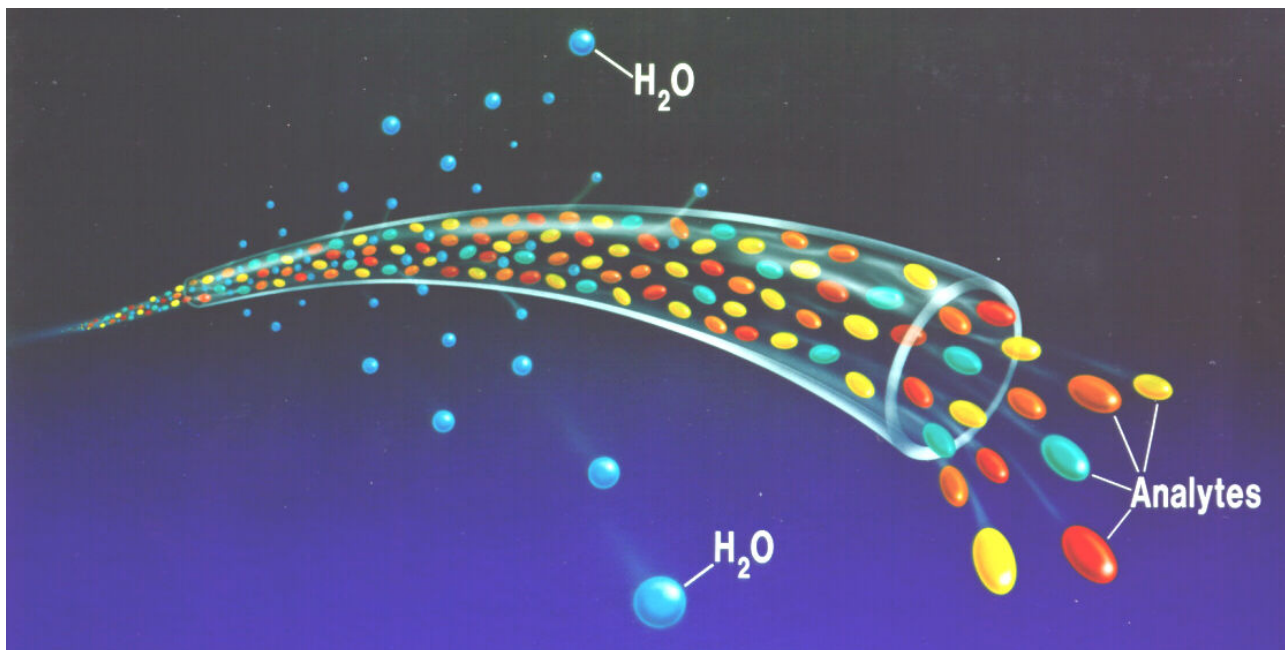


# NAFIONOWE OSUSZACZE GAZÓW



- ◆ Bez strat próbki
- ◆ Niski punkt rosy próbki
- ◆ Szybka reakcja
- ◆ Suszenie ciągłe
- ◆ Samoregeneracja
- ◆ Bez standardowej konserwacji
- ◆ Odporność na korozję
- ◆ Brak części ruchomych
- ◆ Budowa odporna mechanicznie
- ◆ Mały rozmiar

Dokładne i rzetelne wyniki analizy próbek gazowych wymagają, aby analizowana próbka była czysta i sucha. Stosowanie filtrów umożliwia oczyszczenie próbki z części stałych natomiast usunięcie z niej wilgoci, jednocześnie nie wpływając na analizowaną substancję, nie jest rzeczą łatwą. Wymrażarki (łącznie z urządzeniami Peltier'a) usuwają wodę na drodze kondensacji, ale przy tej okazji gazy, które są rozpuszczalne w wodzie znajdują się także w kondensacie i z nim także usuwane. Środki osuszające absorbują wodę, ale jednocześnie rozpuszczone w niej gazy. Osuszacze membranowe usuwają wodę, ze względu na niewielki rozmiar jej molekuł lecz także powodują usunięcie części substancji poddawanej analizie.

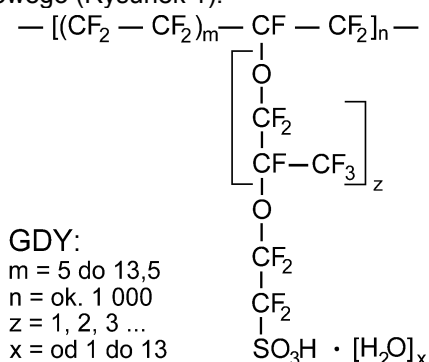
Nafionowe osuszacze gazów są doskonałą alternatywą. Nie posiadają one części ruchomych, nie wymagają konserwacji, w sposób ciągły i wysoce selektywny usuwają wodę z próbek gazowych nie powodując strat w analizowanej próbce; ich działanie oparte jest o selektywność chemiczną.



**PERMA PURE INC.**

## Nafion -- skuteczny materiał osuszający

Nafion jest kopolimerem tetrafluoroetylen (Teflon®) i kwasu nadfluoro-3,6-dioxa-4-metylo-7-okteno-sulfonowego (Rysunek 1).



**Rysunek 1**  
**Budowa chemiczna Nafionu**

Nafion podobnie jak Teflon, wykazuje dużą odporność chemiczną, a obecność terminalnych grup sulfonowych zapewnia mu nietypowe właściwości. Kwas sulfonowy posiada wysoką zdolność hydratacyjną, absorbując 13 molekuł wody przez każdą grupę sulfonową polimeru. Nafion absorbuje 22% wagowych wody.

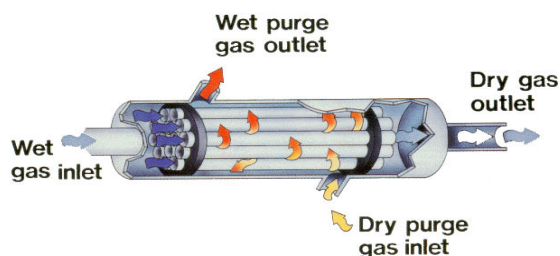
W odróżnieniu do osuszaczy membranowych, w których proces dyfuzji zachodzi powoli, Nafion powoduje usuwanie wody przez jej absorpcję jako wodę hydratacyjną. Zachodząca absorpcja jest reakcją kinetyczną I rzędu, co powoduje że szybko osiągnany jest stan równowagi. Ze względu na specyfikę reakcji, tylko z molekułami wody, składowe analizowane próbki gazowej pozostają w stanie niezmiennym.

### Zasada suszenia

W czasie przechodzenia gazu zawierającego parę wodną przez rurkę Nafionową następuje jej absorpcja na ściankach. Woda migruje wzdłuż ścianki rurki, a następnie ulega odparowaniu do otaczającego powietrza w procesie zwanym "przedparowaniem". Siłą napędową reakcji jest gradient wilgotności aż do osiągnięcia stanu równowagi. Przepływający po zewnętrznej ściance rurki Nafionowej suchy gaz oczyszczający powoduje ciągłą ekstrakcję pary wodnej ze strumienia gazu przepływającego przez rurkę do momentu, aż wilgotność próbki osiągnie tą wartość, jaką posiada suchy gaz.

Sumaryczna energia wynikająca z absorpcji wody w rurce z fazy gazowej i jej odparowanie do otoczenia po zewnętrznej stronie rurki wynosi zero, co powoduje że do przebiegu reakcji nie jest wymagane dostarczanie energii zewnętrznej innej niż źródło suchego gazu oczyszczającego.

Osuszacze gazów Perma Pure® posiadają jeden lub kilka splotów rurek Nafionowych umieszczonych w powłoce z łącznikami, przez które w przeciwnym kierunku przepływa gaz osuszający (Rysunek 2). Gaz ten, w sposób ciągły osusza próbkę usuwając z niej parę wodną (próbka nie styka się z żadnym medium, które mogłoby absorbować analizowane gazy).



**Rysunek 2**  
**Schemat osuszacza Nafionowego**

### Temperatura, ciśnienie i odporność chemiczna

Rurka Nafionowa zachowuje stabilność do 160°C i do 0,68 atm ciśnienia zewnętrznego. Odporność chemiczna Nafionu odpowiada tej, jaką charakteryzuje się Teflon (znikoma ilość substancji jest w stanie aktywnie oddziaływać z jego powierzchnią). Dotyczy to także suszonych próbek charakteryzujących się wysokim stężeniem czynników korodujących, takich jak fluorowodór czy też chlorowodór.

Zarówno powłoka jak i łączniki osuszaczy gazów Perma Pure mogą być wykonane ze stali nierdzewnej, polimeru fluorowęglowego lub polipropylenowego. Zastosowania przy wysokich szybkościach przepływu próbki wymagają, aby struktura splotów rurek była utrwalona przez inertne chemicznie termoutwardzalne żywice epoksydowe. Odporność termiczna osuszaczy zależy także od innych czynników. Próbkę pozbawioną jest kontaktu z powłoką, ale styka się z łącznikami przez które jest doprowadzana.

Graniczne warunki termiczne dla powłok i połączeń zależą od materiału, z którego są wykonane: polipropylen - 100°C, fluorowęglan - 150°C, stal nierdzewna - 160°C (150°C, jeżeli struktura rurek jest ustabilizowana obecnością żywicy epoksydowej). Niezależnie od materiału, z którego wykonana jest powłoka, graniczna wartość ciśnienia wewnętrznego dla wszystkich osuszaczy wynosi ~0,54 atm.

Osuszacze z pojedynczych rurek tolerują każdy rodzaj próbki, który nie reaguje z materiałem łącznika. Osuszacze ze splotem rurek są bardziej czułe ze względu na obecność żywicy. Przypadki szczególnie rozwiązywane są przez obsługę serwisową firmy Perma Pure.

## Selektywność osuszacza

Nafion jest nie tylko inertny chemicznie, ale także wykazuje wysoką selektywność absorpcyjną. Większość substancji nie ulega zmianom składu ilościowego. Niektóre jednak, np. polarne substancje organiczne, mimo że nie atakują lub uszkadzają rurki Nafionowej, ulegają absorpcji i w konsekwencji ich stężenie spada (w podobny sposób zachowuje się amoniak i aminy). W Tabeli 1 zestawiono selektywność osuszaczy Nafionowych.

SPRAWNOŚĆ CAŁKOWITA	
<b>Gazy atmosferyczne</b> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Ar He	<b>Węglowodory</b> Wszystkie węglowodory proste
<b>Tlenki</b> CO CO <sub>2</sub> SO <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> NO <sub>x</sub>	<b>Gazy toksyczne</b> HCN COCl <sub>2</sub> NOCl
<b>Halogeny</b> Cl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> HCl HF HBr	<b>Inne organiczne</b> Aldehydy, THF, Cyjanki, Estry
<b>Siarka</b> H <sub>2</sub> S COS Merkaptany	<b>Kwasy nieorganiczne</b> HNO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
SPRAWNOŚĆ <100%	
<b>Polarne zw. org.</b> Alkohole, Ketony, Kwasy organiczne, DMSO	<b>Inne</b> Amoniak, Aminy

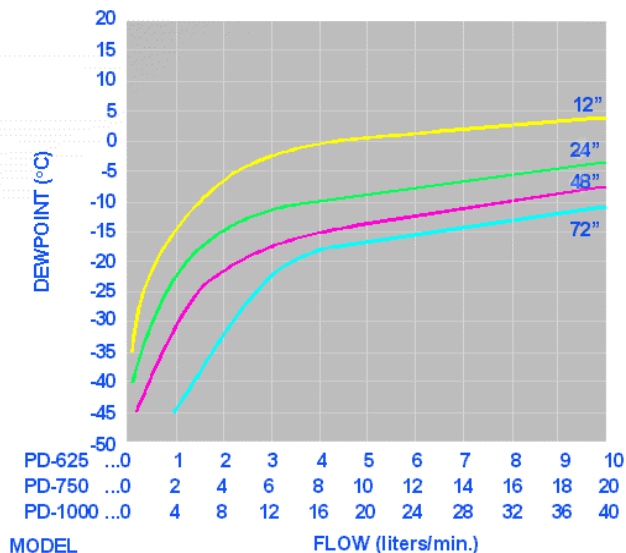
Tabela 1  
Selektywność Nafionu

## Efektywność suszenia

Absorpcja wody przez Nafion jest reakcją kinetyczną I rzędu, co powoduje że suszenie przebiega bardzo szybko (zwykle do osiągnięcia niskiego poziomu wilgotności potrzeba mniej niż 1 s). Siłą napędową procesu suszenia jest gradient stężenia pary wodnej pomiędzy częścią wewnętrzną a zewnętrzną rurki.

Nafion zawsze zatrzymuje część wody, co powoduje że z kwasu sulfonowego nigdy nie zostaje usunięta całkowita ilość wody hydratacyjnej. Ilość zatrzymanej wody zależy od temperatury otoczenia. Zatrzymanie suszenia następuje w momencie, kiedy wilgotność próbki gazowej odpowiada ustalonej wilgotności rurki Nafionowej. W warunkach normalnych (25°C), graniczna wartość osuszenia odpowiada punktowi rosy przy około -45°C, co równoważne jest zawartości wody w próbce na poziomie ~75 ppm. Zastosowanie odpowiedniego osuszacza gwarantuje osiągnięcie powyższych parametrów.

Seria osuszaczy PD™, które posiadają kilka wiązek rurek Nafionowych, umożliwia efektywne suszenie przy przepływie próbki gazowej do 40 l/min. Analogiczna wartość dla osuszaczy serii MD™ (z pojedynczą rurką) wynosi około 4 l/min. Typowe zdolności suszenia dla osuszaczy typu PD przedstawiono na Rysunku 3.



Rysunek 3  
Efektywność suszenia osuszaczy serii PD

Wyboru odpowiedniego osuszacza należy dokonać po zapoznaniu się z broszurą lub materiałami informacyjnymi firmy Perma Pure. Dodatkowych informacji udzielają pracownicy firmy lub ich lokalni przedstawiciele.

## Sprawdzona Technologia

Perma Pure opracowała pierwsze osuszacze Nafionowe ponad 25 lat temu. W chwili obecnej są one szeroko stosowane na całym świecie przy przygotowaniu próbek przed właściwą analizą medyczną, naukową czy też przemysłową. Produkty Perma Pure posiadają gwarancje rzetelnej pracy za każdym razem.

Perma Pure jest członkiem międzynarodowej korporacji Halma Group składającej się z ponad 50 spółek, których produkty wykorzystywane są do prac związanych z bezpieczeństwem i higieną pracy, ochroną środowiska i analityką chemiczną. Poparcie korporacji Halma, umożliwiło firmie Perma Pure rozszerzenie gamy produktów związanych z osuszaniem gazów, włączając w to także większe objętości gazów. W chwili obecnej firma Perma Pure jest światowym liderem w przygotowaniu wstępnym próbek gazowych. Wymagania osuszenia określonej próbki mają swoje rozwiązanie w postaci określonego osuszacza.

## TYPOWE ZASTOSOWANIA

<b>Przemysł</b>	<b>Proces</b>	<b>Kontrolowane gazy</b>
<b>Kontrola powietrza</b>	Powietrze otaczające Detektory przenośne Źródła stacjonarne	CO NO <sub>x</sub> O <sub>3</sub> SO <sub>x</sub> VOC* CO NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> VOC* CO NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> VOC*
<b>Motoryzacyjny</b>	Analiza spalin	CO CO <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> VOC*
<b>Chemiczny</b>	Akrylany Sadza Chlor Fluorowęglowodory Kwas azotowy Kwas siarkowy	Eter bis-chlorometylowy COS H <sub>2</sub> S SO <sub>x</sub> Cl <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fluorowęglowodory NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub>
<b>Cementowy</b>	Produkcja klinkieru Piec kominowy Wypalanie wapieni	CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>x</sub>
<b>Paliwa kopalne</b>	Spalanie Gazyfikacja Upłynnianie Transport LNG	CO NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> VOC* CO NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> VOC* CO NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> VOC* CH <sub>4</sub>
<b>Spopielanie</b>	Domowe Odpady chemiczne	CO CO <sub>2</sub> HCl O <sub>2</sub> HCl Chlorek winylu
<b>Hutnictwo żelaza i stali</b>	Piec łukowy Zawęglanie Grudkowanie Gas wielkopiecowy	CO CO CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> S SO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> CO CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Hutnictwo metali nieżelaznych</b>	Spiekanie i redukcja Wytapianie i oczyszczanie	SO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub>
<b>Przemysł papierniczy</b>	Komin wapiennika Piece regeneracyjne Odzysk rozpuszczalników	CO H <sub>2</sub> S COS H <sub>2</sub> S O <sub>2</sub> SO <sub>x</sub> CO CO <sub>2</sub>
<b>Przetwórstwo ropy</b>	Kotły i piece Krakery katalityczne Kominy Pojemniki magazynowe Odzysk siarki	CO CO <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> CO CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> CO <sub>2</sub> COS H <sub>2</sub> S SO <sub>x</sub> *Lotne związki organiczne CO <sub>2</sub> COS H <sub>2</sub> S SO <sub>x</sub>
<b>Przemysł farmaceutyczny</b>	Fermentacja Odzysk rozpuszczalników	CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub> CO CO <sub>2</sub> VOC*
<b>Elektrownie</b>	Generatory pary Skrubery	CO CO <sub>2</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> NO <sub>x</sub> SO <sub>x</sub>
<b>Uzdatnianie wody</b>	Utlenianie	O <sub>2</sub> gazy palne



**Biuro Informacyjno-Handlowe**

ul. B. Prusa 8, 20-064 Lublin

tel/fax: 0-81 740 33 45

e-mail: [info@atut.lublin.pl](mailto:info@atut.lublin.pl)

[www.atut.lublin.pl](http://www.atut.lublin.pl)